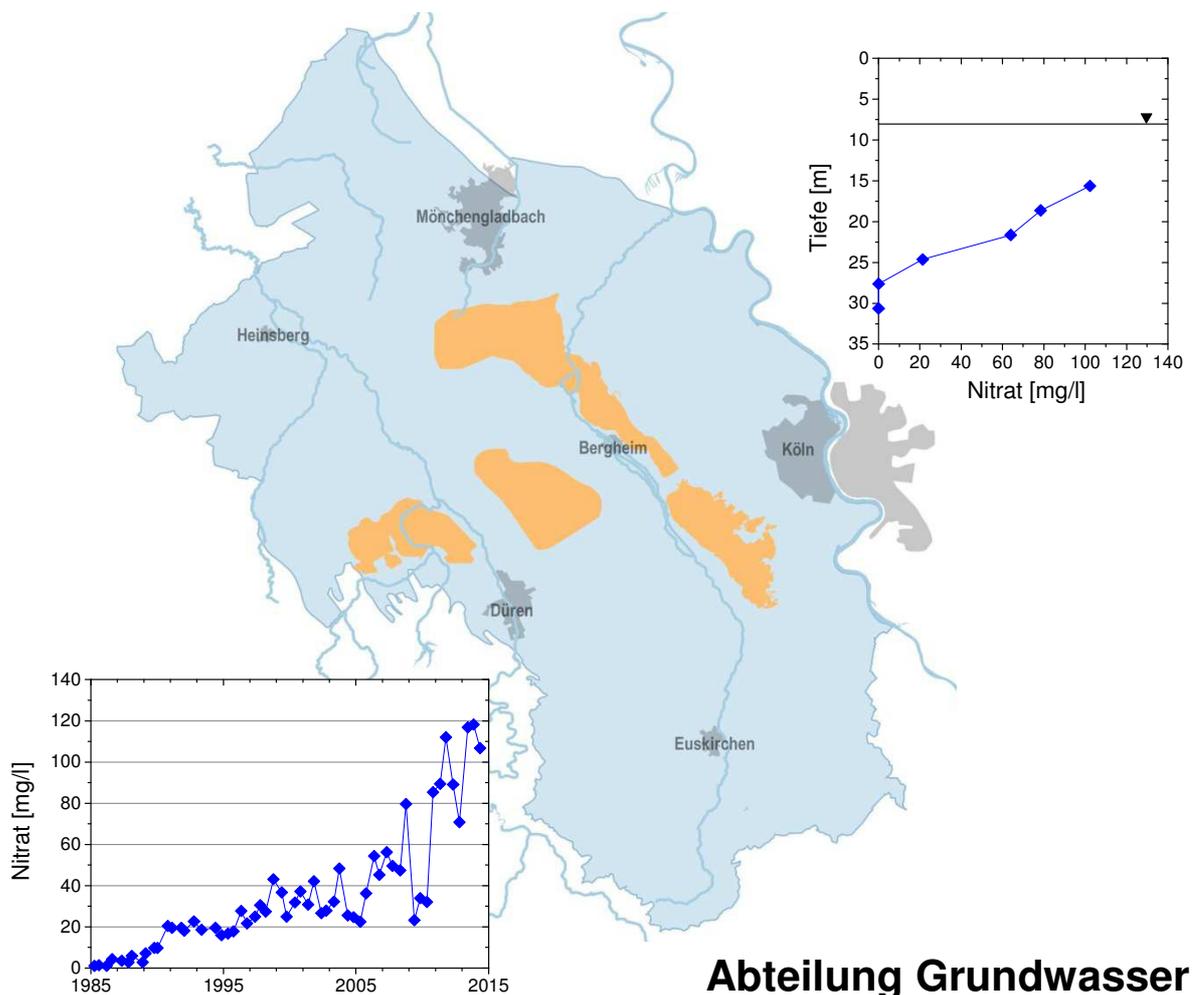


# Nitrat im Grundwasser

**Konzentrationsniveau, Abbauprozesse  
und Abbaupotenzial im Tätigkeitsbereich des Erftverbands**



**Abteilung Grundwasser  
Bearbeiter: Dr. Nils Cremer**

Erftverband

Oktober 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>VORWORT</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>NITRAT IM GRUNDWASSER – INFORMATIONEN ZU EINTRAG UND ABBAU</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Problemstoff Nitrat</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Nitrat im Grundwasser im Tätigkeitsbereich des Erftverbands</b> .....	<b>8</b>
2.2.1	Zustandsbetrachtung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie.....	9
2.2.2	Nitratkonzentrationen in Abhängigkeit von der Flächennutzung und der Zeit.....	11
2.2.3	Tiefendifferenzierte Betrachtung der Nitratkonzentrationen.....	16
<b>2.3</b>	<b>Überblick über Nitratabbauwege und Nitratabbaupotenzial</b> .....	<b>17</b>
2.3.1	Nitratabbau durch organische Substanz - Chemo-organotrophe Denitrifikation.....	17
2.3.2	Nitratabbau durch Sulfidminerale (Pyrite) - Chemo-lithotrophe Denitrifikation.....	18
2.3.3	Welche Abbaureaktion läuft bevorzugt im Grundwasserleiter ab?.....	18
<b>2.4</b>	<b>Zusammenhang des Nitratabbaupotenzials mit Geologie, Böden und Grundwasserständen</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Kurzübersicht über Minderungsstrategien</b> .....	<b>20</b>
2.5.1	Strategien zur Minderung der Nitrateinträge.....	20
2.5.2	Strategien zur Minderung der Nitratkonzentrationen.....	20
<b>3</b>	<b>NITRAT IM ROH- UND GRUNDWASSER IN DEN EINZUGSGEBIETEN DER WASSERGEWINNUNGSSTANDORTE IM TÄTIGKEITSBEREICH DES ERFTVERBANDS</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Stadtwerke Nettetal GmbH</b> .....	<b>23</b>
3.1.1	Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald.....	23
3.1.2	Wassergewinnungsanlage Breyell.....	27
3.1.3	Wassergewinnungsanlage Lobberich.....	29
<b>3.2</b>	<b>Gemeindewerke Grefrath GmbH</b> .....	<b>31</b>
3.2.1	Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen.....	31
<b>3.3</b>	<b>Stadtwerke Neuss GmbH</b> .....	<b>34</b>
3.3.1	Wassergewinnungsanlage Broichhof.....	34
3.3.2	Wassergewinnungsanlage Rheinbogen.....	38
<b>3.4</b>	<b>Niederrheinisch-bergisches Gemeinschaftswasserwerk GmbH</b> .....	<b>40</b>
3.4.1	Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind.....	40
<b>3.5</b>	<b>Verbandswasserwerk Gangelt GmbH</b> .....	<b>43</b>
3.5.1	Wassergewinnungsanlage Niederbusch.....	43

<b>3.6 Wasserbeschaffungsverband Wesseling-Hersel.....</b>	<b>46</b>
3.6.1 Wassergewinnungsanlage Urfeld.....	46
<b>3.7 Kreiswerke Grevenbroich GmbH.....</b>	<b>48</b>
3.7.1 Wassergewinnungsanlage Büttgen / Driesch.....	49
3.7.2 Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch.....	52
3.7.3 Wassergewinnungsanlage Wickrath.....	56
3.7.4 Wassergewinnungsanlagen Allerheiligen und Norf.....	59
3.7.5 Wassergewinnungsanlage Butzheim.....	61
3.7.6 Wassergewinnungsanlage Rosellen.....	63
<b>3.8 Gemeindewasserwerk Waldfeucht / Haaren.....</b>	<b>65</b>
3.8.1 Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren.....	65
<b>3.9 Stadtwerke Heinsberg GmbH.....</b>	<b>67</b>
3.9.1 Wassergewinnungsanlage Kirchhoven.....	67
<b>3.10 Kreiswasserwerk Heinsberg GmbH.....</b>	<b>70</b>
3.10.1 Wassergewinnungsanlage Arsbeck.....	70
3.10.2 Wassergewinnungsanlage Holzweiler.....	72
3.10.3 Wassergewinnungsanlage Mennekrath.....	75
3.10.4 Wassergewinnungsanlage Uevekoven.....	77
3.10.5 Wassergewinnungsanlage Wassenberg.....	81
3.10.6 Wassergewinnungsanlage Beeck.....	84
3.10.7 Wassergewinnungsanlage Matzerath.....	86
<b>3.11 Gemeindewerke Niederkrüchten GmbH.....</b>	<b>87</b>
3.11.1 Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten.....	88
<b>3.12 Gemeindewerke Brüggen GmbH.....</b>	<b>90</b>
3.12.1 Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht.....	91
<b>3.13 NEW NiederrheinWasser GmbH.....</b>	<b>94</b>
3.13.1 Wassergewinnungsanlage Dülken.....	95
3.13.2 Wassergewinnungsanlage Gatzweiler.....	98
3.13.3 Wassergewinnungsanlage Hoppbruch.....	101
3.13.4 Wassergewinnungsanlage Rasseln.....	104
3.13.5 Wassergewinnungsanlage Reststrauch.....	108
3.13.6 Wassergewinnungsanlage Rheindahlen.....	112
3.13.7 Wassergewinnungsanlage Viersen.....	116
3.13.8 Wassergewinnungsanlagen Amern I und II.....	119
3.13.9 Wassergewinnungsanlage Boisheim.....	123
3.13.10 Wassergewinnungsanlage Fuchskuhle.....	127
3.13.11 Wassergewinnungsanlage Lodshof.....	129
3.13.12 Wassergewinnungsanlage Rickelrath.....	130
3.13.13 Wassergewinnungsanlage Wiedbusch.....	133
<b>3.14 Gas- und Wasserwerk Grevenbroich GmbH.....</b>	<b>136</b>
3.14.1 Wassergewinnungsanlage Zweifaltern.....	136

<b>3.15 Currenta GmbH &amp; Co. OHG</b> .....	<b>138</b>
3.15.1 Wassergewinnungsanlage Tannenbusch.....	138
<b>3.16 Energieversorgung Dormagen GmbH</b> .....	<b>140</b>
3.16.1 Wassergewinnungsanlage Hackenbroich.....	140
3.16.2 Wassergewinnungsanlage Chorbusch.....	142
<b>3.17 RheinEnergie AG</b> .....	<b>144</b>
3.17.1 Wassergewinnungsanlage Hochkirchen.....	145
3.17.2 Wassergewinnungsanlage Weiler.....	149
3.17.3 Wassergewinnungsanlage Weißer Bogen.....	153
<b>3.18 Stadtwerke Hürth AöR</b> .....	<b>154</b>
3.18.1 Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen.....	155
<b>3.19 Wasserwerk der Gemeinde Titz</b> .....	<b>159</b>
3.19.1 Wassergewinnungsanlage der Gemeinde Titz.....	159
<b>3.20 Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH</b> .....	<b>161</b>
3.20.1 Wassergewinnungsanlage Aldenhoven (Ersatzbrunnen).....	161
3.20.2 Wassergewinnungsanlage Niederzier-Hambach.....	164
3.20.3 Wassergewinnungsanlage Niederzier-Berg.....	165
<b>3.21 Stadtwerke Jülich GmbH</b> .....	<b>170</b>
3.21.1 Wassergewinnungsanlage Jülich.....	170
<b>3.22 Forschungszentrum Jülich GmbH</b> .....	<b>173</b>
3.22.1 Brunnen der Forschungszentrum Jülich GmbH.....	173
<b>3.23 Stadtwerke Aachen AG</b> .....	<b>176</b>
3.23.1 Wassergewinnungsanlage Reichswald.....	176
<b>3.24 enwor – energie &amp; wasser vor ort GmbH</b> .....	<b>178</b>
3.24.1 Wassergewinnungsanlage Eschweiler – Hastenrather Graben.....	178
<b>3.25 Leitungspartner GmbH</b> .....	<b>180</b>
3.25.1 Wassergewinnungsanlage Ellen.....	181
3.25.2 Wassergewinnungsanlage Dr. Overhues-Allee.....	182
<b>3.26 Wasserleitungszweckverband der Neffeltalgemeinden</b> .....	<b>184</b>
3.26.1 Quellen Embken.....	184
3.26.2 Wassergewinnungsanlage LUXHEIM.....	187
3.26.3 Tiefbrunnen Gödersheim.....	190
3.26.4 Quelle Gödersheim / In den Bruchbenden.....	192
<b>3.27 Gemeindewerke Alfter</b> .....	<b>194</b>
3.27.1 Wassergewinnungsanlage Heidgen.....	194
<b>3.28 Verbandswasserwerk GmbH Euskirchen</b> .....	<b>196</b>
3.28.1 Wassergewinnungsanlage Bleibuir.....	196

3.28.2 Wassergewinnungsanlage Eicks.....	199
3.28.3 Wassergewinnungsanlage Lommersum.....	203
3.28.4 Wassergewinnungsanlage Oberelvenich.....	207
3.28.5 Wassergewinnungsanlage Satzvey.....	212
<b>3.29 Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal.....</b>	<b>216</b>
3.29.1 Wassergewinnungsanlage Arloff.....	216
3.29.2 Wassergewinnungsanlage Heimerzheim.....	219
3.29.3 Wassergewinnungsanlage Ludendorf.....	224
3.29.4 Wassergewinnungsanlage Nöthen.....	230
3.29.5 Wassergewinnungsanlage Engelbertusbrunnen.....	233
3.29.6 Wassergewinnungsanlage Kalkarer Stollen.....	235
<b>3.30 Stadtwerke Mechernich.....</b>	<b>237</b>
3.30.1 Wassergewinnungsanlage Düttling.....	237
3.30.2 Wassergewinnungsanlage Urfey.....	239
<b>3.31 Wasserbeschaffungsverband Hermesberg.....</b>	<b>241</b>
3.31.1 Wassergewinnungsanlage Hauser Benden.....	241
<b>3.32 Wasserwerk der Stadt Bad Münstereifel.....</b>	<b>243</b>
3.32.1 Wassergewinnungsanlage Wespelquelle.....	243
<b>3.33 RWE Vertrieb AG.....</b>	<b>245</b>
3.33.1 Wassergewinnungsanlage Glesch.....	245
3.33.2 Wassergewinnungsanlage Sindorf.....	249
<b>3.34 RWE Power AG – Ersatzwassergewinnungsstandorte.....</b>	<b>252</b>
3.34.1 Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim.....	252
3.34.2 Wassergewinnungsanlage Fürth.....	261
3.34.3 Wassergewinnungsanlage Paffendorf.....	267
3.34.4 Wassergewinnungsanlage Türnich.....	272
<b>4 RÄUMLICHE VERTEILUNG DER NITRATKONZENTRATIONEN UND DES NITRATABBAUPOTENZIALS IM TÄTIGKEITSBEREICH DES ERFTVERBANDS.....</b>	<b>275</b>
<b>4.1 Horizontbezogene Betrachtung.....</b>	<b>277</b>
4.1.1 Quartäre Terrassen (Horizonte 19 bis 12).....	277
4.1.2 Zwischenmittel der Reuver-Serie (Horizonte 11D / 11B).....	279
4.1.3 Horizont 10.....	282
4.1.4 Horizont 9B.....	284
4.1.5 Hauptkies-Serie (Horizont 8).....	286
4.1.6 Horizont 7.....	289
4.1.7 Horizont 6D.....	291
4.1.8 Horizont 6B.....	293
4.1.9 Miozäne Horizonte im Liegenden der Kohle und Oligozän.....	295
4.1.10 Festgestein.....	297

---

<b>4.2 Zusammenfassende Betrachtung.....</b>	<b>300</b>
<b>5 LITERATUR.....</b>	<b>305</b>
<b>ANLAGE.....</b>	<b>307</b>

# 1 Vorwort

Die Sicherung der Wasserversorgung in Menge und Güte ist eine der wesentlichen gesetzlich verankerten Aufgaben, die der Erftverband zu erfüllen hat. Neben den quantitativen Belangen steht seit einigen Jahren insbesondere die Grund- und Rohwasserqualität im Fokus der Betrachtungen. Der Tätigkeitsbereich des Erftverbands ist durch eine intensive bergbauliche, landwirtschaftliche und industrielle Aktivität sowie eine hohe Besiedlungsdichte geprägt. Hieraus resultieren diverse Einflüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit. Deren Interpretation basiert auf repräsentativen Grundwasseranalysen mit möglichst hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. In diesem Zusammenhang entnimmt der Erftverband jährlich etwa 1600 Grundwasserproben aus Messstellen, die im verbandseigenen Labor analysiert werden und bietet seinen Mitgliedern der öffentlichen Wasserversorgung die Durchführung der Rohwasseranalytik gemäß § 50 des Landeswassergesetzes Nordrhein-Westfalen an. Darüber hinaus hat der Erftverband mit zahlreichen seiner Mitglieder sowie dem Land Nordrhein-Westfalen Datenaustauschvereinbarungen geschlossen, um den Bestand der Grundwasseranalysen weiter zu verdichten.

Haupteinflussfaktor auf die Qualität des Grund- und Rohwassers war und ist der Eintrag von Stickstoff aus der Landwirtschaft, verbunden mit hohen Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers und zahlreicher aus dem obersten Stockwerk gewonnener Rohwässer. Diesem Thema widmet sich der vorliegende Bericht in allgemeinverständlicher Form und geht dabei in einem Übersichtsteil (Kapitel 2) auf

- die räumliche und tiefendifferenzierte Verteilung der Nitratkonzentrationen,
- die Abgrenzung landwirtschaftlich geprägter Grundwässer gegenüber anderen Nutzungseinflüssen sowie
- Nitrat-Abbaureaktionen und deren Identifikationsmöglichkeiten

im Tätigkeitsbereich des Erftverbands ein. Darüber hinaus erfolgt eine Zusammenstellung der Nitratsituation getrennt für alle Gewinnungsanlagen der öffentlichen Wasserversorgung (Kapitel 3) mit folgenden Inhalten:

- Nitrat-Konzentrationsniveau und zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Rohwasser
- Nitrat-Konzentrationsniveau in den Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Brunnen - bei Tiefenentnahmen auch in allen hangenden Grundwasserleitern
- Hinweise auf die Nitratreduktionsprozesse und die Größe des Nitratabbaupotenzials für alle relevanten Grundwasserleiter
- Durchführung einer wasserwirtschaftlich-landwirtschaftlichen Kooperation.

Im Abschlusskapitel (Kapitel 4) werden diese standortspezifischen Informationen mittels Übersichtskarten zu einem Gesamtbild verdichtet. Hierbei werden für die Grundwasserleiter Aussagen zum Vorhandensein bzw. zum Fehlen sowie zur räumlichen Verteilung des Nitratabbaupotenzials getroffen, um auf diese Weise die Planung zukünftiger Gewinnungsstandorte unterstützen zu können.

Ziele des Berichts sind zum einen die Darstellung der aktuellen Erkenntnisse zur Nitratkonzentrationsentwicklung, zu den im Grundwasser ablaufenden hydrogeochemischen Prozes-

sen wie der Nitratreduktion und zum Nitratabbau Potenzial von Grundwasserleitern, die in den letzten Jahren Gegenstand intensiver Forschung waren. Jedes Wasserversorgungsunternehmen erfährt konkret für alle Gewinnungsanlagen, ob und welche Hinweise auf einen Nitratabbau in den Einzugsgebieten bestehen, wie diese erkannt werden können und ggf. wie lange noch von einem Nitratabbau auszugehen ist. Unter Einbeziehung dieser Kenntnisse lässt sich auch die Wirkung von Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft oft besser bewerten als alleinig anhand der Grundwasseranalysen.

## **2 Nitrat im Grundwasser – Informationen zu Eintrag und Abbau**

### **2.1 Problemstoff Nitrat**

Stickstoff ist ein für alle Lebensformen essentielles Element, das in Verbindung mit Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel, Wasserstoff und Phosphor eine zentrale Grundlage für die tierischen und pflanzlichen Lebensformen darstellt. Einträge reaktiver Stickstoffverbindungen in die Umwelt haben allerdings aufgrund ihrer hohen Mobilität und ihrer einfachen Transformierbarkeit in den letzten Jahrzehnten in nahezu allen Ökosystemen eine Stickstoffanreicherung bewirkt und zu nachteiligen Wirkungen geführt. Die Ursachen für die erhöhte Stickstoffzufuhr sind in erster Linie anthropogen bedingt. Seit Beginn der Industrialisierung hat sich die Produktion reaktiver Stickstoffverbindungen gegenüber der Mobilisation aus natürlichen Prozessen in etwa verzehnfacht (GALLOWAY et al. 2003).

Für unser Trinkwasser gilt gemäß Trinkwasserverordnung ein Nitrat-Grenzwert von 50 mg/l, der gleichzeitig auch als Qualitätsnorm in der EG-Wasserrahmenrichtlinie bzw. EG-Grundwassertochterrichtlinie festgeschrieben ist. Da die gesamte Wassergewinnung im Tätigkeitsbereich des Erftverbands aus Grundwasser erfolgt (incl. 29 % Uferfiltrat und 7 % infiltriertem Wasser), liegt hier der Schwerpunkt des Berichts. Oberflächenwasser wird ebenfalls zur Bedarfsdeckung verwendet, aber nicht innerhalb des Tätigkeitsbereichs gewonnen.

Hohe Nitratkonzentrationen des Grundwassers sind aber nicht nur im Hinblick auf mögliche Grenzwertverletzungen problematisch, sondern auch aufgrund der Folgeprozesse, die ein Nitratintrag in einen bislang reduzierten Grundwasserleiter auslösen kann. Indem Nitrat die im Sediment enthaltenen Sulfide oxidiert, kann u. a. eine Mobilisation von Sulfat, Eisen und weiteren Schwermetallen wie Nickel erfolgen. Der vermeintlich positive Aspekt der Nitratreduktion wirkt sich dann negativ auf die Grund- und / oder die Rohwasserbeschaffenheit aus.

Erhöhte Stickstoff- bzw. Nitratkonzentrationen sind außerdem auch für die Still- und Fließgewässer sowie die Meere und hier insbesondere die Küstengebiete problematisch, weil der Stickstoff als Pflanzennährstoff einen wesentlichen Beitrag zur Eutrophierung leistet.

### **2.2 Nitrat im Grundwasser im Tätigkeitsbereich des Erftverbands**

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die räumliche Verteilung, die Höhe und die zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen des Grundwassers im Tätigkeitsbereich des Erftver-

bands gegeben. Ein weiterer Betrachtungsschwerpunkt liegt auf der Flächennutzung, die einen wesentlichen Einfluss auf die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers hat und insbesondere die Höhe der Nitratkonzentrationen wesentlich beeinflusst.

### 2.2.1 Zustandsbetrachtung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie

Ausgehend von der Betrachtungsebene der EG-Wasserrahmenrichtlinie erstreckt sich der Tätigkeitsbereich des Erftverbands über 33 Grundwasserkörper, von denen 22 einen schlechten chemischen Zustand aufgrund hoher Nitratkonzentrationen zeigen (Abbildung 1). Damit ist eine Fläche von 3300 km<sup>2</sup> (nahezu 80 % des Tätigkeitsbereichs) auf „rot gestellt“.

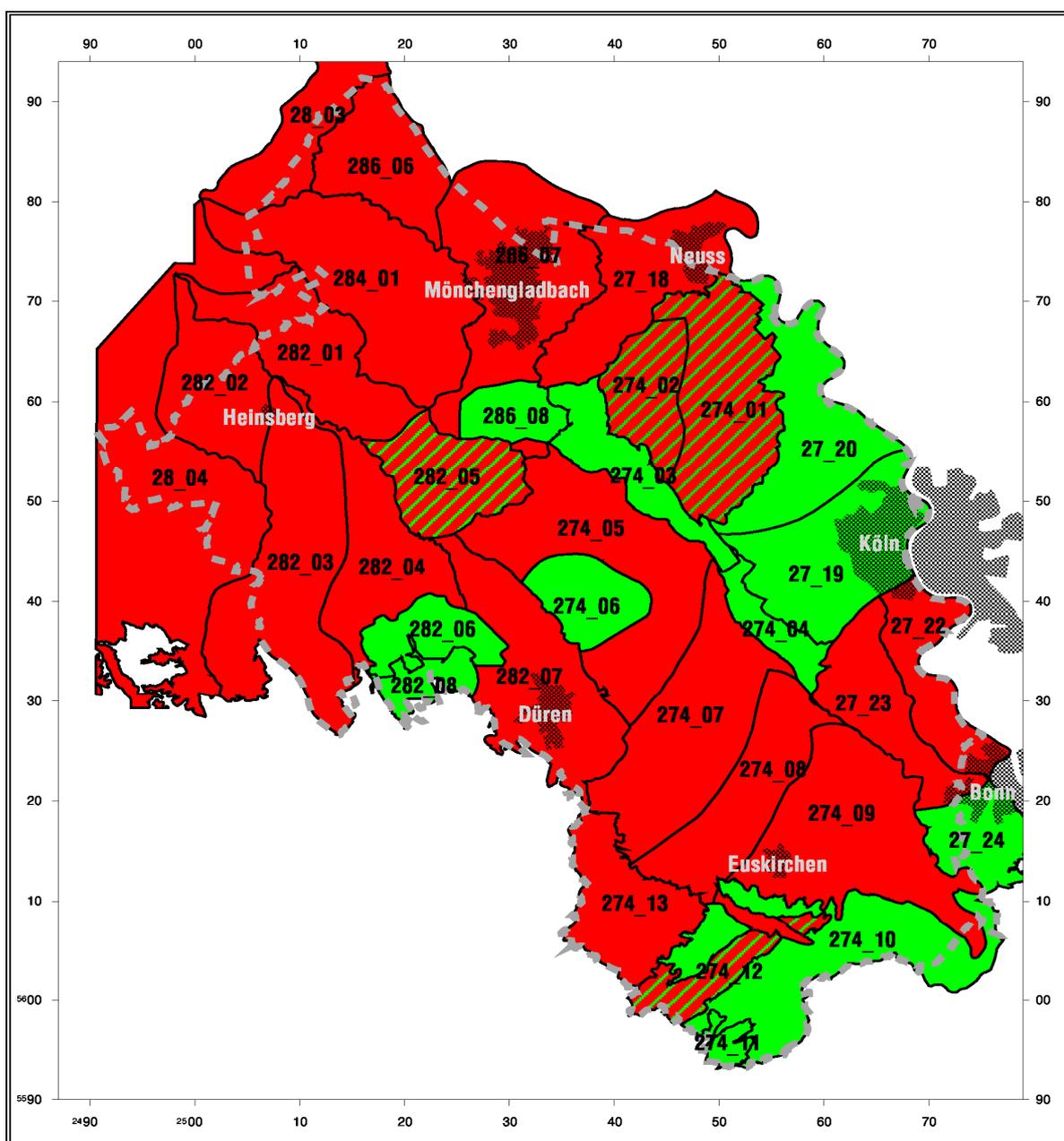


Abbildung 1: Chemischer Zustand des Grundwassers für Nitrat im Tätigkeitsbereich des Erftverbands gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie, 2. Bestandsaufnahme; grün: guter Zustand, rot: schlechter Zustand.

Vier Grundwasserkörper (schraffiert dargestellt) wurden bei der ersten Bestandsaufnahme als gut eingestuft und werden aktuell als schlecht bewertet. Der schlechte Zustand bedeutet allerdings nicht, dass in jedem Teilbereich eines betroffenen Grundwasserkörpers hohe Nitratwerte vorliegen, weil im Extremfall schon eine repräsentative Grundwassermessstelle mit hoher Nitratbelastung ausreichen kann, um die Einstufung in den schlechten Zustand zu bewirken. Innerhalb der „roten“ Grundwasserkörper wurden vom Erftverband die Teilbereiche ausgewiesen, die Nitratwerte über 50 mg/l aufgrund überwiegend landwirtschaftlicher Einträge zeigen (Abbildung 2).

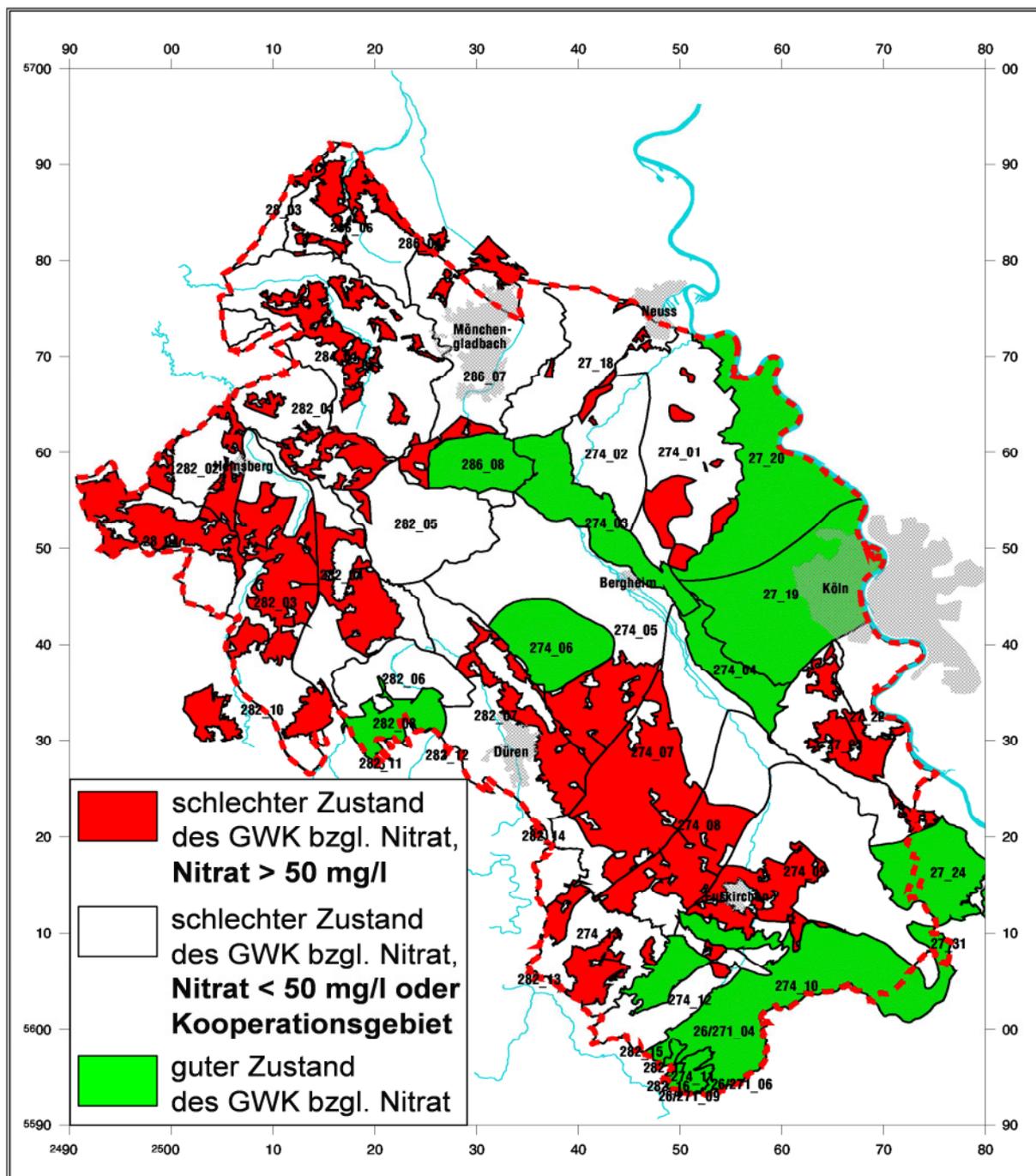


Abbildung 2: Abgrenzung von Gebieten mit Nitratkonzentrationen über 50 mg/l (rot) innerhalb der nitratbedingt im schlechten Zustand befindlichen Grundwasserkörper (GWK) im Tätigkeitsbereich des Erftverbands (vgl. Abbildung 1).

Im Kartenbild sind die Grundwasserkörper, die sich in einem guten Zustand befinden, grün dargestellt. In allen anderen Grundwasserkörpern erfolgte die Ausweisung der Bereiche, unter denen das Grundwasser landwirtschaftlich bedingt hohe Nitratwerte aufweist, als rote Teilflächen. Diese Gebiete mit einer Gesamtgröße von etwa 950 km<sup>2</sup> stellen die reale landwirtschaftlich bedingte Belastungssituation des Grundwassers dar. Die ausgewiesenen Flächen werden seitens der Landwirtschaftskammer NRW gleichzeitig als Grundlage für die Ausweisung von Modellbetrieben und die Durchführung der Intensivberatung im Zusammenhang mit der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie herangezogen, um auf diesem Weg der Erreichung des guten Zustands des Grundwassers näher zu kommen. Die in zahlreichen Wasserschutzgebieten praktizierten Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft werden als Vorbild für diese Maßnahmenplanung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie verstanden. Da in den Kooperationsgebieten bereits weitergehende Maßnahmen ergriffen werden, sind diese nicht Teil der Beratungskulisse im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie. Demzufolge werden die Flächen im Kartenbild (Abbildung 2) weiß dargestellt. Dies gilt auch für die folgenden Gebiete:

- es erfolgt eine landwirtschaftliche Nutzung, aber die Nitratwerte liegen unter 50 mg/l,
- es liegt keine landwirtschaftliche Flächennutzung vor (Wald- oder Stadtgebiete),
- es sind keine zusammenhängenden Grundwasservorkommen vorhanden.

## **2.2.2 Nitratkonzentrationen in Abhängigkeit von der Flächennutzung und der Zeit**

Die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers wird neben geologischen Einflüssen und den Eigenschaften der Böden maßgeblich durch die Flächennutzung und die damit verbundenen Stoffeinträge bestimmt. Um Grundwasseranalysen richtig beurteilen zu können, ist es wichtig zu wissen, wie das Gebiet genutzt wird, aus dem das Grundwasser einer Messstelle zuströmt (Abbildung 3). Die Nutzungsart am Messstellenstandort selbst ist in der Regel unerheblich.

Im Tätigkeitsbereich des Erftverbands wurde annähernd 1.000 oberflächennah verfilterten Messstellen die für die Grundwasserbeschaffenheit prägende Form der Flächennutzung zugeordnet. Hierzu wurde anhand

- der Lage der Messstelle,
- ihrer Filterposition,
- des Flurabstandes und
- der Grundwasserströmungsrichtung

ausgewertet, welche Flächennutzung im Zustrom einer Messstelle dominant und damit z. B. für die Beurteilung der Nitratkonzentrationen wesentlich ist. Die Auswertung ergab folgende Verteilung der Messstellen auf die einzelnen Nutzungsarten:

- 71 % landwirtschaftlich geprägter Zustrom
- 16 % städtischer Zustrom
- 13 % Zustrom aus Waldgebieten

Dies entspricht exakt der realen Nutzungsverteilung und zeigt, dass das Messnetz als repräsentativ angesehen werden kann.

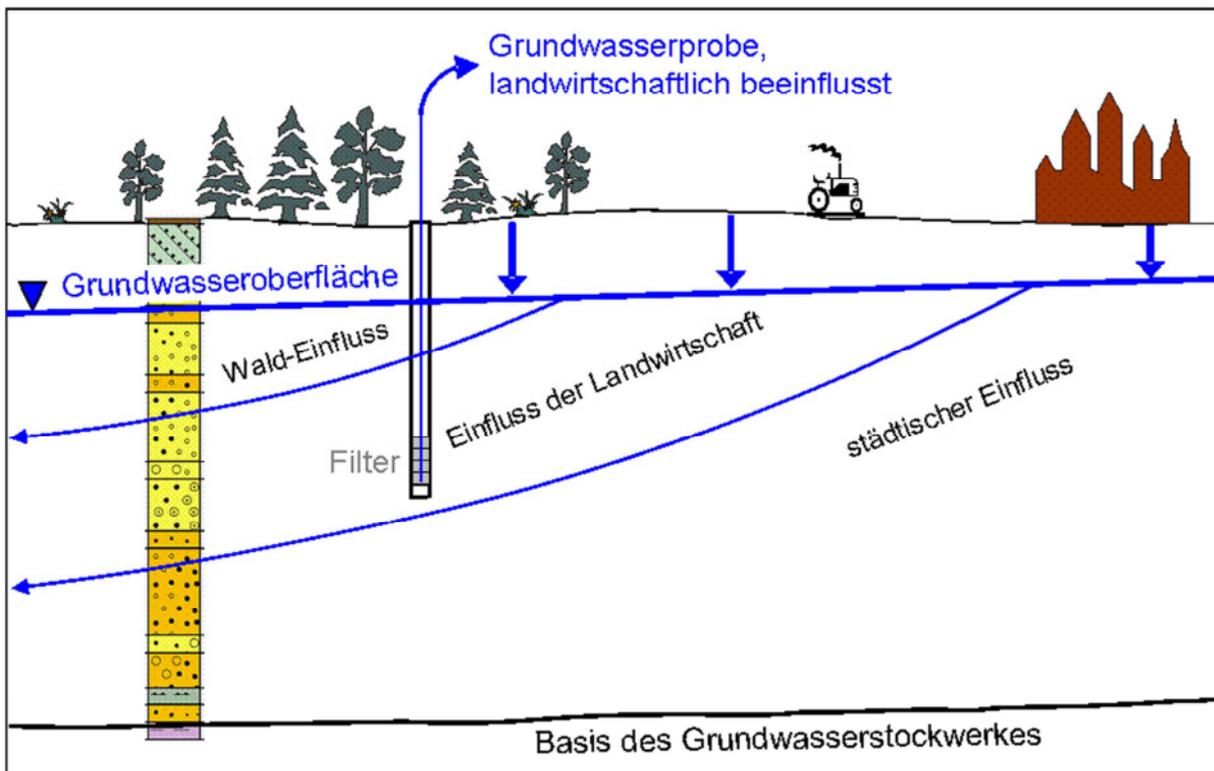


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Grundwasserbeschaffenheit und Flächennutzung in Abhängigkeit von Grundwasserströmungsrichtung und Filterposition.

Die Zuordnung der Flächennutzung wurde durch den Ertfverband vorgenommen. Verwendet wurden hierbei verbandseigene Messstellen sowie Messstellen von Verbandsmitgliedern. Die zugrunde liegenden Grundwasseranalysen stammen überwiegend aus dem verbandseigenen Labor, ergänzt um Daten, die über Datenaustauschvereinbarungen bezogen werden.

Durch die Auswertung konnten typische nutzungsabhängige Beschaffenheitsmuster ermittelt werden. Für 2013 ergab die nach der Flächennutzung differenzierte Auswertung folgende mittlere Nitratkonzentrationen:

- Landwirtschaft 59 mg/l
- Stadt 34 mg/l
- Wald 25 mg/l

Die vorliegenden Daten belegen eindeutig, dass die bei weitem höchsten Nitratkonzentrationen und somit auch die mit Abstand größten Stickstoffeinträge aus landwirtschaftlichen Flächen erfolgen und die übrigen Nutzungsarten als Verdünnungsflächen betrachtet werden können. Der Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen im Tätigkeitsbereich des Ertfverbands beträgt etwa 71 % (s.o.). Unter Berücksichtigung dieses Flächennutzungsanteils und der ermittelten Konzentrationen ist davon auszugehen, dass insgesamt etwa 83 % des gesamten Nitrats im Grundwasser durch landwirtschaftliche Aktivität eingetragen werden.

Die Nitratkonzentrationen unter Wald erscheinen mit 25 mg/l im Vergleich zu einem landesweiten Wald-Mittelwert von etwa 15 mg/l recht hoch. Aufgrund des am Niederrhein nur geringen Waldanteils von 13 % und der meist unzusammenhängend vorliegenden Waldgebiete

sind randliche Einflüsse anderer Nutzungsarten bei einem vergleichsweise kleinen Datenkollektiv nicht auszuschließen.

Die beobachtete Konzentrationsverteilung ist im Einflussbereich landwirtschaftlicher Flächen und Waldgebieten in den letzten 20 Jahren annähernd gleich geblieben, während städtisch geprägte Messstellen einen Rückgang der Nitratkonzentrationen erfahren haben (Abbildung 4). Auch unter Berücksichtigung einer zeitlichen Verzögerung zwischen dem Aufbringen von Nährstoffen auf die Fläche und der Messung im Grundwasser ist davon auszugehen, dass die Nachlieferung von Stickstoff in das Grundwasser insbesondere aus landwirtschaftlicher Nutzung weiterhin in hohem Umfang erfolgt.

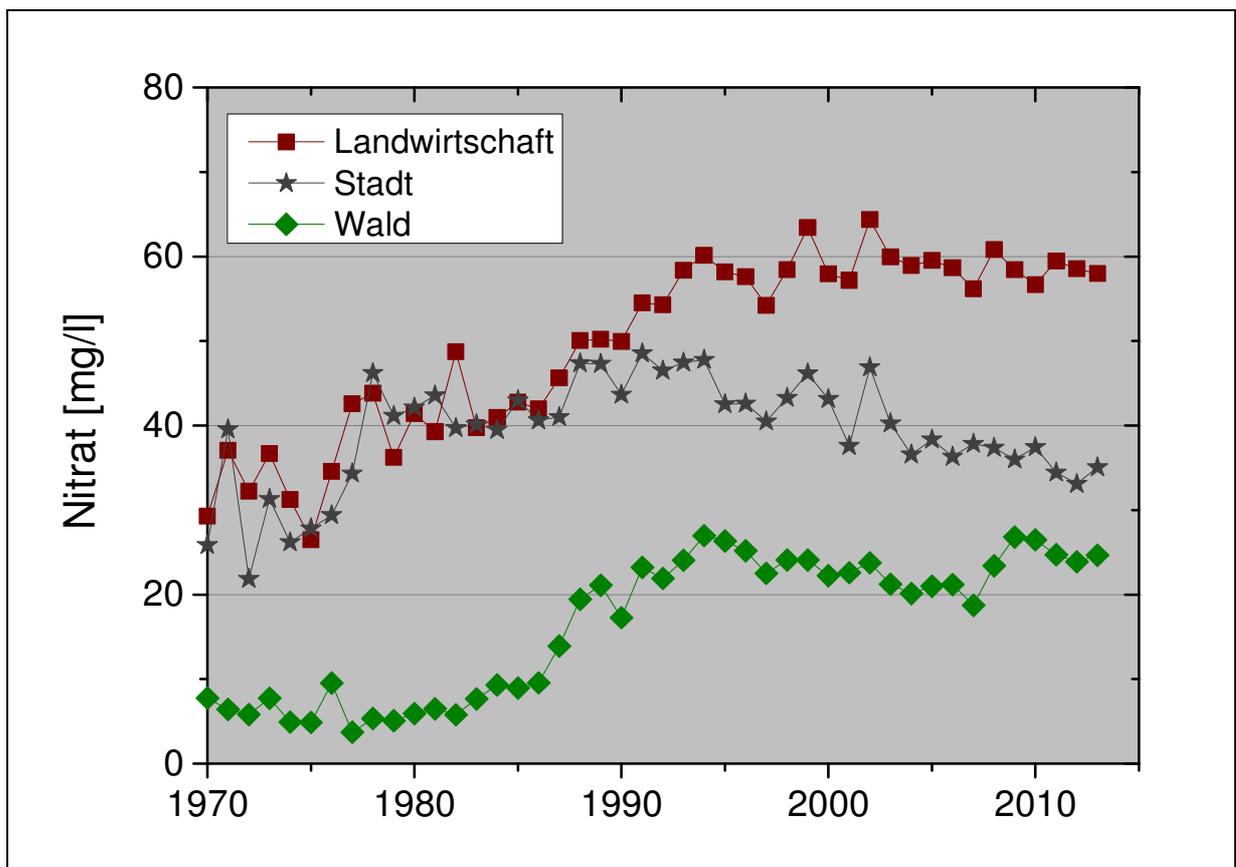


Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser innerhalb der einzelnen Flächennutzungsarten.

Bei der Interpretation der Daten zwischen Anfang der 1970er und Ende der 1980er Jahre sind neben dem Eintragsgeschehen noch zwei weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Erstens befand sich das Arbeitsfeld der Grundwasserprobennahme beim Erftverband in den 1970er Jahren noch im Aufbau. Die anfänglich geringe Zahl der Grundwasserproben bzw. beprobten Messstellen wurde jährlich gesteigert (Abbildung 5). Zweitens wurde im Jahr 1986 der Tätigkeitsbereich des Erftverbands erweitert, was ebenfalls eine Zunahme der Messstellenzahl mit sich brachte. Aus diesen Gründen weist der Datensatz bis Ende der 1980er Jahre noch nicht die Homogenität auf, die ihn seitdem auszeichnet. Dies ist u. a. an der Entwicklung der Zahl der jährlich beprobten Messstellen im obersten Grundwasserstockwerk zu erkennen (Abbildung 5).

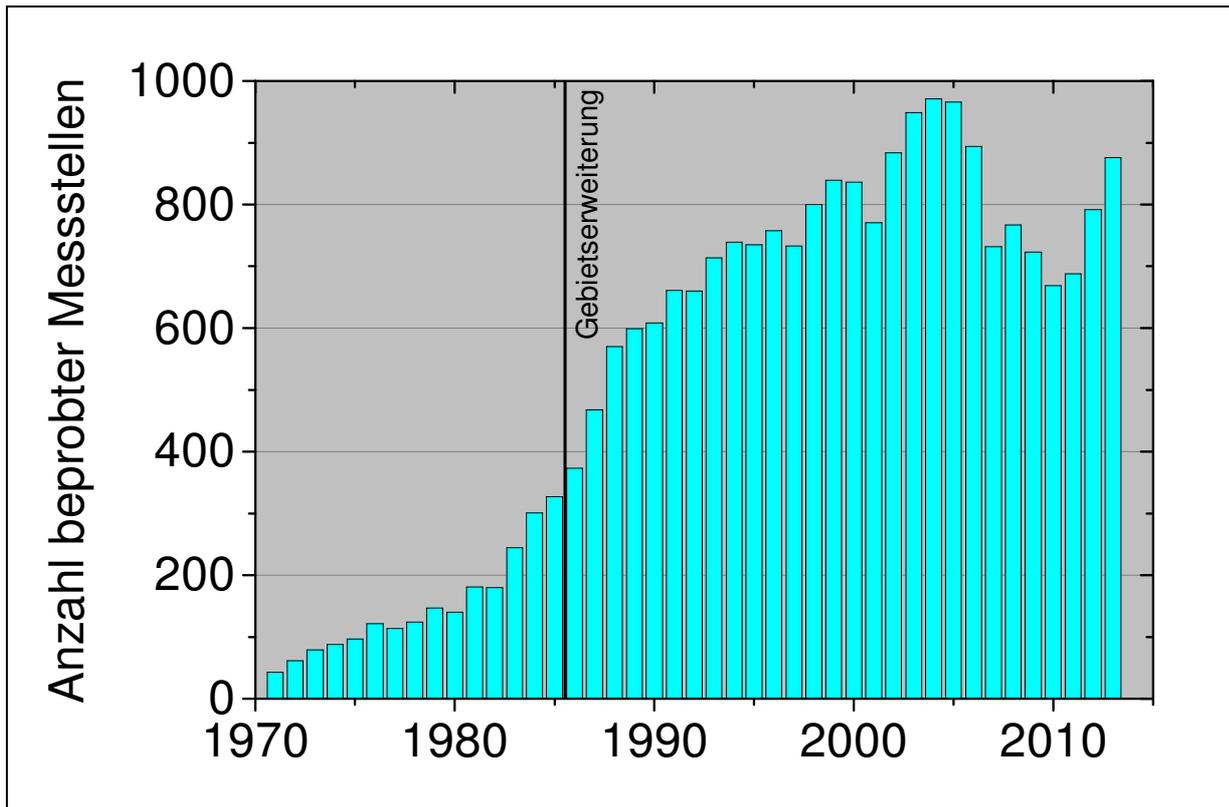


Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung der beprobten Grundwassermessstellen, die im obersten Grundwasserstockwerk verfiltert sind.

Da die Anfänge der Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft etwa 20 Jahre zurückliegen – 1992 wurde mit den ersten Kooperationen am Niederrhein begonnen - bietet sich ein Vergleich der Entwicklung von Nitratwerten landwirtschaftlich beeinflusster Messstellen innerhalb und außerhalb der Kooperationsgebiete an. Heute wird auf einer Gesamtfläche von etwa 1050 Quadratkilometern Kooperationsarbeit zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben. Dies entspricht exakt 25 % der Gesamtfläche des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands oder 35 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche innerhalb dieses Raumes.

Bis zu einer messbaren Wirkung der ergriffenen Maßnahmen auf das Grundwasser ist mit einer Verzögerung von mehreren Jahren zu rechnen, in der das Sickerwasser die ungesättigte Zone passiert. Somit können sich frühestens Mitte der 1990er Jahre erste Effekte auf die Nitratkonzentrationen ergeben haben, bei hohen Flurabständen auch später. Die nachfolgend beschriebenen Auswertungen beziehen sich daher auf den Zeitraum zwischen 1995 und 2013. Um eine möglichst hohe Repräsentativität zu gewährleisten, wurden für den Vergleich der Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb der Kooperationsgebiete nur solche Messstellen ausgewählt, die zwischen 1995 und 2013 durchgängig in jedem Jahr mindestens einmal beprobt worden sind. Damit sind Einflüsse wechselnder Messstellen oder Beprobungsturni auf den Datenbestand ausgeschlossen. Dies trifft auf insgesamt 186 Messstellen zu, die zu annähernd gleichen Teilen innerhalb und außerhalb der Kooperationsgebiete liegen.

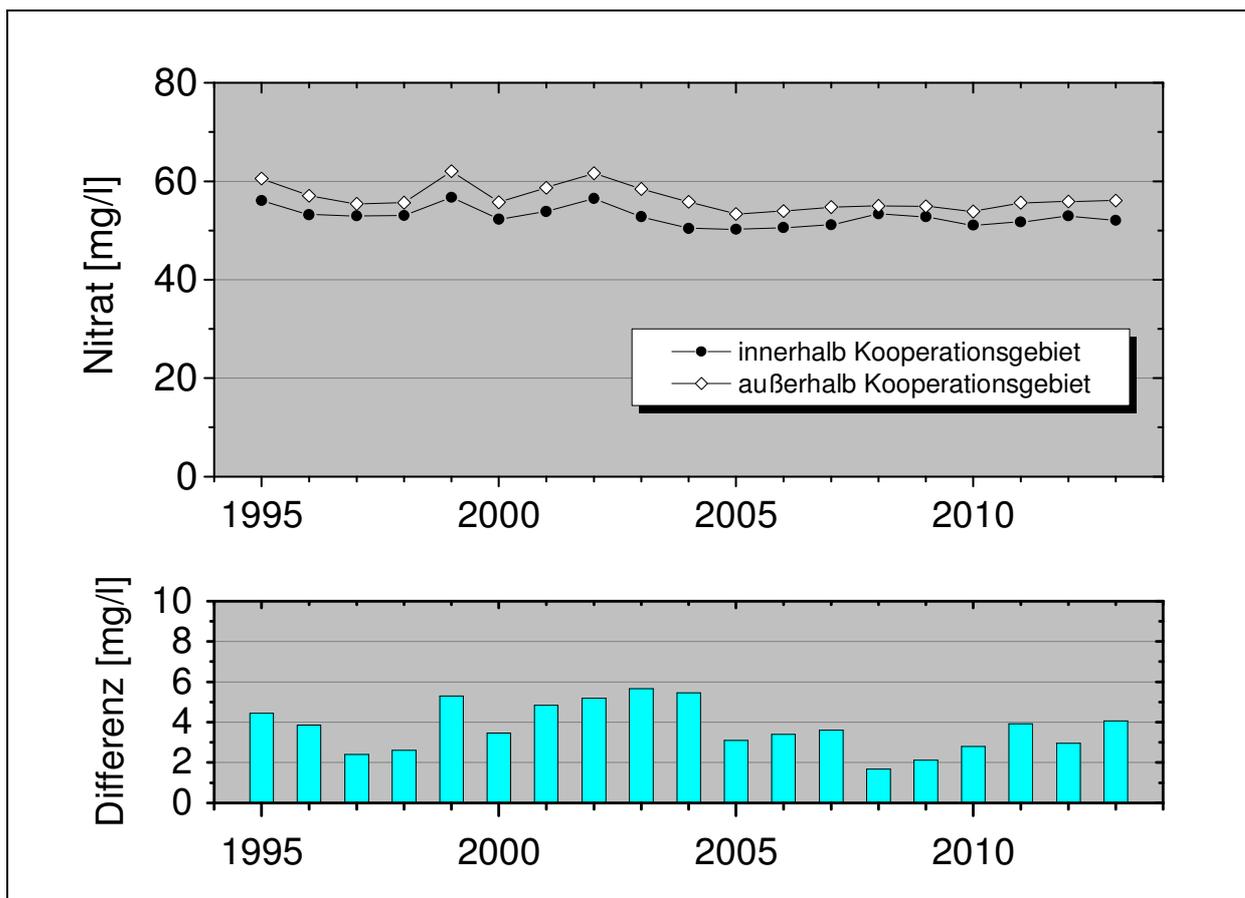


Abbildung 6: Vergleich der Nitrat-Konzentrationsentwicklung innerhalb und außerhalb von Kooperationsgebieten im Tätigkeitsbereich des Erftverbands.

Betrachtet man diesen Datensatz, so zeigt sich seit 1995 ein einheitliches Niveau der gemittelten Nitratkonzentrationen (Abbildung 6). Die Nitratmittelwerte innerhalb der Kooperationsgebiete liegen durchgängig etwa vier Milligramm pro Liter niedriger als außerhalb der Kooperationsstandorte, was aufgrund der Konstanz dieser Differenz allerdings nicht auf die Kooperationsarbeit zurückzuführen ist. Da sich auch das Konzentrationsniveau nicht geändert hat, ist zu schlussfolgern, dass:

- die Kooperationsarbeit (bisher) in der Gesamtschau auf alle Einzugsgebiete keine messbaren Auswirkungen auf das Nitrat-Konzentrationsniveau im Grundwasser hat und
- sich die Stickstoffeinträge aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche insgesamt seit Beginn der Kooperationsarbeit nicht verringert haben.

Für einzelne Einzugsgebiete ist unabhängig von dem Ergebnis dieser Gesamtbetrachtung bekannt, dass aufgrund der gemeinsamen Bemühungen von Wasserwirtschaft und Landwirtschaft eine - zum Teil sehr deutliche - Reduzierung der Stickstoffeinträge erreicht werden konnte, die sich teilweise auch bereits positiv auf die Nitratkonzentrationen des Rohwassers ausgewirkt hat.

### 2.2.3 Tiefendifferenzierte Betrachtung der Nitratkonzentrationen

Das Grundwasser weist innerhalb des obersten Stockwerks häufig eine Altersschichtung auf. In den gut durchlässigen Sanden und Kiesen der verschiedenen quartären Terrassen wird allerdings auch in größeren Tiefen meist bereits ein anthropogen beeinflusstes Grundwasser gefunden, dessen Alter nur wenige Jahrzehnte beträgt. Exemplarisch zeigen die Daten einer Multilevel-Messstelle der Stadtwerke Neuss GmbH in über 30 m Tiefe der Niederterrasse des Rheins ein Grundwasseralter von 35 Jahren (Abbildung 7a). Die einheitliche Tiefenverteilung des Chlorids als Beispiel für einen Inhaltsstoff, der nicht an hydrogeochemischen Reaktionen teilnimmt, belegt den nahezu gleichbleibenden anthropogenen Einfluss und den bereits Jahrzehnte andauernden Stoffeintrag (Abbildung 7b). Ein altersbedingt geringeres Eintragsniveau ist nicht erkennbar. Da Chlorid und Nitrat über Düngemittel oft in einem gleichbleibenden Verhältnis eingetragen werden, wäre ohne Auftreten von Nitratabbauprozessen eine ebenfalls einheitliche Nitrat-Tiefenverteilung zu erwarten. Der Rückgang der Nitratkonzentrationen mit der Tiefe (Abbildung 7c) weist jedoch deutlich auf Abbaureaktionen hin, die in den Kapiteln 2.3 (Nitratabbauwege) und 3.3.1.4 (Detailbetrachtung des Einzugsgebietes der Wassergewinnungsanlage Broichhof) vorgestellt und diskutiert werden.

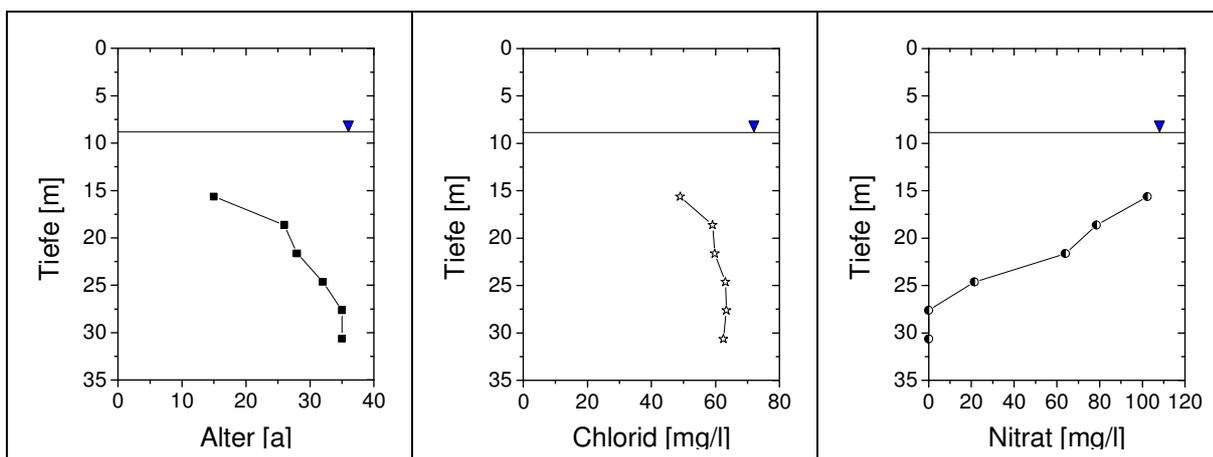


Abbildung 7: Tiefenspezifische Verteilung des Alters sowie der Chlorid- und Nitratkonzentrationen einer Multilevel-Messstelle im Bereich Neuss (Datengrundlage: Stadtwerke Neuss GmbH).

Innerhalb feinkörniger Grundwasserleiter oder bei Sprüngen der Durchlässigkeitsbeiwerte kann sich auch eine hydrochemische Schichtung ergeben, die altersbedingt ist. In diesen Fällen weist das tiefere Grundwasser wenig bis keine anthropogenen Einflüsse auf, weil es vor Beginn des massiven Einsatzes von Düngemitteln in den 1950er Jahren gebildet wurde.

Da tiefenspezifische Unterschiede der Grundwasserbeschaffenheit mit dem Alter, der hydrogeologischen Situation und Abbauprozessen im Grundwasserleiter zusammenhängen können, sind keine pauschalen Aussagen über die Nitrat-Tiefenverteilung möglich, sondern Einzelfallbetrachtungen erforderlich. Im Tätigkeitsbereich des Ertfverbands liegt eine große Spannweite vor, die von einem abbaubedingt nitratfreien Grundwasser in drei Metern Tiefe bis zu Nitratkonzentrationen von 172 mg/l in über 50 m Tiefe, jeweils in quartären Sedimenten, reicht.

## 2.3 Überblick über Nitratabbauwege und Nitratabbau Potenzial

Unter Denitrifikation (Nitratabbau) versteht man die mikrobiell katalysierte Reduktion des im Nitrat bzw. Nitrit gebundenen Stickstoffs zu gasförmigen Verbindungen wie NO, N<sub>2</sub>O (Lachgas) und N<sub>2</sub>. Voraussetzung für den erst unter weitgehend anaeroben Verhältnissen ablaufenden Denitrifikationsprozess ist das Zusammentreffen von Nitrat und geeigneten Reduktionsmitteln, die als Substrate (Nährstoffe) für Wachstum und Energiestoffwechsel der beteiligten Bakterien dienen (DWA 2015, DVGW 2015).

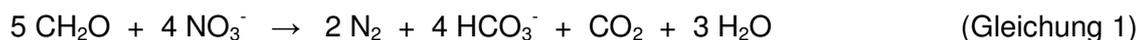
Als Reduktionsmittel kommen in den Grundwasserleitern im Wesentlichen zwei Substanzen bzw. Substanzklassen in Frage:

- Organisch gebundener Kohlenstoff,
- Eisendisulfide (Pyrite) bzw. andere reduzierte anorganische Schwefelverbindungen.

Der Nitratabbau durch organischen Kohlenstoff wird als chemo-organotrophe Denitrifikation bezeichnet. Nutzen die Mikroorganismen ein anorganisches Reduktionsmittel für den Nitratabbau, bezeichnet man den Prozess als chemo-lithotrophe Denitrifikation. Beide Reaktionen werden kurz in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben. Detailliertere Angaben können dem von DWA und DVGW inhaltsgleich herausgegebenen Themenheft „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA 2015, DVGW 2015) entnommen werden.

### 2.3.1 Nitratabbau durch organische Substanz - Chemo-organotrophe Denitrifikation

Wird Nitrat durch organischen Kohlenstoff - vereinfachte Zusammensetzung CH<sub>2</sub>O - reduziert, kann der Prozess durch die folgende Reaktionsgleichung beschrieben werden:



Organischer Kohlenstoff liegt in Grundwasserleitern im Wesentlichen in fester Form vor und kann aus einer Vielzahl verschiedener Substanzen wie Pflanzenresten, Holz, Torf, Lignit, Braunkohle bestehen (Mattheß 1994). Je jünger das Material, desto besser ist es für die Nitratabbaureaktion verfügbar. Appelo & Postma (1996) geben an, dass die Reaktivität des organischen Materials stark variiert, wobei rezenter organischer Kohlenstoff leicht verfügbar ist, während Lignit und Braunkohle kaum abbaubar sind.

Der organische Kohlenstoff kann auch in gelöster Form als DOC (Dissolved Organic Carbon) im Grundwasser enthalten sein, wo er sich dann überwiegend aus Humin- und Fulvinsäuren zusammensetzt. Allerdings ist die Bedeutung des DOC für die Denitrifikation aufgrund der meist geringen Konzentrationen von wenigen Milligramm pro Liter nicht relevant. Mit einem Milligramm DOC lassen sich lediglich vier Milligramm Nitrat reduzieren.

### 2.3.2 Nitratabbau durch Sulfidminerale (Pyrite) - Chemo-lithotrophe Denitrifikation

Wird anstelle der organischen Substanz ein anorganisches Reduktionsmittel verwendet, beschreibt man die Reaktion als chemo-lithotrophe Denitrifikation. Mit dem am häufigsten an der Reaktion beteiligten Reduktionsmittel Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) ergibt sich folgende Gleichung:



Bei den reaktiven Substanzen handelt es sich im Wesentlichen um reduzierte Schwefelverbindungen, die überwiegend in der Festphase, d. h. im Sediment vorliegen. Hierbei kommt dem Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) eine besondere Bedeutung zu, während Substanzen wie elementarer Schwefel ( $\text{S}^0$ ) und Thiosulfat ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ) nur untergeordnet am Prozess teilnehmen. Auch im Grundwasser gelöster Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HS}^-$ ) kann als Reduktionsmittel dienen.

### 2.3.3 Welche Abbaureaktion läuft bevorzugt im Grundwasserleiter ab?

Betrachtet man den Energieumsatz der beiden in den Kapiteln 2.3.1 und 2.3.2 beschriebenen Reaktionen, ist die Nitratreduktion durch organischen Kohlenstoff als thermodynamisch bevorzugt einzustufen, weil hierbei mehr Energie gewonnen wird als bei der Denitrifikation durch Sulfidminerale. Allerdings weisen Appelo & Postma (1996) darauf hin, dass die Art der Reaktion auch von der Reaktionskinetik abhängt. In der Literatur werden mehrere Fälle beschrieben, in denen Pyrit bei der Nitratreduktion bevorzugt umgesetzt wird, obwohl der Grundwasserleiter größere Mengen an organischen Kohlenstoff enthält, der aber in den genannten Fällen wenig reaktiv ist. Enthält ein Grundwasserleiter beide möglichen Reduktionsmittel, kann ohne weitergehende Untersuchungen nicht beurteilt werden, welche Denitrifikationsreaktion abläuft. Es ist auch möglich, dass beide Reaktionen nebeneinander stattfinden.

Neben den beschriebenen Reaktionen kann Nitrat auch durch gelöstes zweiwertiges Eisen und molekularen Wasserstoff reduziert werden. Beide Reaktionen treten in der Natur auf, sind aber von untergeordneter Bedeutung.

## 2.4 Zusammenhang des Nitratabbaupotenzials mit Geologie, Böden und Grundwasserständen

Wie in Kapitel 2.3 erläutert, setzt sich das Nitratabbaupotenzial eines Grundwasserleiters aus dessen Gehalt an organischem Kohlenstoff und / oder Sulfidmineralen wie Pyrit zusammen. Insbesondere bei den organischen Substanzen bestehen große Unterschiede in der Reaktivität, die darüber entscheiden, ob und wie intensiv die Reaktion abläuft (Kapitel 2.3.1). Hierbei spielen verschiedene Faktoren wie die Zusammensetzung des organischen Materials und dessen Alter ebenso eine Rolle wie die Verteilung und Zugänglichkeit im Sediment.

Meist sind organische Substanzen umso reaktiver, je jünger sie sind. Rezente Pflanzenreste haben eine andere Zusammensetzung als Millionen Jahre alte Braunkohle und enthalten

sehr viel größere Anteile leicht bakterienverfügbarer organischer Moleküle. Nitratabbaureaktionen verlaufen daher beispielsweise im Bereich von Feuchtwäldern und Auengebieten, wo aktuell organisches Material abgelagert wird, sehr schnell und effektiv. Darüber hinaus handelt es sich hierbei um Beispiele für besondere Systeme, in denen an der Geländeoberfläche eine Nitratabbaukapazität neugebildet bzw. regeneriert wird.

Innerhalb der Grundwasserleiter kann nur das organische Material für Nitratabbaureaktionen genutzt werden, das während des Ablagerungsgeschehens eingetragen wurde. Eine Nachlieferung findet quasi nicht statt, weil die gelöste organische Substanz (DOC) im Vergleich zu der feststoffgebundenen Organik nur eine untergeordnete Rolle spielt (Kapitel 2.3.1).

Die Verteilung der organischen Stoffe im Sediment ist ebenfalls von großer Bedeutung für die Zugänglichkeit und damit die Reaktivität der organischen Substanzen. Beispielsweise enthält ein Braunkohleflöz einen riesigen Vorrat an organischer Materie, der aber für das Nitratabbaupotenzial nahezu keine Bedeutung hat. Das liegt im Wesentlichen an der geringen Durchlässigkeit der Flöze, die kaum durchströmt werden. Für das Grundwasser ist somit allenfalls die Grenzfläche zum Flöz als Reaktionsraum relevant. Gleiches gilt für Tonhorizonte, die oft selbst einen erhöhten Anteil an Organik enthalten. Auch Torflinsen in quartären Leitern werden vom Grundwasser tendenziell eher umströmt und sind für das Nitratabbaupotenzial eines Aquifers von untergeordneter Bedeutung.

Liegt das organische Material nicht lagenweise, sondern verteilt im Grundwasserleiter vor, sind Korngröße und Korngrößenverteilung ausschlaggebende Faktoren für die Reaktivität. Ideal für die gute Abbauwirkung ist eine homogene Verteilung kleiner organischer Partikel im Sediment, woraus sich eine große reaktive Gesamtoberfläche ergibt. Indem das Grundwasser das Nitrat zu der nahezu überall im Sediment vorhandenen organischen Materie transportiert, kann großflächig ein Reaktionskontakt hergestellt werden. Einzelne größere Partikel wie Holzstücke haben dagegen nur eine begrenzte Wirkung für den Nitratabbau, obwohl der Gesamtgehalt des Sediments an organischem Kohlenstoff möglicherweise hoch ist.

Enthalten die Grundwasserleiter am Niederrhein Sulfidminerale – im Wesentlichen Pyrite,  $\text{FeS}_2$  – sind diese ausnahmslos durch bakterielle Sulfatreduktion entstanden, indem sich zunächst Schwefelwasserstoff gebildet und mit gelösten zweiwertigen Eisenionen zu Eisenmonosulfiden und später zu Pyrit reagiert hat. Dieser Prozess setzt sauerstoff- und nitratfreie Bedingungen im Grundwasserleiter voraus, die insbesondere in den tieferen Grundwasserstockwerken lange Zeit vorgelegen haben. Erst durch anthropogene Einflüsse und große Grundwasserentnahmen kam und kommt es zu einem Wechsel der Redoxbedingungen hin zu oxidierenden Verhältnissen.

Einzelnen geologischen Einheiten aufgrund ihres Ablagerungsgeschehens oder ihrer Korngrößenverteilung ein Nitratabbaupotenzial zuzuordnen, ist qualitativ möglich, erfordert aber zahlreiche Vereinfachungen, die dazu führen können, dass lokale Abweichungen nicht auszuschließen sind. In der Regel nehmen die Anteile organischer Substanz und der Pyrite mit abnehmender Korngröße zu. Feinkörnige Sedimente wie Schluffe und Feinsande weisen daher meist ein höheres Nitratabbaupotenzial auf als grobe Sande und Kiese.

Neben den geologischen Faktoren können auch Grundwasserstände Aufschluss darüber geben, ob ein Nitratabbau erwartet werden kann oder nicht. Bei flurnahen Grundwasserständen mit Flurabständen um oder unter einem Meter bilden sich auch im oberflächennahen Grundwasser meist reduzierende Bedingungen aus, unter denen ein Nitratabbau stattfindet. Meist sind diese Standorte durch grundwasserbeeinflusste Böden wie Gleye und Auenböden gekennzeichnet. Auch Moorböden geben Hinweise auf ein Nitratabbaupotenzial.

Eine zusammenfassende Betrachtung der Nitratabbauprozesse und des Nitratabbaupotenzials wird horizontdifferenziert in Kapitel 4 gegeben.

## 2.5 Kurzübersicht über Minderungsstrategien

### 2.5.1 Strategien zur Minderung der Nitrateinträge

Grundsätzlich besteht auch seitens der Landwirtschaft das Ziel einer angepassten Düngung, um Kosten zu sparen und nachhaltig zu wirtschaften. Allerdings ist eine Intensivlandwirtschaft ohne Stickstoffüberschüsse nicht durchführbar und wird immer zu gewissen Nitrateinträgen in das Grundwasser führen.

Seitens der Wasserwirtschaft wird über Kooperationen mit der Landwirtschaft der Versuch unternommen, die Nährstoffüberschüsse zu begrenzen. Hierzu werden Landwirte finanziell gefördert, um durch Einsatz von oder Verzicht auf bestimmte landwirtschaftliche Techniken, Zwischenfruchtanbau, Baumaßnahmen zur Erhöhung der Güllelagerkapazität, Einhaltung weitergehender Sperrfristen und eine Vielzahl weiterer Maßnahmen den Stickstoffeintrag in das Grundwasser zu verringern.

Ist der Erfolg dieser Maßnahmen nicht ausreichend, gehen manche Wasserversorgungsunternehmen dazu über, Flächen aufzukaufen und zu extensivieren, was im Tätigkeitsbereich des Erftverbands angesichts der hohen Bodenqualitäten und der stark gestiegenen Preise aber kaum realisierbar ist.

### 2.5.2 Strategien zur Minderung der Nitratkonzentrationen

Finden sich trotz aller Gegenmaßnahmen erhöhte Nitratkonzentrationen im Grund- und Rohwasser, die eine Nutzung als Trinkwasser verhindern, nutzen die Wasserversorgungsunternehmen im Tätigkeitsbereich des Erftverbands verschiedene Strategien, um den Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l einzuhalten.

- *Verschneidung mit nitratfreiem bzw. nitratarmem Wasser*

Fördert ein Wasserversorger Grundwasser aus verschiedenen Grundwasserstockwerken oder an verschiedenen Standorten, unterscheiden sich die Wässer meist hinsichtlich ihrer Beschaffenheit und auch ihrer Nitratkonzentrationen. Durch Mischung mit nitratarmem Tiefenwasser kann so auch ein Rohwasser für die Trinkwasserversorgung genutzt werden, das mehr als 50 mg/l Nitrat enthält.

- *Versickerung nitratfreien bzw. nitratarmen Wassers im Vorfeld*

Mehrere Wasserversorger nutzen die Möglichkeit, nitratfreies bzw. nitratarmes Wasser im Vorfeld der Förderbrunnen zu versickern, um auf diese Weise die Nitratkonzentration des Rohwassers zu senken. Im östlichen Teil des Tätigkeitsbereichs wird hierfür an mehreren Standorten Rheinwasser verwendet, das innerhalb des Einzugsgebietes über große Sickerbecken oder Infiltrationsbrunnen in den Grundwasserleiter eingespeist wird.

Im Nordraum profitieren Wasserversorgungsunternehmen von Infiltrationsmaßnahmen, die von der RWE Power AG in großem Umfang betrieben werden, um sowohl grundwasserabhängige Feuchtgebiete zu schützen als auch zur Sicherung der Wasserversorgung beizutragen. Das hierfür verwendete Sumpfungswasser aus dem Tagebau Garzweiler ist nitratfrei. Im Zusammenhang mit der Vorstellung der einzelnen Gewinnungsstandorte und deren Nitratsituation sowie den Erkenntnissen zum Nitratabbau in Kapitel 3 wird auf den Grad der Beeinflussung durch das Infiltrationswasser und dessen Bedeutung einzelfallbezogen eingegangen.

- *Aufbereitung*

In den vergangenen Jahrzehnten wurden zahlreiche Anlagen zur biologischen Denitrifikation getestet, deren Konzepte u.a. die Verwendung von Stroh als Lieferant für organischen Kohlenstoff (siehe Kapitel 2.3.1) oder den Einsatz von molekularem Wasserstoff (siehe Kapitel 2.3.3) beinhalteten. Die meisten dieser Anlagen sind aufgrund der komplexen Steuerung nicht mehr in Betrieb. In Neuss wird an der Wassergewinnungsanlage Broichhof (Kapitel 3.3.1) eine Anlage zur heterotrophen Denitrifikation mittels Essigsäure betrieben, nach deren Passage das Wasser wieder in den Untergrund versickert und dann über Förderbrunnen gehoben wird.

- *Tiefen- oder Standortverlagerung*

Der Ausbildung zahlreicher Ton- und / oder Flözhorizonte schützt die tieferen Grundwasserstockwerke am Niederrhein vor oberflächennahen Stoffeinträgen. In Abhängigkeit von den hydraulischen Wegsamkeiten zwischen den Stockwerken ist das tiefere Grundwasser meist nitratärmer oder sogar nitratfrei. Aufgrund der Höhe der Nitratwerte und weil oft kein fallender Trend erkennbar ist, verlagern immer noch zahlreiche Versorger ihre Brunnen in tiefere Leiter. Dies kann jedoch nur als nicht nachhaltige Zwischenlösung betrachtet werden, weil das Nitrat diese Brunnen nach Aufbrauch des Nitratabbaupotenzials mit zeitlicher Verzögerung ebenfalls erreichen wird. Das Ziel der Versorger besteht darin, die Stickstoffeinträge in das oberflächennahe Grundwasser soweit zu verringern, dass dieses Wasser zukünftig wieder für die Trinkwasserversorgung genutzt werden kann.

### 3 Nitrat im Roh- und Grundwasser in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsstandorte im Tätigkeitsbereich des Erftverbands

Im vorliegenden Kapitel werden alle Wassergewinnungsanlagen der Öffentlichen Wasserversorgung einschließlich des Forschungszentrums Jülich im Tätigkeitsbereich des Erftverbands kurz vorgestellt. Dies erfolgt anhand der Betrachtung der Wasserrechte, der Zahl der betriebenen Brunnen und der Nennung des oder der Förderhorizonte. Für jede Wassergewinnungsanlage werden darüber hinaus in fünf Unterkapiteln folgende Aspekte behandelt:

- **Nitratkonzentrationen im Rohwasser**

Darstellung der aktuellen Nitratkonzentrationen und der zeitlichen Entwicklung der wichtigsten Wasserinhaltsstoffe, die Aufschluss über das Nitratabbauverhalten geben.

- **Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet**

Bei Entnahmen aus tieferen Stockwerken werden hier auch alle wasserwirtschaftlich bedeutenden Grundwasserleiter im Hangenden des jeweiligen Förderhorizonts betrachtet, um nachvollziehen zu können, bis in welche Tiefe bereits nachweisbare Nitratkonzentrationen vorliegen. Als Datengrundlage werden alle dem Erftverband aus eigenen Untersuchungen oder über Datenauschvereinbarungen zur Verfügung stehenden Daten verwendet. Bei den Wasserversorgungsunternehmen darüber hinaus vorliegende Datenbestände wurden nur in Ausnahmefällen mit ausgewertet.

- **Nitratkonzentrationen im Sickerwasser**

Die angegebenen Werte basieren auf Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich, deren Plausibilität in weiten Teilen des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands bestätigt wurde. Die Methodik wird von Wendland et al. (2010) detailliert erläutert.

- **Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen**

Hier wird anhand der Grundwasseranalysen ermittelt, ob ein Nitratabbau stattfindet und wenn ja, welche Abbauprozesse (Kapitel 2.3) ablaufen. Abschließend wird der Versuch unternommen, das Nitratabbaupotenzial zu quantifizieren. Um die Güte der Aussagen einordnen zu können, wird die Qualität der Eingangsdaten bewertet, die darüber entscheidet, ob entsprechende Aussagen möglich sind.

Sollen Aussagen zur Nitratreduktion in tieferen Grundwasserleitern getroffen werden, muss auch das Abbauverhalten in den hangenden Aquiferen betrachtet werden. Demzufolge erfolgt in Analogie zur Vorstellung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet (s. o.) auch hier eine Auswertung aller wasserwirtschaftlich relevanten Schichten vom obersten Stockwerk bis in den Förderhorizont.

- **Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und –konzentrationen**

In diesem Unterkapitel wird aufgelistet, ob und seit wann wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperationen betrieben werden.

Die Betrachtung erfolgt innerhalb des Tätigkeitsbereichs von Norden nach Süden. Falls an einer Wassergewinnungsanlage keine Gewinnung (mehr) erfolgt, sondern der Bedarf anderweitig gedeckt wird, wird der Standort nicht behandelt. Wassergewinnungsanlagen zur Deckung der Ersatzwasserverpflichtung werden im Kapitel 3.34 „RWE Power AG – Ersatzwassergewinnungsstandorte“ behandelt.

### 3.1 Stadtwerke Nettetal GmbH

Die Stadtwerke Nettetal GmbH betreiben im Tätigkeitsbereich des Erftverbands folgende drei Wassergewinnungsanlagen mit einem Gesamtwasserrecht von 3,639 Mio. m<sup>3</sup>/a:

- Kaldenkirchen / Grenzwald 1,400 Mio. m<sup>3</sup>/a
- Breyell 0,811 Mio. m<sup>3</sup>/a
- Lobberich 1,428 Mio. m<sup>3</sup>/a

#### 3.1.1 Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald

Die Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald verfügt über zehn Förderbrunnen, von denen acht den Horizont 11D (nach Schneider & Thiele 1965) und damit das zweite lokale Grundwasserstockwerk bewirtschaften. Die Brunnen verteilen sich auf eine aus fünf Brunnen bestehende Galerie und drei Einzelstandorte. Zwei weitere Brunnen erschließen die Hauptkies-Serie (Horizont 8), die als drittes lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen ist.

Der Tegelenton (Horizont 13) ist mit einer Mächtigkeit von durchschnittlich fünf Metern im nordwestlichen Teil des Einzugsgebiets verbreitet, weist aber ein „geologisches Fenster“ auf, das sich in der Nähe der Brunnengalerie befindet, so dass eine hydraulische Wegsamkeit zwischen dem obersten und dem zweiten Grundwasserstockwerk besteht. Während der Reuerton C (Horizont 11E) nur im südöstlichen Teil des Einzugsgebiets verbreitet ist, weist der Reuerton B (Horizont 11C) eine durchgängige Verbreitung und stockwerkstrennende Wirkung auf.

Aufgrund der hohen Nitratkonzentrationen im obersten Grundwasserleiter, die durchweg mehr als 100 mg/l betragen, wurde die Förderung Anfang der 1980er Jahre in das zweite Stockwerk verlegt.

##### 3.1.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Grundwasser im Horizont 11D ist aufgrund der Tonüberdeckung im weiten Teilen des Einzugsgebiets nitratfrei. Allerdings erfolgt über das „geologische Fenster“ (Kapitel 3.1.1) ein Eintrag nitrathaltigen Grundwassers in den Förderhorizont. Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Rohwasser von vier Brunnen, die sich in verschiedenen Entfernungen zu dem beschriebenen geologischen Fenster befinden:

- Brunnen 4 (08/659616) - 300 m vom geologischen Fenster entfernt – blaue Linie
- Brunnen 2 (08/659614) - 500 m vom geologischen Fenster entfernt – rote Linie
- Brunnen 1 (08/659613) - 550 m vom geologischen Fenster entfernt – grüne Linie
- Brunnen 5 (08/959624) - 800 m vom geologischen Fenster entfernt – orangene Linie

Deutlich ist zu erkennen, dass die Nitratdurchbrüche mit zunehmendem Abstand zu dem „geologischen Fenster“ später einsetzen und die Konzentrationen abnehmen. In dem am weitesten von der hydraulischen Kontaktstelle entfernten Brunnen 5 ist schließlich bis heute kein Nitratsignal nachweisbar.

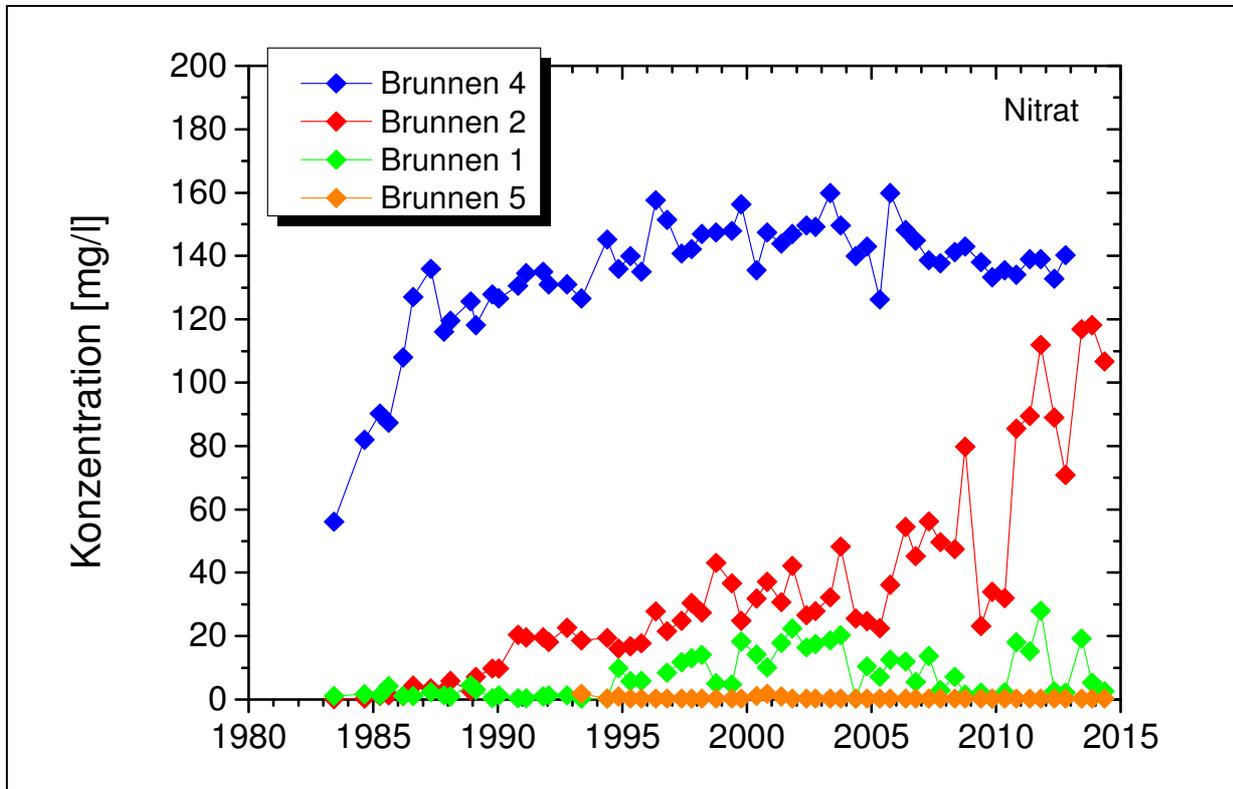


Abbildung 8: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Rohwasser verschiedener Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald im Horizont 11D.

Das aus dem Horizont 8 (Hauptkies-Serie) entnommene Wasser ist nitratfrei. Da die Förderung erst 2014 aufgenommen wurde, wird keine Ganglinie dargestellt.

### 3.1.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im obersten Grundwasserstockwerk ergibt sich als Mittelwert von Analysen der Proben aus 22 Grundwassermessstellen eine Nitratkonzentration von 140 mg/l bei Einzelbefunden, die Werte von 200 mg/l mehrfach übersteigen.

In Messstellen, die im Horizont 11D verfiltert sind, ist das Grundwasser meist nitratfrei. Lediglich im Bereich des oben beschriebenen „Tonfensters“ sowie südöstlich der Verbreitungsgrenze des Tegelentons (Horizont 13) treten erhöhte Nitratkonzentrationen auf, die punktuell das Konzentrationsniveau erreichen, das im oberflächennahen Grundwasser vorliegt.

Das Grundwasser der innerhalb der Hauptkies-Serie verfilterten Messstellen ist nitratfrei.

### 3.1.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich gibt als Ergebnis von Berechnungen mittels eines Modellverbands an, dass im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald im Sickerwasser überwiegend Nitratkonzentrationen von mehr als 100 mg/l zu erwarten sind (Wendland et al. 2010).

### 3.1.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasser liegen keine Hinweise auf Nitrat-abbauvorgänge vor, sondern die Nitratwerte entsprechen den Eintragskonzentrationen. Außerdem zeigen die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen einen zeitlich gleichartigen Verlauf. Da diese Substanzen unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen eingetragen werden, lässt sich daraus ein konservativer Transport ableiten. Im Fall einer Überprägung der Wasserchemie durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation wäre eine Entkopplung mindestens der Entwicklung der Nitratwerte zu erwarten.

Im Förderhorizont 11D lag zu Beginn der Förderung ein nitratfreies Grundwasser vor (Abbildung 9). Die zu diesem Zeitpunkt niedrigen Chlorid- und Sulfatwerte um jeweils 10 mg/l zeigen darüber hinaus an, dass es sich um ein anthropogen gänzlich unbeeinflusstes Wasser handelte. Die Aufnahme der Förderung führte zu einer Erhöhung des Potenzialgefälles zwischen den Grundwasserstockwerken. Somit erfolgte durch das „Fenster“ ein verstärkter Zustrom oberflächennahen Grundwassers, das durch hohe Nitratkonzentrationen von über 100 mg/l sowie eine höhere Gesamtmineralisation gekennzeichnet ist, in den Förderhorizont.

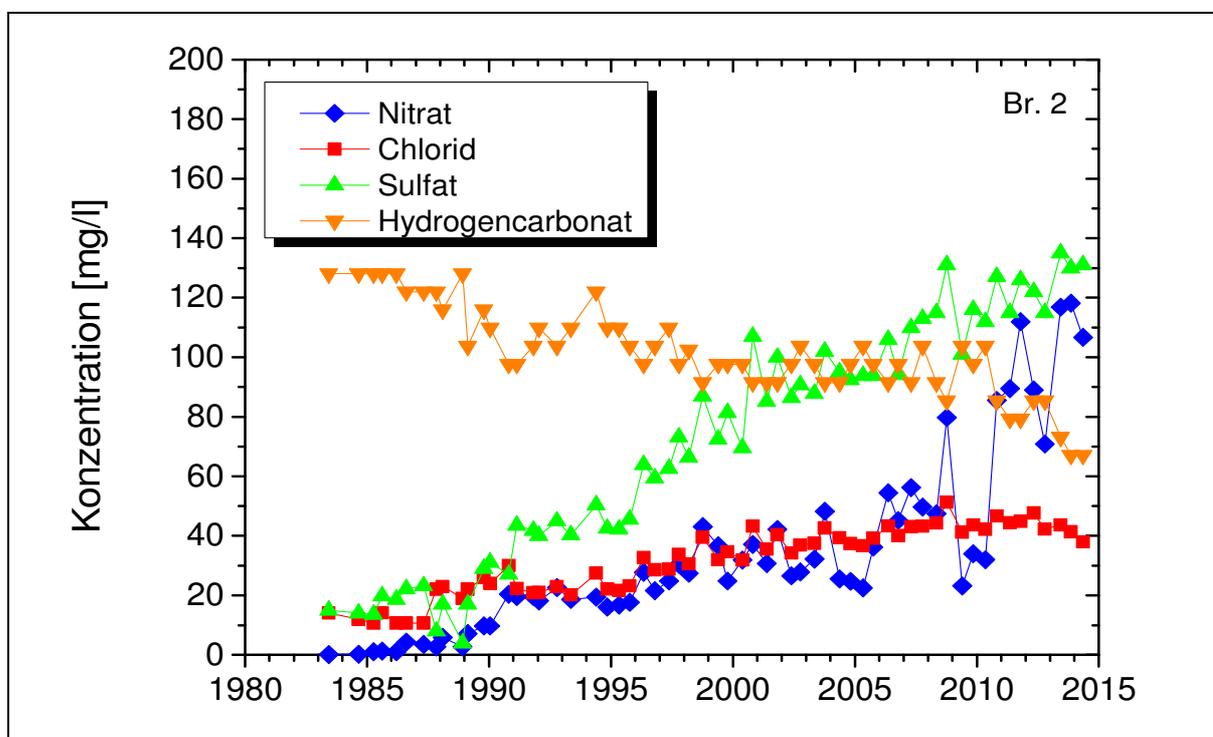


Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald.

Neben Stickstoff werden aus landwirtschaftlich genutzten Flächen meist auch Chlorid und Sulfat verstärkt in das Grundwasser eingetragen. Die Konzentrationen dieser Wasserinhaltsstoffe sind häufig positiv miteinander korreliert, weil beispielsweise Mineraldünger oft in Form von Chloriden wie Kaliumchlorid oder Sulfaten wie Kaliumsulfat und Ammoniumsulfat vorliegen (Abbildung 10). In diesen Fällen deuten beispielsweise hohe oder steigende Chloridwerte auf hohe bzw. steigende Nitratreinträge hin. Der resultierende Anstieg der Nitratkonzentrationen im Rohwasser setzt wenige Jahre nach Beginn der Förderung ein und findet zeitgleich mit zunehmenden Chlorid- und Sulfatwerten statt (Abbildung 9). Diese zeitliche Parallelität zeigt ebenso ein fehlendes Nitratabbauvermögen des Grundwasserleiters an wie die - mit Ausnahme des hohen Konzentrationsbereichs - nahezu lineare Korrelation zwischen den Nitratwerten einerseits und den Chlorid- bzw. Sulfatkonzentrationen andererseits (Abbildung 10). Bei einer Nitratreduktion wäre der Anstieg der Nitratwerte im Vergleich zu den konservativen Ionen Chlorid und Sulfat mit zeitlicher Verzögerung erfolgt. Außerdem hätte sich ein Anstieg der beim Nitratabbau anfallenden Reaktionsprodukte, d. h. entweder der  $\text{CO}_2$ - (bzw. Hydrogencarbonat-) oder der Sulfatkonzentrationen ergeben müssen, was nicht der Fall war und das Ausbleiben der Reaktionen unterstreicht (Abbildung 9).

Im Vorfeld der Brunnen liegen drei Messstellen vor, die zwar anhand erhöhter Chlorid- und Sulfatkonzentrationen eine anthropogene Beeinflussung erkennen lassen, deren Proben aber nur geringe Nitratkonzentrationen von weniger als 10 mg/l enthalten. Angesichts der landwirtschaftlichen Prägung der Wasserchemie sind mit Chlorid- und Sulfatwerten eintragsseitig zwingend auch erhöhte Nitratwerte verknüpft. Fehlen diese, ist dies nur durch Nitratabbaureaktionen zu erklären. Belege für die Art des Abbauprozesses ergeben sich anhand der vorliegenden Daten allerdings nicht. Da die Belege für entsprechende Abbauprozesse nur punktuell auftreten, ist allenfalls von einem lokalen Abbaupotenzial im Grundwasserleiter auszugehen, das keine großräumige Bedeutung hat.

Im Horizont 8 zeigen leicht erhöhte Chloridkonzentrationen von 19 mg/l und Sulfatwerte um 45 mg/l im Rohwasser des Brunnens 10 einen beginnenden Stoffeintrag aus dem obersten Grundwasserstockwerk an. Da kein Nitrat nachgewiesen wird, ist auch hier – oder auf dem Transportweg innerhalb des zweiten Grundwasserstockwerks – von einer Denitrifikationsreaktion auszugehen. Entsprechende Daten einer weiteren Messstelle lassen den selben Schluss zu, wobei hier bereits Sulfatwerte über 100 mg/l im Grundwasser der Hauptkies-Serie nachgewiesen werden. Ob anhand der gegenüber den Chloridkonzentrationen deutlich erhöhten Sulfatwerte eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) im Aquifer vermutet werden kann, ist unsicher, zumal es sich um Daten aus lediglich einer einzigen Messstelle handelt.

### 3.1.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Der erste Schritt auf dem Weg zum Erhalt des Standortes der Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald bestand in der Erschließung des zweiten Grundwasserstockwerks Anfang der 1980er Jahre. Seit 1997 besteht eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft zur Minderung der Stickstoffeinträge.

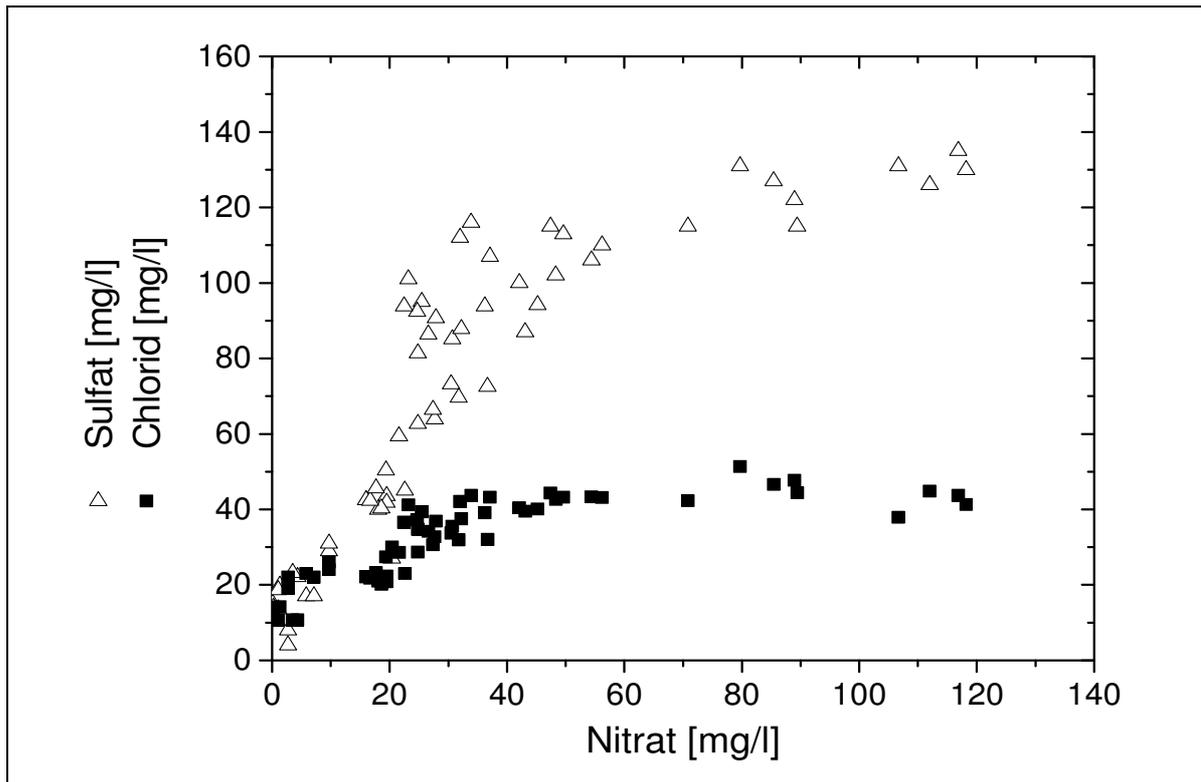


Abbildung 10: Korrelation zwischen den Nitratkonzentrationen und den Chlorid- bzw. Sulfatwerten im Rohwasser des Brunnens 2 der Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald.

### 3.1.2 Wassergewinnungsanlage Breyell

Die Wassergewinnungsanlage Breyell betreibt zwei Förderbrunnen, die beide im Horizont 11D verfiltert sind, welcher als zweites Grundwasserstockwerk anzusprechen ist. Der überlagernde Reuerton C (Horizont 11E) ist durchgängig im Einzugsgebiet verbreitet.

#### 3.1.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser wies aufgrund der flächenhaften Verbreitung des Reuver-C-Tons bei Aufnahme der Förderung in den 1980er Jahren nur geringe anthropogene Einflüsse auf (Abbildung 11). In beiden Brunnen liegen die Nitratwerte derzeit unter 10 mg/l, aber geringe Konzentrationen werden bereits seit 25 Jahren im Rohwasser nachgewiesen (Abbildung 11). Ein Stoffeintrag aus dem obersten Grundwasserleiter ist somit eindeutig belegbar.

#### 3.1.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das oberste Grundwasserstockwerk resultiert ein mittlerer Nitratwert von 102 mg/l, berechnet aus den Daten von vier Grundwassermessstellen. Im Förderhorizont 11D ist nur eine Messstelle in Brunnennähe nitratfrei, zeigt aber anthropogene Einflüsse, die anhand der Chlorid- und Sulfatwerte erkennbar sind. Demgegenüber werden in drei weiter südlich gelegenen Messstellen Nitratwerte zwischen 28 und 76 mg/l im Grundwasser des Horizonts 11D gemessen.

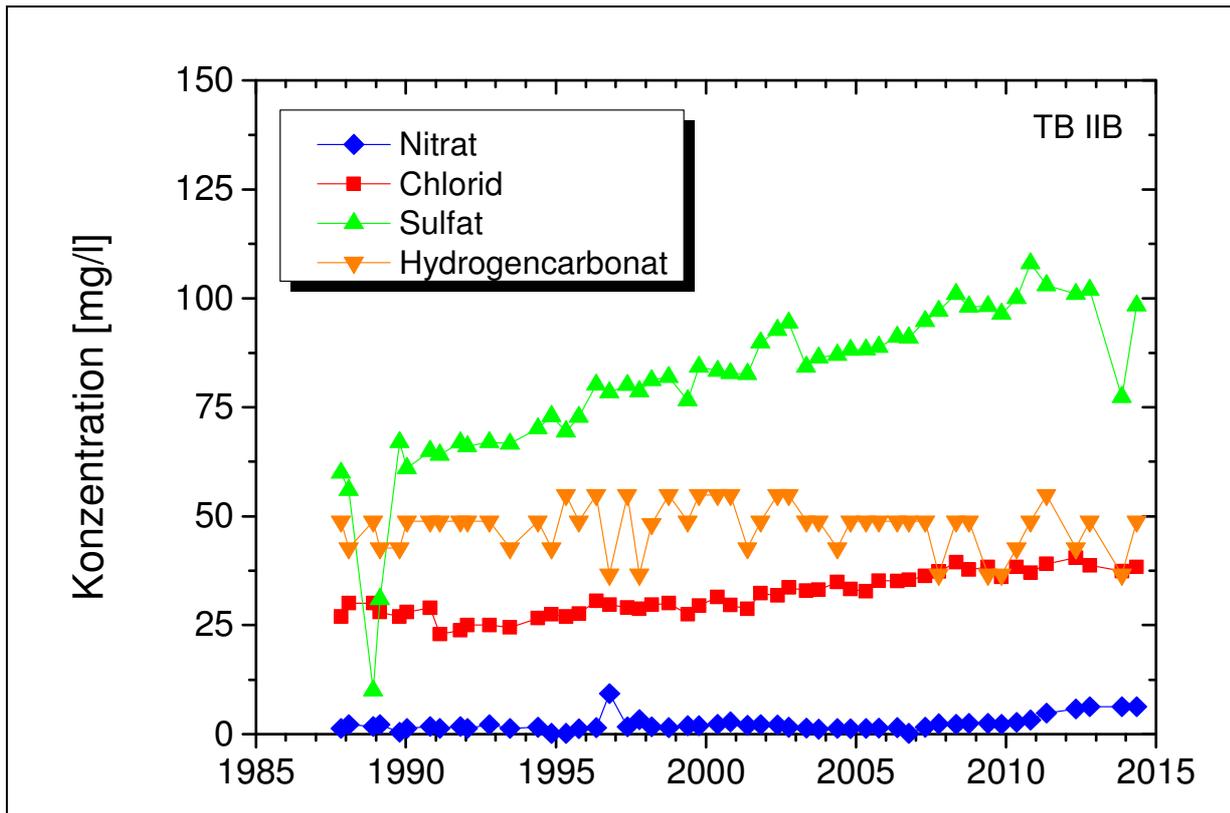


Abbildung 11: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Tiefbrunnen IIB der Wassergewinnungsanlage Breyell.

### 3.1.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die mit einem Modellverbund vom Forschungszentrum Jülich berechneten Nitratkonzentrationen des Sickerwassers betragen für die landwirtschaftlichen Nutzgebiete innerhalb des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Breyell mehr als 100 mg/l, während in städtischen Räumen wie Boisheim oder Schaag ein Wertebereich zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat ermittelt wird. Im Auenbereich der Nette mit seinen grundwasserbeeinflussten Böden wird modellbasiert von geringen Nitratwerten ausgegangen (Wendland et al. 2010). Ohne dass aus diesen Angaben ein Mittelwert für das Einzugsgebiet angegeben werden kann, ist aufgrund des Vorherrschens der landwirtschaftlichen Nutzfläche innerhalb des Einzugsgebiets davon auszugehen, dass die für das oberflächennahe Grundwasser ermittelten Nitratkonzentrationen um 100 mg/l (Kapitel 3.1.2.2) auch denen des Sickerwassers entsprechen.

### 3.1.2.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im Förderhorizont 11D lag zu Beginn der Förderung ein nahezu nitratfreies Grundwasser vor, dessen niedrige Chlorid- und Sulfatkonzentrationen geringe, aber vorhandene anthropogene Einflüsse anzeigten (Abbildung 11). Über den Förderzeitraum haben die Chlorid- und Sulfatwerte kontinuierlich zugenommen, während die Nitratwerte nahezu auf einem einheitlich niedrigen Niveau verblieben sind und nur in den letzten drei Jahren einen kleinen Anstieg erfahren haben. Insbesondere die steigenden Chloridwerte zeigen den zunehmenden anthropogenen Einfluss, d. h. den verstärkten Zustrom oberflächennahen Grundwassers in

den Horizont 11D an. Aufgrund dieser Entwicklung und der Korrelation zwischen Nitrat- und Chloridwerten im oberflächennahen Grundwasser ist auch davon auszugehen, dass mehr Nitrat in den Förderhorizont einströmt. Die gleichbleibend geringen Nitratkonzentrationen können daher nur durch Abbaureaktionen erklärt werden.

Die Identifikation des Abbauprozesses ist anhand der Rohwasserdaten nicht eindeutig möglich. Es ergeben sich allerdings keine Hinweise auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1), weil sowohl die Konzentrationen der CO<sub>2</sub>-Spezies im Grundwasser als auch der pH-Wert sehr stabil sind. Als weitere Abbaureaktion kommt die chemo-lithotrophe Nitratreduktion in Frage, die Sulfidminerale wie Pyrite (FeS<sub>2</sub>) als Reduktionsmittel nutzt und mit steigenden Sulfatkonzentrationen des Grundwassers verbunden ist (Kapitel 2.3.2). Die Sulfatwerte des Rohwassers steigen zwar an (Abbildung 11), aber da im oberflächennahen Grundwasser mehr als 100 mg/l Sulfat gemessen werden, kann der Anstieg auch durch den Zustrom von oben bedingt sein. Würden 100 mg/l Nitrat durch die chemo-lithotrophe Denitrifikation abgebaut, müsste sich die Sulfatkonzentration um ebenfalls rund 100 mg/l erhöhen, was nicht zu beobachten ist. Allerdings sind sowohl im Rohwasser des Brunnens IIB (Messstellenummer 659351) als auch im Grundwasser einer nahegelegenen Messstelle ungewöhnlich hohe Eisenkonzentrationen von bis zu 24 mg/l zu beobachten, die darüber hinaus einen deutlich steigenden Trend zeigen. Dieser Sachverhalt ist als Hinweis auf eine Nitrat-Abbaureaktion durch Sulfidoxidation zu werten. Insgesamt reicht der Datenbestand jedoch nicht aus, um den Abbauprozess sicher zu belegen. Es kann allerdings eindeutig festgestellt werden, dass eine Nitratreduktion stattfindet.

### 3.1.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Wie im Fall der Wassergewinnungsanlage Kaldenkirchen / Grenzwald wurde auch in Breyell das zweite Stockwerk für die Wassergewinnung erschlossen. Hier wird seit 1997 eine Kooperation mit der Landwirtschaft betrieben, um die Stickstoffeinträge zu verringern. Diese schließt das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Lobberich mit ein.

### 3.1.3 Wassergewinnungsanlage Lobberich

Die vier Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Lobberich erschließen den Horizont 8 und damit das dritte lokale Grundwasserstockwerk. Während der Reuerton B (Horizont 11C) durchgängig innerhalb des Einzugsgebiets und darüber hinaus verbreitet ist, streicht der Reuerton C (Horizont 11E) am südlichen Rand der Schutzzone IIIB aus, deckt aber somit weite Teile des Einzugsgebiets ab.

#### 3.1.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Grundwasser im Horizont 8 ist bis heute mit fehlenden Nitratkonzentrationen und geringen Chlorid- und Sulfatwerten um 10 mg/l gänzlich frei von anthropogenen Einflüssen (Abbildung 12). Stoffeinträge aus den oberen Grundwasserleitern sind nicht erkennbar.

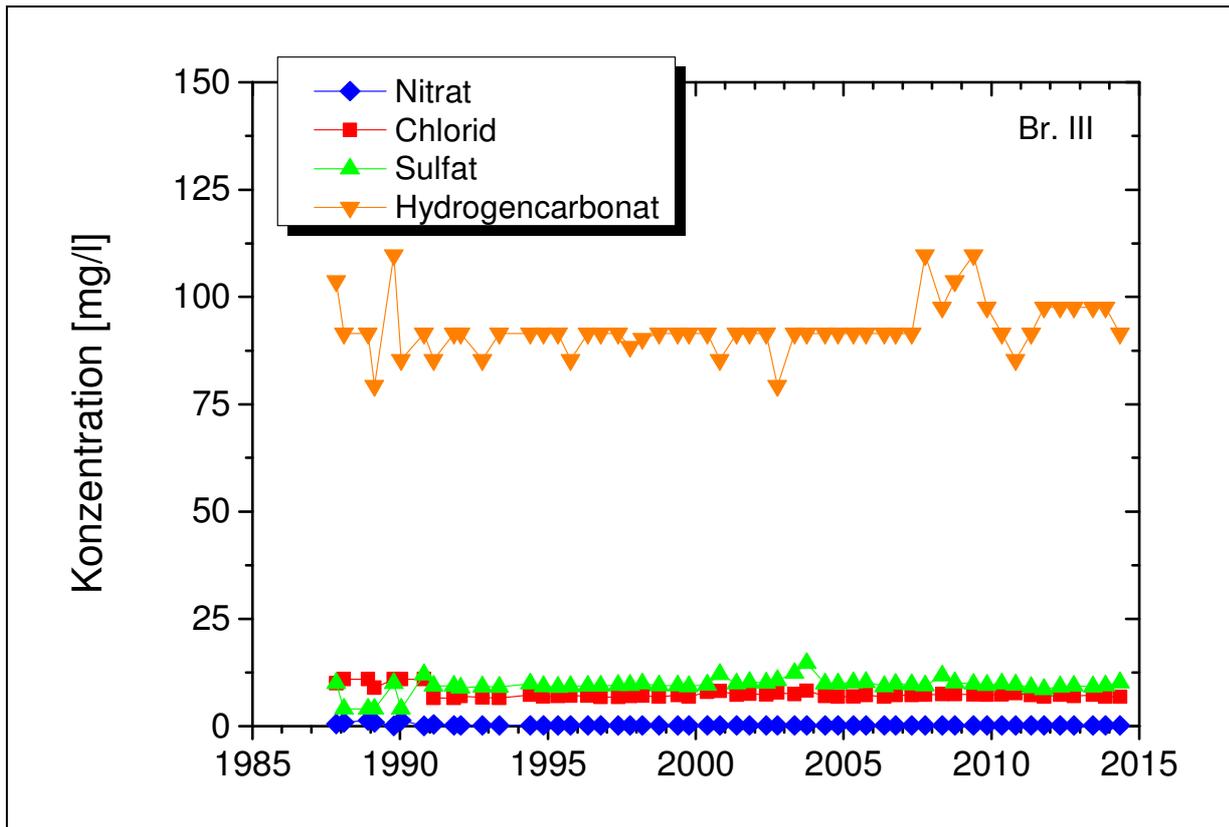


Abbildung 12: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen III der Wassergewinnungsanlage Lobberich.

### 3.1.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Als Mittelwert aus Daten von 10 im obersten Grundwasserstockwerk verfilterten Messstellen ergibt sich eine Nitratkonzentration von 130 mg/l bei Einzelwerten von bis zu 230 mg/l.

Die Proben der vier im Horizont 11D, d. h. dem zweiten Grundwasserstockwerk, verfilterten Messstellen innerhalb des Einzugsgebietes, zu denen Analysen vorliegen, enthalten im Mittel 89 mg/l Nitrat, wobei keiner der Einzelwerte unter 60 mg/l Nitrat liegt.

Innerhalb des Horizonts 8 weisen Proben aus acht von zehn Messstellen keine anthropogenen Einflüsse aus. Die übrigen beiden Messstellen sind im oberen Bereich der Hauptkies-Serie verfiltert und am Rand der Schutzzone gelegen. Hier sind beginnende Stoffeinträge aus den oberen höher mineralisierten Grundwasserleitern zu erkennen.

### 3.1.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für das landwirtschaftlich geprägte Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Lobberich weisen die Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich überwiegend Nitratkonzentrationen von mehr als 100 mg/l im Sickerwasser aus (Wendland et al. 2010). Lediglich am Südrand des Einzugsgebietes werden die Werte mit 75 bis 100 mg/l Nitrat im Sickerwasser geringfügig niedriger eingeschätzt.

### 3.1.3.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasser liegen keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen vor. Die Nitratmesswerte liegen in der Größenordnung der Eintragskonzentrationen. Außerdem zeigen die Konzentrationsverläufe von Nitrat, Chlorid und Sulfat eine vergleichbare Entwicklung. Da die genannten Stoffe unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser verlagert werden, ergibt sich ein Hinweis auf einen konservativen Transport, der nicht durch Nitrat-Abbaureaktionen überlagert wird.

Für den Horizont 11D, der als zweites Stockwerk anzusprechen ist, kann eine Denitrifikation ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die Nitratwerte sind nur geringfügig niedriger als im obersten Stockwerk, ohne dass sich Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen ergeben. Die Höhe der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen zeigt an, dass das oberflächennahe Grundwasser den Horizont 11D noch nicht in vollem Umfang erreicht hat. Die geringeren Nitratkonzentrationen kommen durch Verdünnungseffekte zustande.

Für den Förderhorizont 8 können mangels anthropogener Stoffeinträge aus der Grund- bzw. Rohwasserbeschaffenheit keine Rückschlüsse auf mögliche Abbaureaktionen gezogen werden. Erkenntnisse benachbarter Gewinnungsstandorte wie der Wassergewinnungsanlagen Breyell (Kapitel 3.1.2.4), Dülken (Kapitel 3.13.1.4) oder Amern (Kapitel 3.13.8.4) lassen allerdings ein Abbaupotenzial erwarten, das in Form von Pyriten im Grundwasserleiter vorliegt. Die Gesamtheit der Erkenntnisse zu den Nitrat-Abbauprozessen im nördlichen Teil des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands wird für den Horizont 8 in Kapitel 4.1.5 dargestellt und erläutert.

### 3.1.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Zur Verringerung der Stickstoffeinträge wird im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Lobberich seit 1997 eine Kooperation mit der Landwirtschaft betrieben, die das Einzugsgebiet der benachbarten Wassergewinnungsanlage Breyell räumlich mit einschließt.

## 3.2 Gemeindewerke Grefrath GmbH

Die Gemeindewerke Grefrath GmbH betreiben innerhalb des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands die Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen mit einem Wasserrecht von 1,0 Mio. m<sup>3</sup>/a. Das Wasser wird anschließend nach Grefrath geleitet und dort außerhalb des Tätigkeitsbereichs als Trinkwasser genutzt. Die Betriebsführung liegt bei der Kommunale Partner Wasser GmbH, zu der sich die Gemeindewerke Grefrath GmbH, die Stadtwerke Nettetal GmbH und die Stadtwerke Kempen GmbH zusammengeschlossen haben.

### 3.2.1 Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen

Die Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen verfügt über drei Vertikalfilterbrunnen, die im Horizont 10 verfiltert sind. Da beide Tone der Reuver-Serie (Horizonte 11E und 11C) im Einzugsgebiet durchgängig verbreitet sind, ist der Förderhorizont als drittes lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen.

### 3.2.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der drei Brunnen ist nitratfrei. Die zeitliche Entwicklung der wichtigsten Anionen wird exemplarisch für den Tiefbrunnen 1 in Abbildung 13 dargestellt. Die Gesamtm mineralisation der Wässer aus den beiden anderen Brunnen ist geringer.

### 3.2.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das oberste Grundwasserstockwerk liegen aktuelle Analysen von Proben aus neun Grundwassermessstellen vor, die eine mittlere Nitratkonzentration von 99 mg/l aufweisen und punktuell mehr als 130 mg/l erreichen.

Im Horizont 11D, der das zweite Grundwasserstockwerk aufbaut, weist der Datenbestand Analysen aus sechs Grundwassermessstellen auf. Der mittlere Nitratwert ist mit 26 mg/l deutlich geringer, wobei die Einzelwerte zwischen Null und 59 mg/l Nitrat betragen. Die beiden Messstellen mit erhöhten Nitratkonzentrationen liegen alle am Ostrand des Einzugsgebiets in unmittelbarer Nähe zum Viersener Sprung.

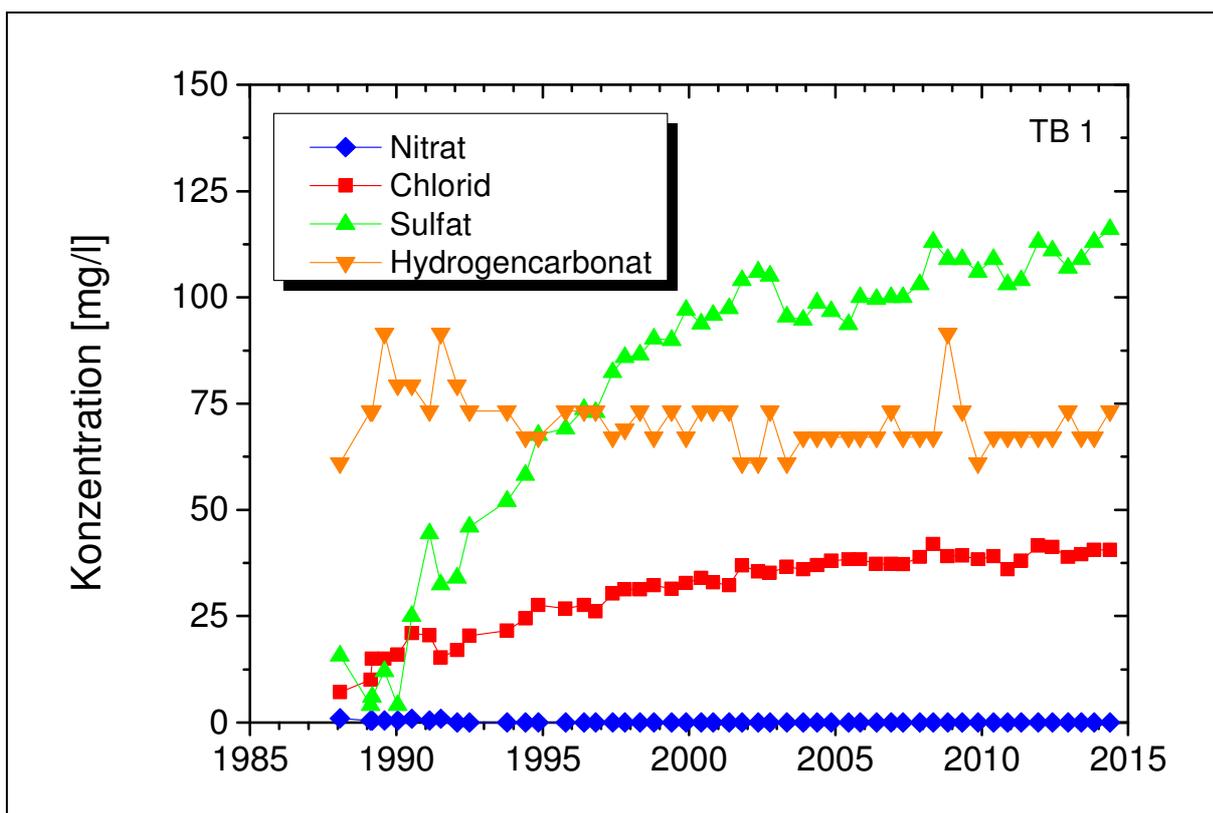


Abbildung 13: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Tiefbrunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen.

Im Förderhorizont 10 liegen für drei Messstellen aktuelle hydrochemische Befunde vor, die alle ein nitratfreies Grundwasser zeigen.

### 3.2.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen wird mit einem Flächenanteil von etwa 90 % überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Die übrigen Gebiete bestehen aus städtischen Flächen im nördlichen Randbereich Nettetals und in der Ortslage Hinsbeck. Zusammenhängende Waldgebiete fehlen. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Basis von Berechnungen mit einem Modellverbund Nitratkonzentrationen des Sickerwassers für die landwirtschaftlich genutzten Gebiete von mehr als 100 mg/l an, während unter Siedlungsgebieten Sickerwasserwerte zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat erwartet werden (Wendland et al. 2010).

### 3.2.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk findet mit großer Sicherheit keine Nitratreduktion statt. Die im Grundwasser gemessenen Nitratwerte entsprechen den Eintragskonzentrationen des Sickerwassers. Die gleichartige zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte weist auf einen konservativen Stofftransport im Grundwasserleiter hin, der nicht durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation überprägt wird. Hintergrund dieser Aussage ist die Tatsache, dass die genannten Stoffe unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in einem gleichbleibenden Konzentrationsverhältnis eingetragen werden.

Der Horizont 11D weist im Vergleich zum oberflächennahen Grundwasser insgesamt ein deutlich geringeres Niveau anthropogener Beeinflussung auf. Die niedrigeren Nitratkonzentrationen sind somit teilweise dadurch zu erklären, dass die von der landwirtschaftlichen Aktivität ausgehende Belastung das zweite Grundwasserstockwerk noch nicht in größerem Ausmaß erreicht hat. Allerdings treten in mehreren Messstellen nitratfreie Grundwasserproben auf, obwohl anhand erhöhter Chlorid- und Sulfatkonzentrationen eindeutig ein anthropogener Stoffeintrag zu erkennen ist. Da dieser zwingend auch mit einer Nitratzufuhr verbunden ist, können anhand der fehlenden Nitratwerte auf diese Weise Nitrat-Abbauvorgänge sicher nachgewiesen werden.

Hinweise auf die Art des Reduktionsprozesses ergeben sich anhand der molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisse in mehreren Messstellen. Im oberflächennahen Grundwasser liegt dieses Verhältnis oft bei Werten um 0,75 und stellt somit die Eintragungssituation dar. Eine Erhöhung ist innerhalb des Grundwasserleiters nur durch eine Sulfatfreisetzung zu erklären, weil Chlorid sich konservativ verhält und seine Konzentration nicht ändert. Die einzige Quelle für Schwefel sind Eisendisulfidminerale wie Pyrit, der durch das eingetragene Nitrat oxidiert werden kann. Das Nitrat wird bei dieser Reaktion abgebaut (chemolithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2). In den nitratfreien Messstellen liegt das molare Sulfat : Chlorid-Verhältnis bei Werten zwischen 0,85 und 1,30 und legt einen Nitrat-Abbau durch den beschriebenen Prozess nahe. In den nitratreichen Proben sind die Werte mit 0,69 bzw. 0,77 geringer. Allerdings treten die Nitrat-Abbaureaktionen nur in Teilen des Grundwasserleiters auf. Insbesondere am Westrand des Einzugsgebiets sind die Nitratkonzentrationen erhöht. Ob diese durch Fehlstellen im überlagernden Reuverton C (Horizont 11E) oder einen Zustrom über den Viersener Sprung von Osten zustande kommen, kann nicht sicher geklärt werden. Allerdings ist ein Übertritt über den Viersener Sprung wahrscheinlich.

Für den Förderhorizont 10 belegen die durchgängig nitratfreien Grundwässer in Kombination mit erhöhten Chlorid- und Sulfatwerten, die beispielsweise auch im Rohwasser des Tiefbrunnens 1 zu erkennen sind (Abbildung 13), dass eine Nitratreduktion stattfindet. Auch hier sind die molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisse mit Werten von 1,01 im Tiefbrunnen 1 und 1,47 in einer Grundwassermessstelle erhöht und legen einen Nitratabbau durch Sulfidminerale nahe (Kapitel 2.3.2). Hinweise auf eine Nitratreduktion durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) ergeben sich nicht.

### 3.2.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hinsbeck-Hombergen wird keine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation betrieben.

## 3.3 Stadtwerke Neuss GmbH

Von der Stadtwerke Neuss GmbH werden zwei Wassergewinnungsanlagen betrieben, die zusammen über ein Wasserrecht in Höhe von 12,75 Mio. m<sup>3</sup>/a verfügen:

- Broichhof 4,750 Mio. m<sup>3</sup>/a
- Rheinbogen 8,000 Mio. m<sup>3</sup>/a (Wasserrecht noch nicht beschieden, derzeit befristete wasserrechtliche Erlaubnis über 4,000 Mio. m<sup>3</sup>/a)

### 3.3.1 Wassergewinnungsanlage Broichhof

Die Wassergewinnungsanlage Broichhof betreibt sechs Förderbrunnen zur Trinkwassergewinnung im obersten Grundwasserleiter, der von der Älteren Niederterrasse des Rheins aufgebaut wird. Hinzu kommen sechs Förderbrunnen, deren Wasser einer Denitrifikationsanlage zugeführt wird und ein weiterer Brunnen, mit dessen Wasser die Enthärtungsanlage beschickt wird. In der Denitrifikationsanlage reduzieren Bakterien mittels Essigsäure als Nährstoff in oberirdischen Festbettreaktoren das im Grundwasser enthaltene Nitrat. Das aufbereitete Wasser wird anschließend über einen Sickergraben wieder in den Aquifer infiltriert. Die Anlage hat eine Kapazität von bis zu 1,3 Mio. m<sup>3</sup>/a, so dass rund ein Drittel der aktuellen Gesamtfördermenge, die 2014 etwa 3,2 Mio. m<sup>3</sup> betragen hat, aufbereitet werden kann.

#### 3.3.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Betrachtet man das Rohwasser der zur Trinkwassergewinnung genutzten Förderbrunnen (Brunnen 8 bis Brunnen 13), liegen die Nitratwerte des Rohmischwassers bei etwa 40 mg/l. Insbesondere die Nitratkonzentrationen dieses Wassers sind allerdings durch vorgeschaltete Denitrifikation und erneute Infiltration geprägt. In den sechs Förderbrunnen, deren Wasser der Denitrifikationsanlage zufließt (Brunnen 21 bis Brunnen 26), liegen die Nitratwerte deutlich höher. Einen exemplarischen Vergleich der Nitratkonzentrationen vor Denitrifikation (Brunnen 25) mit dem Rohwasser eines Trinkwasserförderbrunnens (Brunnen 10) nach Infiltration eines denitrifizierten Teilstroms zeigt Abbildung 14.

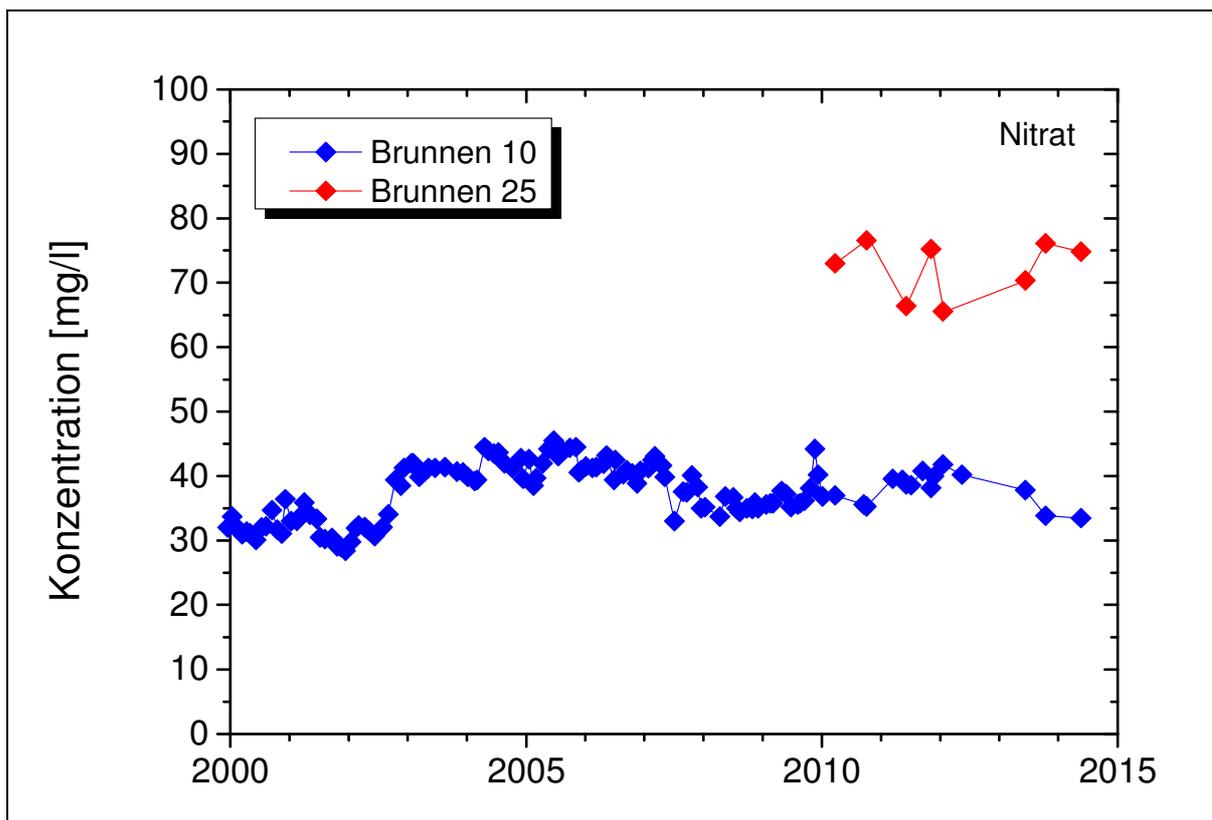


Abbildung 14: Vergleich der Nitratkonzentrationen des Brunnens 25 der Wassergewinnungsanlage Broichhof ohne Beeinflussung durch die Denitrifikation (eingeschränkter Datensatz 2010 bis 2012) und mit denen des Brunnens 10, der anteilig denitrifiziertes Wasser fördert.

### 3.3.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des Einzugsgebietes liegen 11 Grundwassermessstellen, die im obersten Stockwerk verfiltert sind. Die mittlere Nitratkonzentration beträgt 74 mg/l, was der Größenordnung der Nitratwerte des Rohwassers vor Denitrifikation entspricht (Abbildung 14).

### 3.3.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

In dem überwiegend landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Broichhof liegen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers gemäß Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich mit wenigen Ausnahmen in einer Spanne zwischen 50 und 75 mg/l (Wendland et al. 2010).

### 3.3.1.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Aus den Daten der Vorfeldmessstellen ergeben sich keine Hinweise auf Nitratbaureaktionen, was für die vorherrschenden Sedimente der Mittelterrasse des Rheins typisch ist. Analysen einer nordwestlich der Brunnengalerien gelegenen Multilevel-Messstelle ermöglichen allerdings den Nachweis von Denitrifikationsprozessen.

Untersuchungen der Stadtwerke Neuss GmbH zeigen, dass das Grundwasser an der Basis des Grundwasserleiters maximal 35 Jahre alt ist. Somit sind in dem überwiegend landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet über die gesamte wassererfüllte Mächtigkeit erhöhte Stoffkonzentrationen z. B. an Nitrat, Chlorid und Sulfat zu erwarten. Diese Substanzen werden oft in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen eingetragen. Während sich das erwartete einheitliche Tiefenprofil für Chlorid und Sulfat bestätigt, zeigt die Nitrat-Tiefenverteilung ein abweichendes Bild (Abbildung 15). Der mit der Tiefe zu beobachtende Rückgang der Nitratwerte ausgehend von über 100 mg/l im obersten Filterelement bis hin zu fehlenden Nitratnachweisen in den beiden tiefsten Filterelementen belegt die im Grundwasserleiter stattfindenden Nitratbauprozesse.

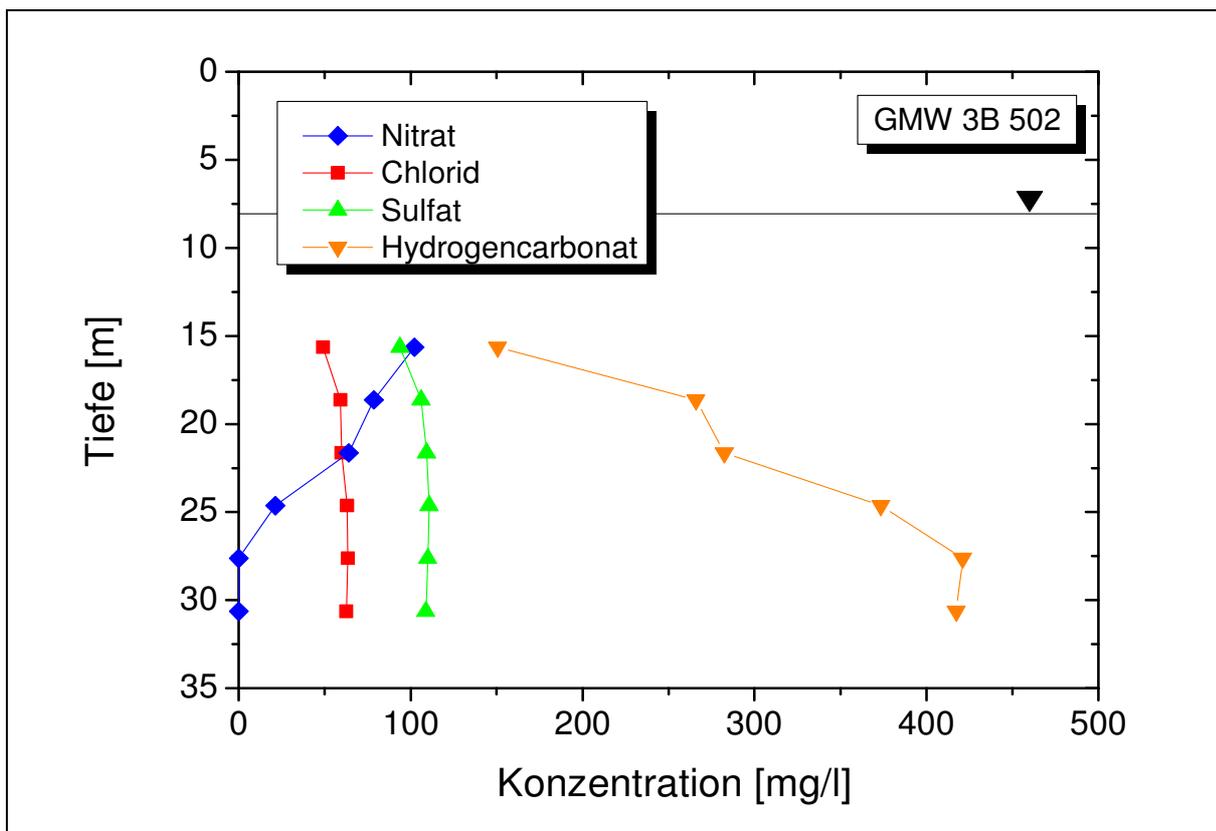


Abbildung 15: Tiefenverteilung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in einer Multilevel-Messstelle im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Broichhof.

Da die Sulfatwerte keinen Anstieg mit der Tiefe vollziehen, kann eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. eine Reduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) ausgeschlossen werden. Beim Abbau von mehr als 100 mg/l Nitrat hätten die Sulfatwerte ansonsten um etwa 100 mg/l zunehmen müssen. Allerdings steigen die Hydrogencarbonatwerte deutlich an (Abbildung 15), ohne dass sich die pH-Werte nennenswert verändern. Daraus ist eine Mobilisation von anorganischem Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid bzw. Hydrogencarbonat abzuleiten, was auf einen Nitratabbau durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) schließen lässt.

Diese Schlussfolgerung kann durch hydrogeochemische Modellrechnungen überprüft werden. Hierzu wird vereinfachend davon ausgegangen, dass ursprünglich in jeder Tiefe eine Nitratkonzentration von 102 mg/l im Grundwasser enthalten war, die derzeit im obersten Filterelement gemessen wird und dass die derzeitige Nitrat-Tiefenverteilung ausschließlich das Ergebnis der chemo-organotrophen Denitrifikation ist. Berechnet man unter dieser Voraussetzung die zu erwartende Tiefenverteilung der Konzentrationen des anorganischen Kohlenstoffes und stellt diese den Messwerten gegenüber, ergibt sich das in Abbildung 16 dargestellte Bild. Die Einheit des anorganischen Kohlenstoffes hat gegenüber dem Hydrogencarbonat den Vorteil, dass die Konzentrationen nicht durch Schwankungen der pH-Werte beeinflusst werden.

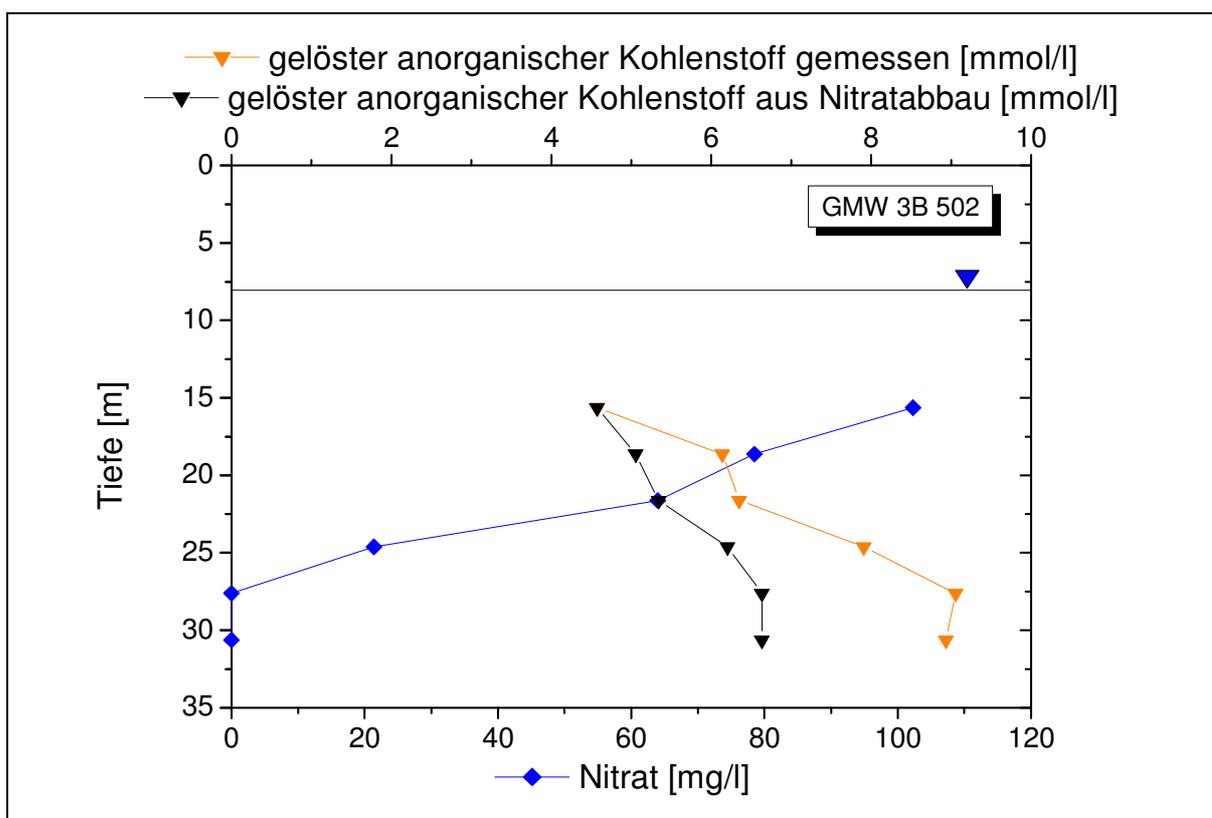


Abbildung 16: Vergleich der gemessenen und anhand hydrogeochemischer Berechnungen ermittelten Tiefenverteilung des anorganischen Kohlenstoffes in einer Multilevel-Messstelle im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Broichhof.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die gemessenen und berechneten Werte in einer vergleichbaren Größenordnung liegen und dass ein Großteil des Anstiegs der Kohlenstoff- bzw. Hydrogencarbonatkonzentrationen durch die Denitrifikation unter Abbau organischer Substanz erklärt werden kann. Gleichzeitig ergibt sich durch den Nitratabbau eine Redoxgrenze innerhalb des Grundwasserleiters. Unter den nitratfreien Bedingungen an der Basis des Aquifers geben die erhöhten Eisenkonzentrationen einen Hinweis auf reduzierende Bedingungen (Abbildung 17).

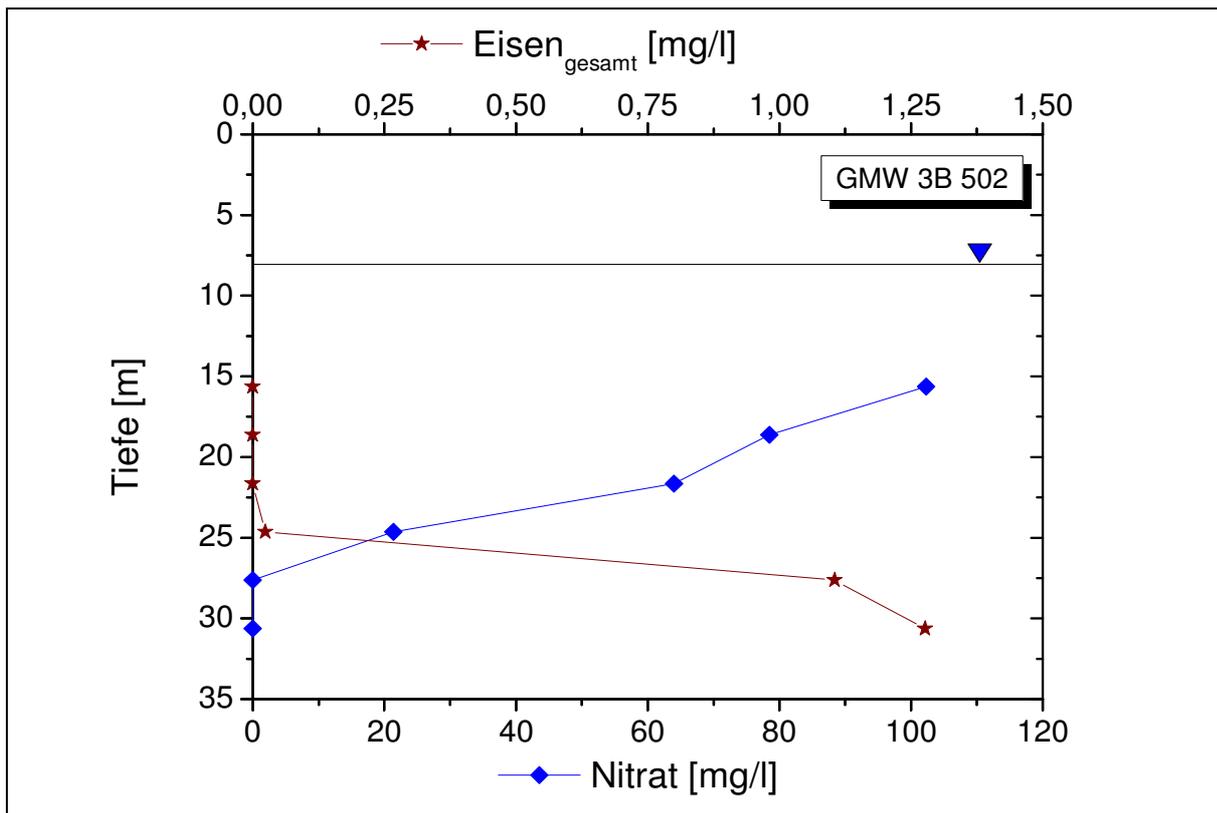


Abbildung 17: Tiefenspezifische Verteilung der Nitrat- und Eisenkonzentrationen in einer Multilevel-Messstelle im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Broichhof.

Ob das Auftreten des Nitratabbaupotenzials und der Denitrifikationsreaktion an die Verbreitung der Niederterrasse gebunden ist, kann nur vermutet werden, wäre aber aufgrund eines unterschiedlichen Liefergebietes der Sedimente eine mögliche Erklärung für das lokale Auftreten der Abbaureaktion. Unterschiede in der Sedimentzusammensetzung könnten somit das Fehlen bzw. Vorhandensein der Abbaupotenzial erklären. Für den Gewinnungsstandort insgesamt ist das Abbaupotenzial nur von untergeordneter Bedeutung, weil es räumlich beschränkt ist und die hohen Nitratwerte im Rohwasser nicht verhindern kann.

### 3.3.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Rahmen einer Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft wird seit 1993 auch im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Broichhof die Minderung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser angestrebt. Zur Verringerung der Nitratkonzentrationen wird eine Denitrifikationsanlage betrieben, in der ein in gesonderten Brunnen geförderter Teilstrom des Wassers denitrifiziert und anschließend im Vorfeld der Trinkwasserbrunnen wieder versickert wird (Kapitel 3.3.1).

### 3.3.2 Wassergewinnungsanlage Rheinbogen

Die Wassergewinnungsanlage Rheinbogen betreibt einen Horizontalfilterbrunnen in unmittelbarer Rheinnähe, der überwiegend Rhein-Uferfiltrat aus den Kiesen der Niederterrasse

fördert. Ein Vertikalfilterbrunnen, der ebenfalls mehrheitlich Uferfiltrat fördern soll, befindet sich in Planung.

### 3.3.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser des Horizontalfilterbrunnens haben sich die Nitratkonzentrationen seit Beginn der 1990er Jahre von etwa 35 mg/l auf unter 25 mg/l verringert (Abbildung 18). Hierbei ist allerdings zu beachten, dass der Uferfiltratanteil etwa 75 % beträgt, d. h. die Einflüsse des landseitig zuströmenden Grundwassers im Vergleich zur Rheinwasserbeschaffenheit den kleineren Einflussfaktor darstellen.

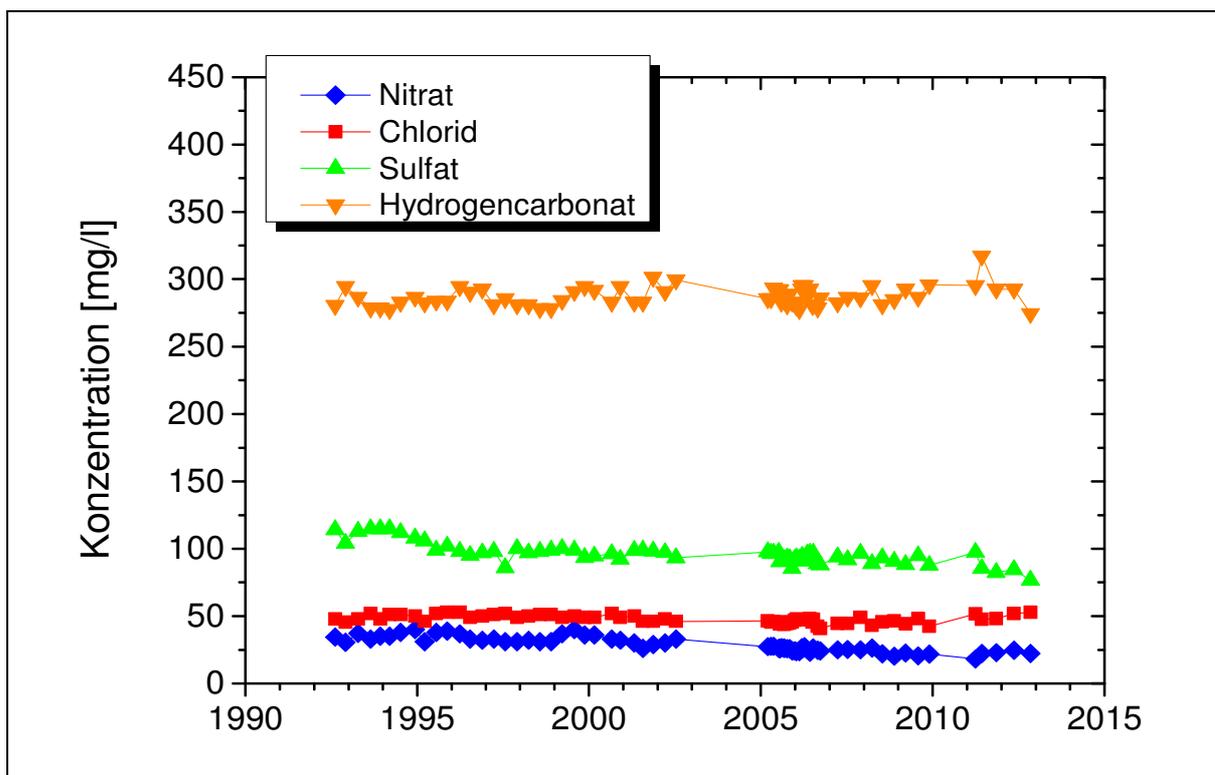


Abbildung 18: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Horizontalfilterbrunnen der Wassergewinnungsanlage Rheinbogen.

### 3.3.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des Einzugsgebietes liegen drei Grundwassermessstellen, die im obersten Grundwasserstockwerk verfiltert sind und zu denen hydrochemische Datenreihen vorliegen. Aus den Analysen ergibt sich eine mittlere Nitratkonzentration von etwa 15 mg/l. Angesichts mittlerer Nitratwerte des Rheinwassers zwischen 10 und 12 mg/l erscheint das Konzentrationsniveau des landseitigen Grundwassers recht niedrig, wenn man die Rohwasserwerte um 25 mg/l Nitrat als Vergleich heranzieht. Dieser Widerspruch – die im Vergleich zum Rheinwasser höheren Werte des Rohwassers können nur über einen landseitigen Zustrom erfolgen – kann aber mit der kleinen Datenbasis zusammenhängen. Vereinzelt werden im Vorfeld Nitratwerte bis zu 34 mg/l gemessen.

### 3.3.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Rheinbogen weisen die Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich für das Sickerwasser Nitratkonzentrationen zwischen 10 und 75 mg/l aus (Wendland et al. 2010). Im Bereich der Neusser Stadtteile Norf und Derikum, die etwa 30 % der Fläche des landseitigen Einzugsgebiets ausmachen, liegen die Nitratwerte zwischen 10 und 25 mg/l. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen betragen die Werte 50 bis 75 mg/l Nitrat. Im Mittel sind somit Nitratkonzentrationen des Sickerwassers in der Größenordnung zwischen 30 und 40 mg/l zu erwarten.

### 3.3.2.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Aus den Daten der Vorfeldmessstellen ergeben sich eindeutige Hinweise darauf, dass eine Nitratreduktion stattfindet. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen werden Chlorid und Nitrat oft in ähnlichen Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen (Abbildung 10 in Kapitel 3.1.1.4). Für die landwirtschaftlich geprägten Messstellen bedeutet dies, dass bei Chloridwerten zwischen 50 und 100 mg/l ohne Abbaureaktionen auch erhöhte Nitratkonzentrationen über 50 mg/l zu erwarten wären. Da diese jedoch im Mittel unter 20 mg/l liegen und vereinzelt sogar weniger als 10 mg/l betragen, ist von Nitrat-Abbauvorgängen auszugehen.

Aus den Grundwasseranalysen ergeben sich keine eindeutigen Hinweise auf die Art des Abbauprozesses. In den vorliegenden Datenreihen sind weder Sulfat noch Kohlendioxidspezies als Reaktionsprodukte auszuschließen, d. h. es sind sowohl eine Denitrifikation durch Reduktion von organischer Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) als auch von Sulfidmineralen (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) denkbar.

### 3.3.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Rheinbogen wird seit 1997 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um die Nitrateinträge in das Grundwasser zu verringern. Die Kooperation schließt auch die Wassergewinnungsanlagen Mühlenbusch, Allerheiligen und Rosellen der Kreiswerke Grevenbroich GmbH ein.

## 3.4 Niederrheinisch-bergisches Gemeinschaftswasserwerk GmbH

Die Niederrheinisch-bergische Gemeinschaftswasserwerk GmbH betreibt im Tätigkeitsbereich des Erftverbands die Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind mit einem Wasserrecht in Höhe von 65 Mio. m<sup>3</sup>/a. An der Gesellschaft sind zu jeweils 50 % die Stadtwerke Düsseldorf AG und die Wuppertaler Stadtwerke GmbH beteiligt.

### 3.4.1 Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind

Die Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind betreibt sieben Brunnen zur Trinkwassergewinnung im obersten Grundwasserleiter, der von der Niederterrasse des Rheins aufgebaut

wird. Bei dem geförderten Wasser handelt es sich mit Ausnahme von einer der sieben Pumpstationen überwiegend um Uferfiltrat des Rheins. Das Wasser wird über eine Rohrleitung unter dem Rhein hindurchgepumpt und rechtsrheinisch in den Versorgungsgebieten der beiden Gesellschafter als Trinkwasser genutzt.

### 3.4.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser aus sechs der sieben Pumpstationen besteht nach Angaben der Stadtwerke Düsseldorf AG zu Anteilen zwischen 85 % und 94 % aus Uferfiltrat, so dass die Nitratkonzentrationen annähernd denen des Rheinwassers entsprechen. Im Jahr 2013 betragen die Werte hier zwischen 8 und 17 mg/l Nitrat. Im Pumpwerk 5, die als einzige einen erhöhten landseitigen Grundwasserzustrom mit etwa 70 % Mengenanteil erfährt, betragen die Nitratkonzentrationen aktuell etwa 32 mg/l, wie die Abbildung 19 zeigt.

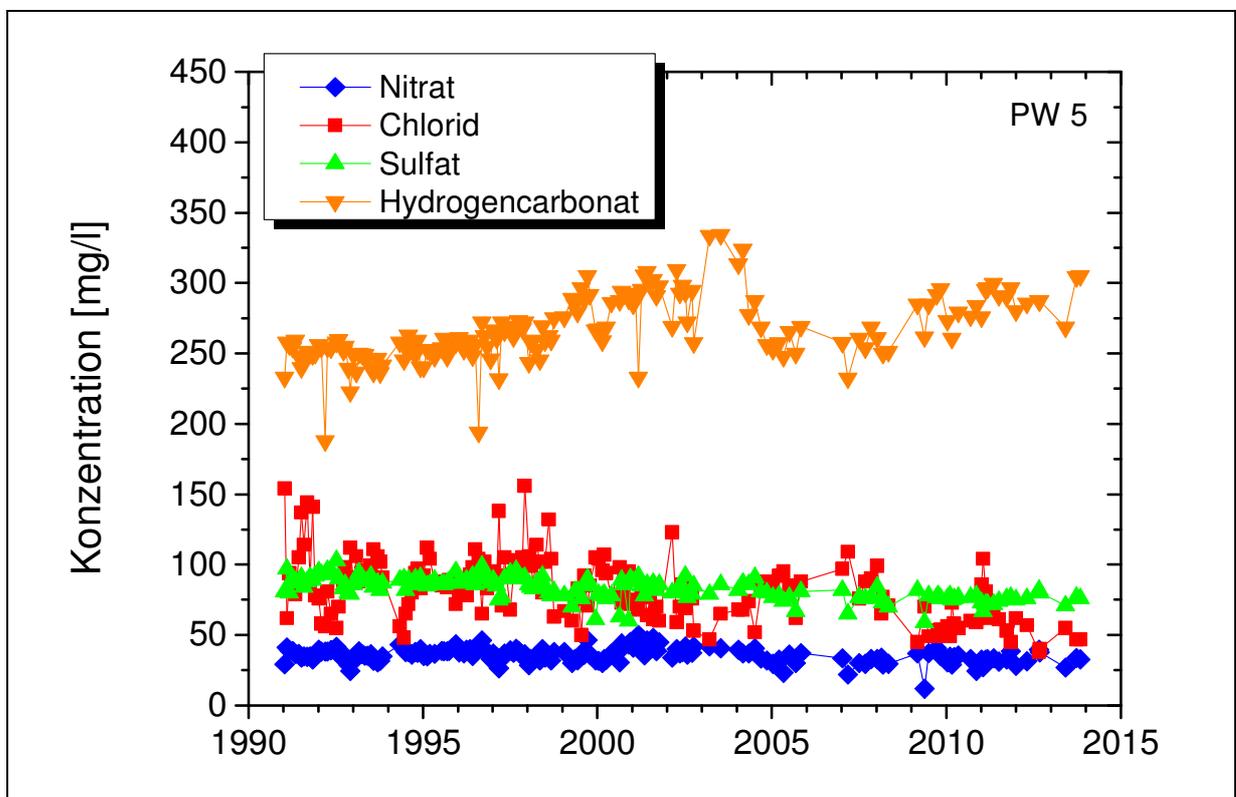


Abbildung 19: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Pumpwerk 5 der Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind.

### 3.4.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind wurden im Jahr 2011 durch die Stadtwerke Düsseldorf AG 53 im quartären Grundwasserleiter verfilterte Messstellen beprobt, so dass eine sehr gute Datenbasis für die Interpretation der räumlichen Verteilung der Nitratwerte besteht. Für neun dieser Messstellen liegen Zeitreihen aus dem Datenbestand des Ertfverbands vor, die den Datenbestand ergänzen.

Das landseitige Grundwasser wird durch insgesamt 42 Grundwassermessstellen repräsentiert, von denen neun im Abstrom von Abgrabungsseen liegen und insofern gesondert zu betrachten sind. Diese neun Messstellen zeigen niedrige Nitratkonzentrationen im einstelligen Bereich, während die übrigen 33 Messstellen eine mittlere Nitratkonzentration von 51 mg/l erkennen lassen. Punktuell treten Maximalwerte bis zu 127 mg/l Nitrat auf. Die auf der Halbinsel Grind gelegenen 11 Grundwassermessstellen zeigen Nitratkonzentrationen zwischen Null und 27 mg/l.

#### 3.4.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind dominiert die landwirtschaftliche Flächennutzung mit einem Anteil von etwa 55 %, während etwa 25 % einer städtischen Nutzung zuzuordnen sind. Weitere nennenswerte Nutzungsarten sind Waldgebiete und Auskiesungsseen.

Das Forschungszentrum Jülich gibt für die landwirtschaftlichen Nutzflächen anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). Im Bereich der Siedlungsflächen betragen die Nitratreintragswerte demnach 25 bis 50 mg/l, während Waldgebiete mit Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l nicht nennenswert zur Nitratbelastung des Grundwassers beitragen.

#### 3.4.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbaureaktionen

Das landseitig zuströmende Grundwasser zeigt überwiegend keine Anzeichen einer Beeinflussung durch Denitrifikationsprozesse. Die Sickerwasserwerte entsprechen den Konzentrationen des Grundwassers und deuten auf einen konservativen Transport des Nitrats im Grundwasserleiter hin. Außerdem verhalten sich die Nitrat-, Chlorid- und Sulfationen zeitlich ähnlich. Da diese Stoffe unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, weist die beobachtete Entwicklung auf einen konservativen Transport ohne Überprägung durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation hin.

Von diesem in weiten Teilen des Einzugsgebiets beobachteten Zusammenhang treten in drei Fällen Abweichungen auf. Erstens sind hier die Auskiesungsseen zu nennen, die im Einzugsgebiet einen Flächenanteil von etwa 7 % einnehmen. Im Abstrom der Seen sind die Nitratwerte aufgrund von Denitrifikationsprozessen deutlich verringert und liegen im einstelligen Konzentrationsbereich, während konservative Ionen wie das Chlorid keine Änderungen erfahren. Insbesondere in den Uferbereichen der Seen steht organischer Kohlenstoff für Reaktionen zur Verfügung, so dass von einer chemo-organotrophen Denitrifikation (Nitrat-abbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) auszugehen ist. Allerdings stammt die organische Materie nicht aus dem Grundwasserleiter, sondern aus den Pflanzen am und im See.

Nitratreduzierende Bedingungen finden sich außerdem zweitens lokal begrenzt am äußersten Westrand der Schutzzone im Verbreitungsgebiet der dortigen Gley- und Niedermoorbö-

den an der Norf. Diese Böden weisen erhöhte Gehalte frischer organischer Substanz auf, die in der ungesättigten Zone als Denitrifikationspotenzial wirkt.

Drittens liegen im Bereich der Halbinsel Grind Hinweise auf Nitratreduktionsvorgänge vor. Aufgrund des Uferfiltratzustroms sind die Nitratkonzentrationen hier gering und übersteigen Werte von 10 mg/l nur knapp (Kapitel 3.4.1.1). Allerdings treten in diesem Bereich auch nitratfreie Grundwässer auf, ohne dass der Uferfiltrateinfluss hierfür ursächlich sein kann. Auch die in diesem Bereich beobachteten Tiefengrundwasseraufstiege scheiden aufgrund ihrer besonderen hydrochemischen Signatur als Ursache für die niedrigen Nitratwerte aus. Da die sonstigen Parameter der Grundwasseranalysen einen anthropogenen Einfluss belegen und die vorherrschende Nutzung im Zustrom landwirtschaftlich geprägt ist, können nitratfreie Proben nur durch Nitratabbauvorgänge erklärt werden. Die Art des Abbauprozesses lässt sich zwar hydrochemisch nicht belegen, aber auch hier ist eine chemo-organotrophe Denitrifikation wahrscheinlich.

Die betrachteten Denitrifikationsprozesse sind innerhalb des Einzugsgebiets lokal begrenzt und nicht auf die übrigen Teilgebiete übertragbar. Für die Gesamtheit des Einzugsgebiets ist nicht von einem nennenswerten Nitratabbauopotenzial auszugehen.

#### 3.4.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Auf dem Grind wird seit 1994 im Rahmen einer Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. an einer Verringerung der Nitrateinträge in das Grundwasser gearbeitet.

### 3.5 Verbandswasserwerk Gangelt GmbH

Die Verbandswasserwerk Gangelt GmbH betreibt die Wassergewinnungsanlage Niederbusch, die über ein Wasserrecht in Höhe von 4,500 Mio. m<sup>3</sup>/a verfügt.

#### 3.5.1 Wassergewinnungsanlage Niederbusch

Die Wassergewinnungsanlage Niederbusch verfügt über sieben Förderbrunnen, die alle die Hauptkies-Serie (Horizont 8 nach Schneider & Thiele 1965) erschließen. Ein achter Brunnen befindet sich derzeit im Bau. Die Brunnen sind in einer Galerie angeordnet, deren Ost-West-Erstreckung etwa drei Kilometer beträgt. Der Förderhorizont stellt das lokale zweite Grundwasserstockwerk dar, wobei der überlagernde Untere Rotton (Horizont 9A) im Einzugsgebiet überwiegend fehlt und nur im Bereich der Fassungsanlagen und in deren Abstrom verbreitet ist. Aus hydraulischer Sicht besitzt der Tonhorizont als Stockwerkstrenner mit Schutzfunktion vor Stoffeinträgen nahezu keine Bedeutung.

Die Wassergewinnungsanlage Niederbusch ist durch Grundwasserabsenkungen im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau betroffen. Die sumpfungsbedingten Absenkungen durch den Tagebau Inden betragen etwa 10 Meter, wodurch die Tiefenverlagerung von Stoffen beschleunigt wird, die mit dem neugebildeten Grundwasser eingetragen werden.

### 3.5.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser der Förderbrunnen sind im Zentrum der Brunnengalerie überwiegend kontinuierlich leicht steigende Nitratkonzentrationen zu beobachten (Abbildung 20), die ein maximales Niveau um 35 mg/l erreicht haben. In den randlich gelegenen Brunnen sind die Konzentrationen in den Brunnen VI und VII mit 5 bzw. 15 mg/l niedriger. Im Brunnen III Reserve sind insbesondere in den 1990er Jahren vereinzelt Spitzenwerte über 50 mg/l Nitrat aufgetreten, die mit erhöhten Chlorid- und Sulfatwerten einhergingen, seit 2006 aber nicht mehr aufgefallen sind.

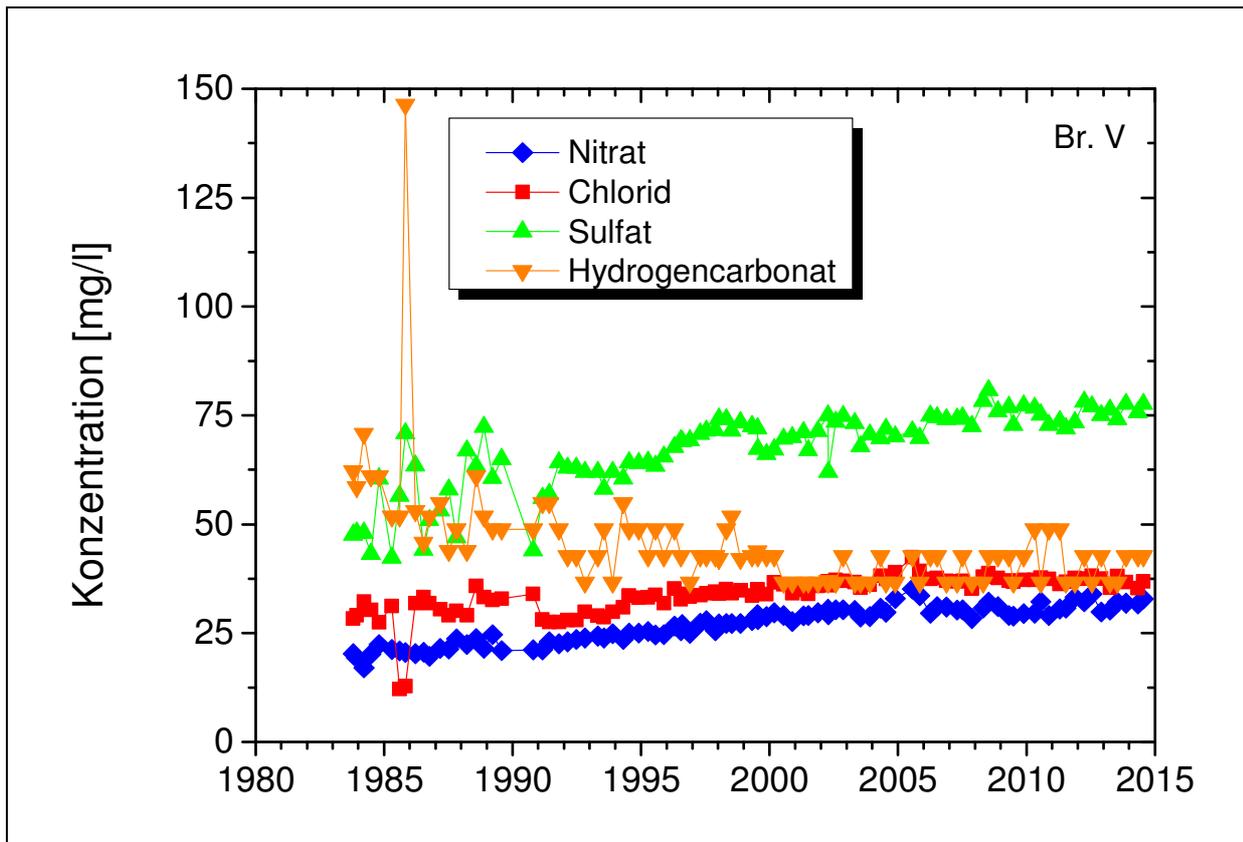


Abbildung 20: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen V der Wassergewinnungsanlage Niederbusch.

### 3.5.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des Einzugsgebietes liegen insgesamt 19 Grundwassermessstellen mit Filterpositionen innerhalb des Horizonts 8 oder höher, wobei die Hauptkies-Serie in der überwiegenden Zahl der Fälle Teil des obersten Grundwasserstockwerks ist. Die mittleren Nitratkonzentrationen betragen 27 mg/l, was den mittleren Rohwasserkonzentrationen sehr nahe kommt.

### 3.5.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Hinsichtlich der Nitratkonzentrationen des Sickerwassers ergibt sich eine heterogene Verteilung innerhalb des Einzugsgebietes. In den Waldgebieten der Teverener Heide und im Bereich des NATO-Flugplatzes Geilenkirchen liegen die Konzentrationen im Sickerwasser zwi-

schen 10 und 50 mg/l Nitrat (Wendland et al. 2010). Im landwirtschaftlich dominierten Teil betragen die Konzentrationen 50 bis 100 mg/l Nitrat. Insgesamt ist im neugebildeten Grundwasser von Konzentrationen unter 50 mg/l Nitrat auszugehen.

#### 3.5.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Die Analysen der Rohwasser- wie auch der Grundwasserproben zeigen mehrheitlich ein fehlendes Nitrat-abbauvermögen des Grundwasserleiters an. Bei der Betrachtung der Rohwasserproben fällt auf, dass neben Nitrat auch Chlorid und Sulfat einen gleichmäßig leicht steigenden Trend aufweisen (Abbildung 20). Die nur schwach zunehmenden Sulfatwerte weisen in Verbindung mit dem eher niedrigen Konzentrationsniveau zwischen 60 und 100 mg/l darauf hin, dass keine Sulfatfreisetzung infolge eines Nitrat-abbauereprozesses durch Oxidation von Sulfidmineralen - chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2 - stattfindet. Da die Hydrogencarbonatwerte ebensowenig ansteigen, ergeben sich auch keine Hinweise auf einen nennenswerten Nitrat-abbau durch Oxidation von organischer Materie, d. h. eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.1). Lediglich im Rohwasser der Brunnen VI und VII stellt sich die Situation anders dar. Hier sind Nitrat-abbauereaktionen sicher nachzuweisen, weil das anhand der Chlorid- und Sulfatwerte abzulesende Ausmaß des anthropogenen Einflusses mit einem Eintrag höherer Nitratkonzentrationen einhergeht. Das in Relation zu den Chloridkonzentrationen erhöhte Sulfatniveau deutet auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitrat-abbau durch reduzierte Schwefelverbindungen im Grundwasserleiter hin (vgl. Kap. 2.3.2).

Die Analysen der Proben aus den Grundwassermessstellen weisen nicht auf Nitrat-abbauereaktionen hin. In einer Vierfachmessstelle, deren Filter sich alle innerhalb der Terrasse bzw. der Hauptkies-Serie befinden, zeigt sich über die Tiefe ein paralleler Verlauf zwischen Nitrat und Chlorid (Abbildung 21), was auf einen konservativen Transport des Nitrats hindeutet. Die niedrigen Konzentrationen im Bereich des oberflächennahen Grundwassers sind durch die Lage innerhalb eines Waldgebietes bedingt, d. h. hier wird wenig Stickstoff in das Grundwasser eingetragen. Die tieferen Filter erhalten einen Zustrom aus zunehmend landwirtschaftlich geprägten Bereichen des Einzugsgebietes. Weder die Sulfat- noch die Hydrogencarbonatkonzentrationen geben hinsichtlich der Höhe der Werte bzw. der Verteilung über die Tiefe einen Hinweis auf Nitrat-abbauereaktionen.

#### 3.5.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Durch eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft wird seit 1996 im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Niederbusch an einer Minderung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser gearbeitet. Hier ist den in den letzten Jahren vermehrt das Problem des Gülleimports aus den Niederlanden aufgetreten.

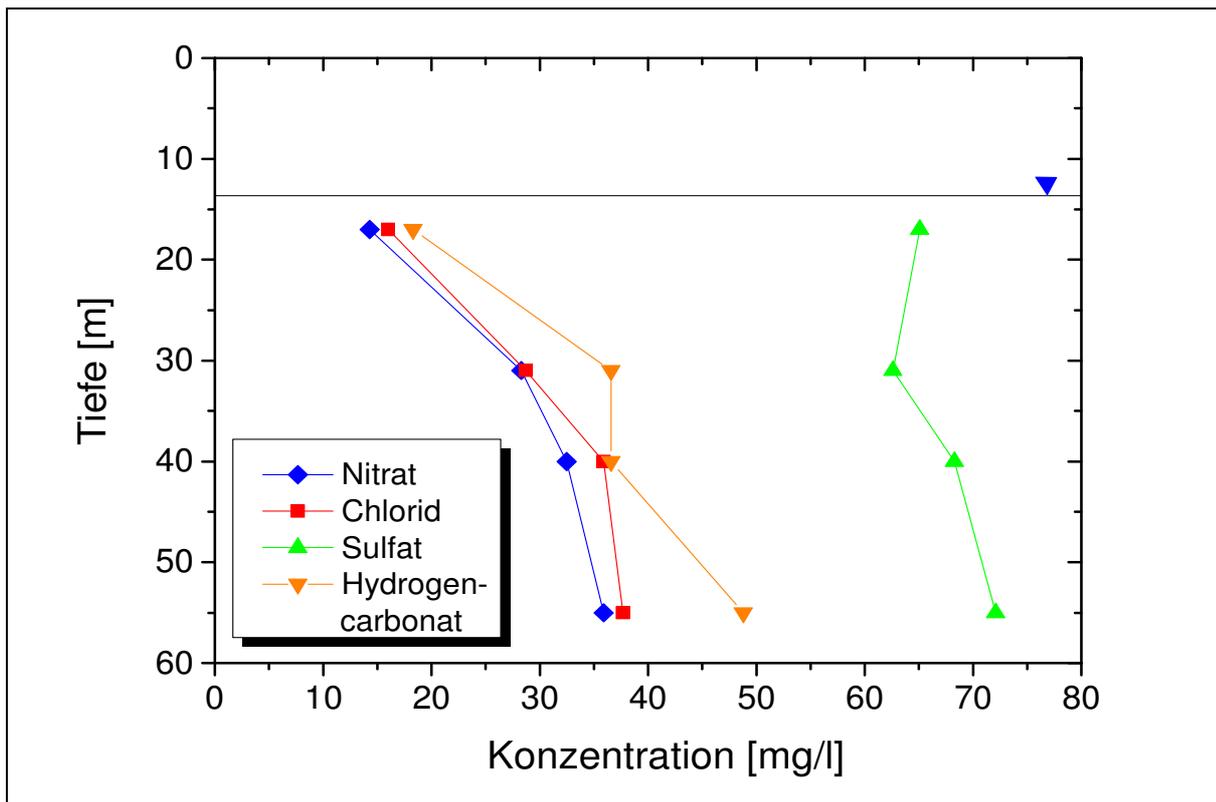


Abbildung 21: Tiefenspezifische Verteilung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogen-carbonatkonzentrationen in der Messstelle 96772 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Niederbusch.

### 3.6 Wasserbeschaffungsverband Wesseling-Hersel

Der Wasserbeschaffungsverband Wesseling-Hersel betreibt die Wassergewinnungsanlage Urfeld, deren Wasserrecht sich auf 4,800 Mio. m<sup>3</sup>/a beläuft.

#### 3.6.1 Wassergewinnungsanlage Urfeld

Die Wassergewinnungsanlage Urfeld verfügt über sechs Förderbrunnen, die sich auf vier Fassungsanlagen verteilen, d. h. in zwei Fällen haben jeweils zwei Brunnen eine gemeinsame Brunnenstube. Die Brunnen erschließen die Sedimente der Rhein-Niederterrasse und damit das erste Grundwasserstockwerk. Die Wassergewinnungsanlage betreibt einen weiteren Brunnen in Rheinnähe, aus dem bis zu 3,500 Mio. m<sup>3</sup>/a Uferfiltrat gewonnen werden dürfen. Dieses Wasser wird über vier Sickerbrunnen im Vorfeld der Förderbrunnen in den Aquifer eingespeist, um auf diese Weise die hohen Nitratkonzentrationen zu senken.

##### 3.6.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Die Rohwasserbeschaffenheit der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Urfeld einschließlich der Nitratkonzentrationen sind durch starke Schwankungen gekennzeichnet, exemplarisch dargestellt anhand der Entwicklung im Brunnen 6 in der Fassungsanlage IV (Abbildung 22). Die mit etwa 1.000 m geringe Entfernung der Brunnen zum Rheinufer bedingt wech-

selnde Uferfiltratanteile des Rohwassers zwischen 30 und 70 %. Punktuell wurden mit maximal 63 mg/l mehrfach Nitratwerte oberhalb des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung gemessen (Abbildung 22). Die seit 2004 in Betrieb befindlichen vier Infiltrationsbrunnen im Vorfeld der Förderbrunnen versickerten in den vergangenen Jahren meist etwa 1,2 Mio. m<sup>3</sup>/a, was rund 30 % der Gesamtfördermenge der Förderbrunnen entspricht. Das Wasser aus dem Uferfiltratbrunnen weist Nitratkonzentrationen zwischen 12 und 16 mg/l auf, was näherungsweise den Nitratkonzentrationen des Rheinwassers entspricht, die zwischen 10 und 12 mg/l liegen. Seit Inbetriebnahme der Versickerungsbrunnen wurde der Nitrat-Grenzwert von 50 mg/l kontinuierlich eingehalten.

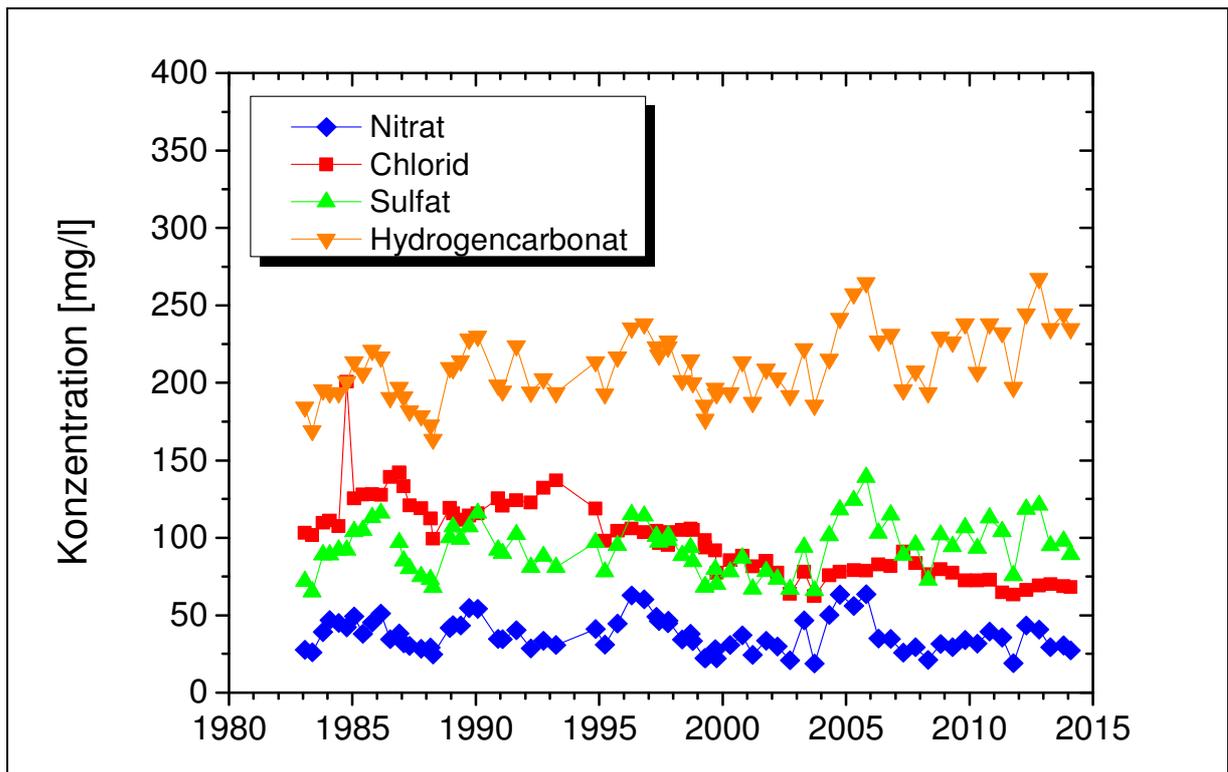


Abbildung 22: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 6 (Fassungsanlage IV) der Wassergewinnungsanlage Urfeld.

### 3.6.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des Einzugsgebietes liegen aktuelle Analysen zu insgesamt 15 Grundwassermessstellen vor, die im obersten Grundwasserleiter verfiltert sind. Zwei Messstellen sind in Rheinnähe gelegen und zeigen infolge des Oberflächenwassereinflusses niedrige Nitratwerte um 30 mg/l. Im gleichen Konzentrationsbereich liegen die Analysen dreier weiterer Messstellen, die aus städtischen Gebieten angeströmt werden. Die Proben aus den neun landwirtschaftlich geprägten Messstellen zeigen deutlich höhere Nitratwerte. Die Konzentrationen liegen ausnahmslos über 100 mg/l bei Spitzenwerten von mehr als 200 mg/l und einer mittleren Konzentration von 134 mg/l Nitrat. Das Konzentrationsniveau entspricht dem Kenntnisstand aus den Auswertungen im Zusammenhang mit dem Monitoring für die EG-Wasserrahmenrichtlinie (Kapitel 2.2.1).

### 3.6.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers werden anhand von Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich mit 25 bis 50 mg/l abgeschätzt (Wendland et al. 2010). Diese unrealistisch niedrigen Werte kommen zustande, weil Stickstoffüberschussdaten aus dem Anbaubereich von den im Umfeld des Vorgebirges verbreiteten Sonderkulturen nicht mit einer ausreichend hohen räumlichen Auflösung in die Modellrechnungen einbezogen werden konnten und somit modellseitig keine feinere Auflösung möglich ist.

### 3.6.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Aus den Analysen der Rohwasserbeschaffenheit kann aufgrund der wechselnden Uferfiltrateinflüsse und der damit zusammenhängenden Variabilität der hydrochemischen Parameter nicht auf Abbaureaktionen geschlossen werden.

Bei der Auswertung der Grundwasseranalysen aus den Vorfeldmessstellen zeigen sich in zwei Fällen in den 1990er Jahren Anstiege der Hydrogencarbonatkonzentrationen, woraus unter bestimmten Voraussetzungen auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch organischen Kohlenstoff (Kapitel 2.3.1), geschlossen werden kann. In den vorliegenden Fällen sind die Nitratwerte allerdings über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant hoch geblieben und die übrigen Wasserinhaltsstoffe geben keinen Hinweis auf eine wechselnde Eintragungssituation, so dass aus den Daten kein Nitratabbau abgeleitet werden kann. Im Fall einer Denitrifikation wäre ein Rückgang der Nitratwerte zu erwarten gewesen oder - bei konstanten Nitratkonzentrationen - ein Hinweis auf einen verstärkten Stickstoffeintrag. Da das Hydrogencarbonat außerdem auch aus anderen Quellen stammen kann, wie beispielsweise der Kalkung von Böden, ist ein Nitratabbau nicht naheliegend. Gegen eine Nitratreduktion spricht auch das seit Jahrzehnten hohe Nitrat-Konzentrationsniveau, welches zu den höchsten im Tätigkeitsbereich des Erftverbands gehört. Bei der Erschöpfung eines vorhandenen Abbaus wären zumindest am Anfang der Messreihen in den 1970er Jahren geringere Nitratwerte zu erwarten gewesen, was aber nicht der Fall ist.

### 3.6.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Urfeld wird seit 1999 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben.

## 3.7 Kreiswerke Grevenbroich GmbH

Die Kreiswerke Grevenbroich GmbH betreiben sieben Wassergewinnungsanlagen, deren Wasserrechte sich auf 13,320 Mio. m<sup>3</sup>/a summieren:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen mit Aufbereitung:

- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| - Büttgen / Driesch | 5,420 Mio. m <sup>3</sup> /a |
| - Mühlenbusch       | 3,000 Mio. m <sup>3</sup> /a |
| - Wickrath          | 0,600 Mio. m <sup>3</sup> /a |

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen ohne Aufbereitung:

- Allerheiligen	2,400 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Butzheim	1,000 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Norf	0,350 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Rosellen	0,550 Mio. m <sup>3</sup> /a

### 3.7.1 Wassergewinnungsanlage Büttgen / Driesch

Die Wassergewinnungsanlage Büttgen / Driesch betreibt im obersten Grundwasserleiter insgesamt acht Brunnen zur Trinkwassergewinnung. Diese sind in der Jüngeren Mittelterrasse des Rheins verfiltert.

#### 3.7.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser der acht Förderbrunnen zeigen sich überwiegend konstante Nitratkonzentrationen um 25 mg/l, wie exemplarisch anhand der Daten des Brunnens 2 erkennbar ist (Abbildung 23). Geringe Abweichungen von diesem Konzentrationsniveau bestehen lediglich im Brunnen 4 am Westrand der Brunnengalerie mit Nitratwerten um 12 mg/l sowie in den Brunnen 6 und 8 mit Konzentrationen, die meist zwischen 30 und 35 mg/l Nitrat liegen.

#### 3.7.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Büttgen / Driesch sind zu insgesamt 13 innerhalb der Terrassensedimente verfilterten Messstellen aktuelle Analysen vorhanden. Bei stark variierenden Nitratkonzentrationen, die zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze und 100 mg/l liegen, resultiert ein Mittelwert von 34 mg/l Nitrat.

#### 3.7.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Basierend auf Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich werden für die städtisch geprägten Gebiete, die etwa 20 % des Einzugsgebietes ausmachen, Nitratwerte zwischen 25 und 50 mg/l im Sickerwasser angegeben (Wendland et al. 2010). Unter den mit einem Anteil von rund 80 % dominierenden landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers bei 50 bis 75 mg/l. Für den nordwestlichen Teil des Einzugsgebietes bei Eickerend, Vorst und Holzbüttgen werden aufgrund der Verbreitung von grundwasserabhängigen Böden (Gleye), die aufgrund des hohen Gehalts an junger organischer Substanz ein hohes Reduktionspotenzial in der ungesättigten Zone aufweisen (Kapitel 2.4), nitratfreie Sickerwässer prognostiziert. Im Mittel sind für das Sickerwasser Nitratkonzentrationen um oder sogar über 50 mg/l zu erwarten, womit die angegebenen Werte über den im Grund- und im Rohwasser gemessenen Konzentrationen liegen.

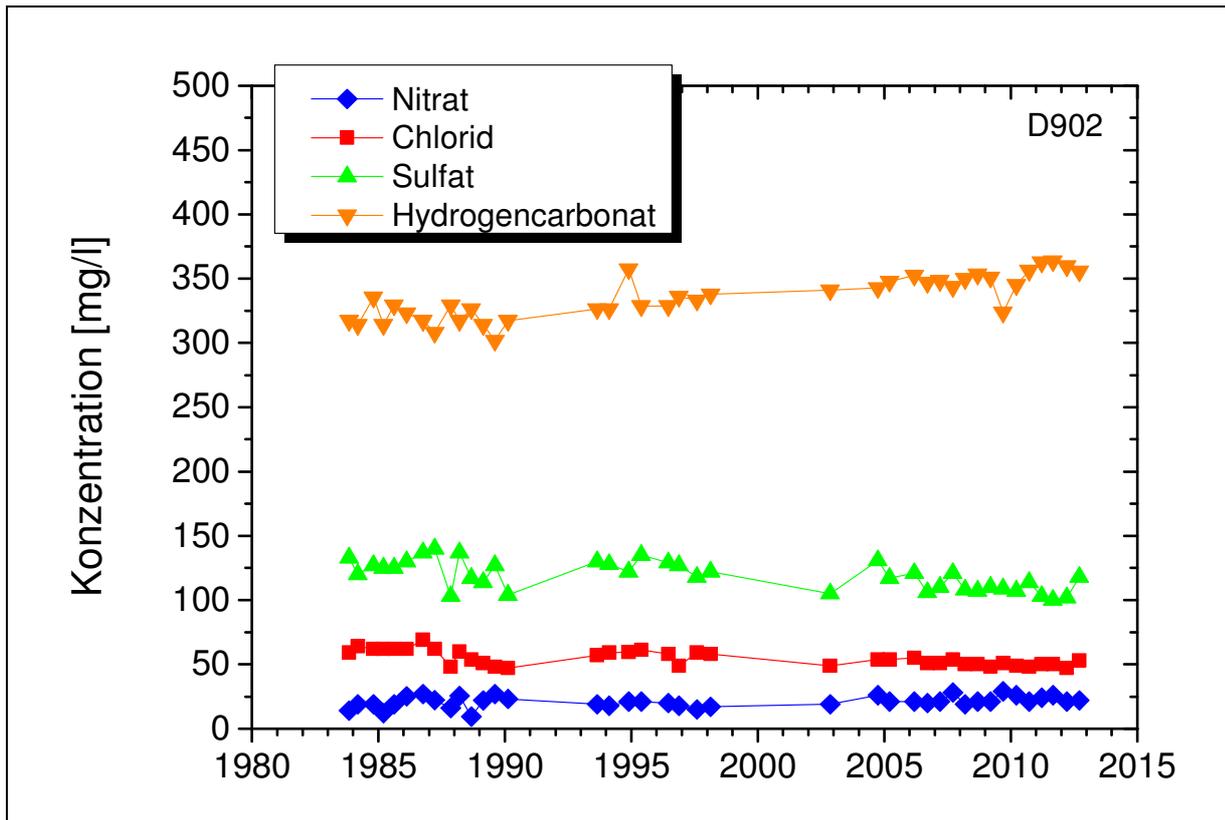


Abbildung 23: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Büttgen / Driesch.

#### 3.7.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbaureaktionen

Vergleicht man die Sickerwasserkonzentrationen (Kapitel 3.7.1.3) mit denen des Rohwassers (Kapitel 3.7.1.1) fällt eine deutliche Differenz in der Größenordnung von 25 mg/l auf. Die beobachtete Differenz deutet auf einen Nitrat-abbau im Grundwasserleiter hin, ohne dass sich aus den Rohwasseranalysen ein Nitrat-abbauprozess ableiten lässt.

Die Analysen von Proben aus den Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet zeigen in mehreren Fällen nitratfreie Wässer bei Chlorid- und Sulfatwerten, die für landwirtschaftlich geprägte Regionen wie das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Büttgen / Driesch typisch sind. Hieraus kann mit Sicherheit auf Nitrat-abbauprozesse geschlossen werden. Auf die Art der Abbaureaktion ergeben sich Hinweise aus zwei Vorfeldmessstellen. Diese lassen eine chemo-organotrophe Denitrifikation erwarten, d. h. einen Nitrat-abbau durch Reduktion organischer Substanz (Kapitel 2.3.1), ohne dass diese Angaben als gesichert anzusehen sind.

In der Messstelle 907841 sind die Nitratwerte seit 2005 auf unter 5 mg/l Nitrat gesunken, während vorher meist Konzentrationen zwischen 10 und 60 mg/l gemessen wurden (Abbildung 24). Die bereits seit Mitte der 1990er Jahre abnehmenden Sulfatwerte sind zeitgleich weiter gefallen. Diese Entwicklung spricht gegen eine Nitratreduktion durch Sul-

fidminerale (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) bzw. deutet ein Erschöpfen des sulfidgebundenen Abbaupotenzials an. Einschränkend muss bemerkt werden, dass es sich um eine Messstelle mit einem städtisch geprägten Zustrom handelt, d. h. die Angaben zur Zusammensetzung des neugebildeten Grundwassers sind weniger gut bekannt als unter landwirtschaftlichen Flächen. Trotzdem ist von einem kontinuierlichen Nitratreintrag auszugehen, wie die Daten benachbarter „Stadt-Messstellen“ zeigen. Der beobachtete leichte Anstieg der Hydrogencarbonatkonzentrationen (Abbildung 24) deutet bei konstanten pH-Werten auf die Freisetzung von anorganischem Kohlenstoff als Ergebnis des chemo-organotrophen Nitratabbauprozesses hin (Kapitel 2.3.1), ist allerdings aufgrund der Schwankungen der Werte und möglicher alternativer Ursachen nicht eindeutig.

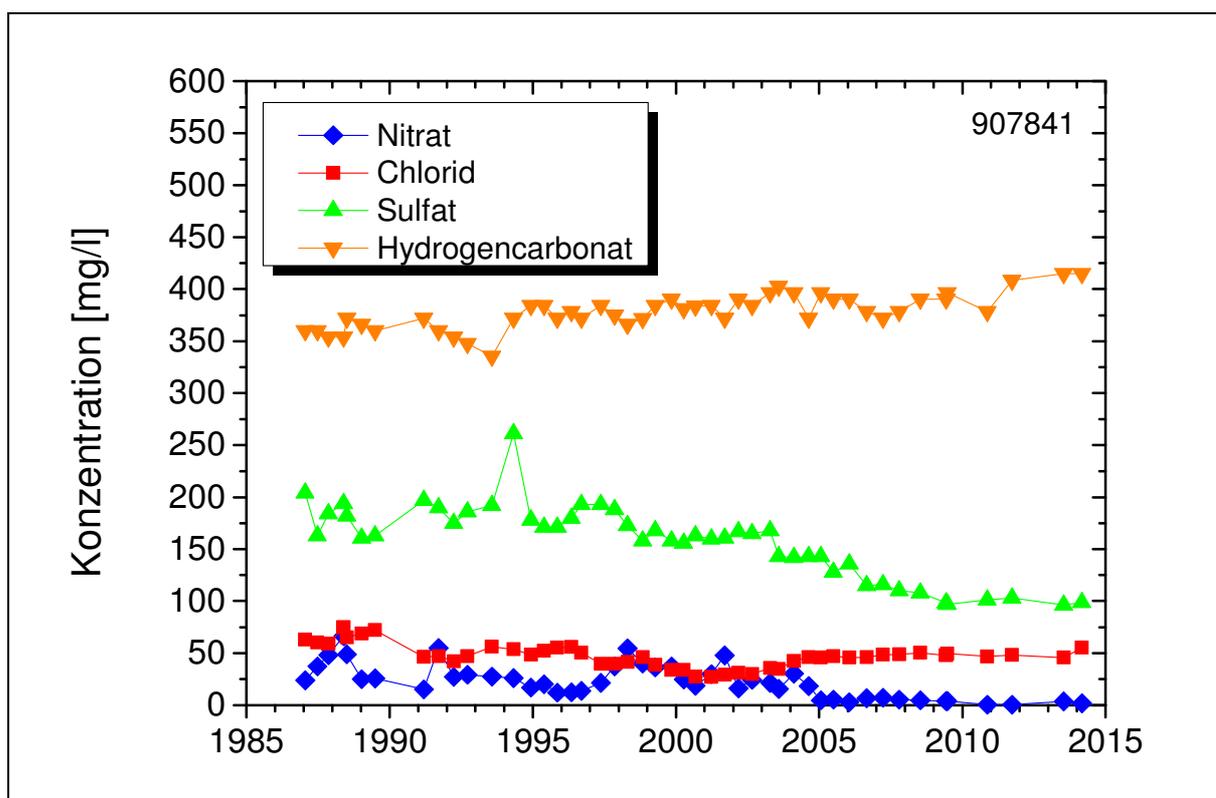


Abbildung 24: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Messstelle 907841 der Wassergewinnungsanlage Bütgen / Driesch.

Die Grundwasserproben aus der Messstelle 907391 sind seit Beginn der Messungen nitratfrei (Abbildung 25). Durch die lokale Verbreitung zweier Schlufflinsen erfolgt der Zustrom anthropogen beeinflussten Grundwassers zur Messstelle verlangsamt, ist aber anhand des Konzentrationsniveaus der Chlorid- und Sulfatwerte sowie an deren Anstieg deutlich zu erkennen. Anthropogen unbeeinflusste Wässer würden Chlorid- und Sulfatkonzentrationen um lediglich 10 mg/l aufweisen. Die Parallelität der Konzentrationsentwicklung von Chlorid und Sulfat spricht in Verbindung mit einem vergleichsweise geringen Sulfat-Konzentrationsniveau gegen eine Sulfatmobilisation durch Nitratabbauprozesse und damit gegen eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2). Der leichte Anstieg der Hydrogencarbonatwerte kann als Hinweis auf einen Nitratabbau durch Oxidation organischen Kohlenstoffs (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) interpretiert werden (Abbildung 25).

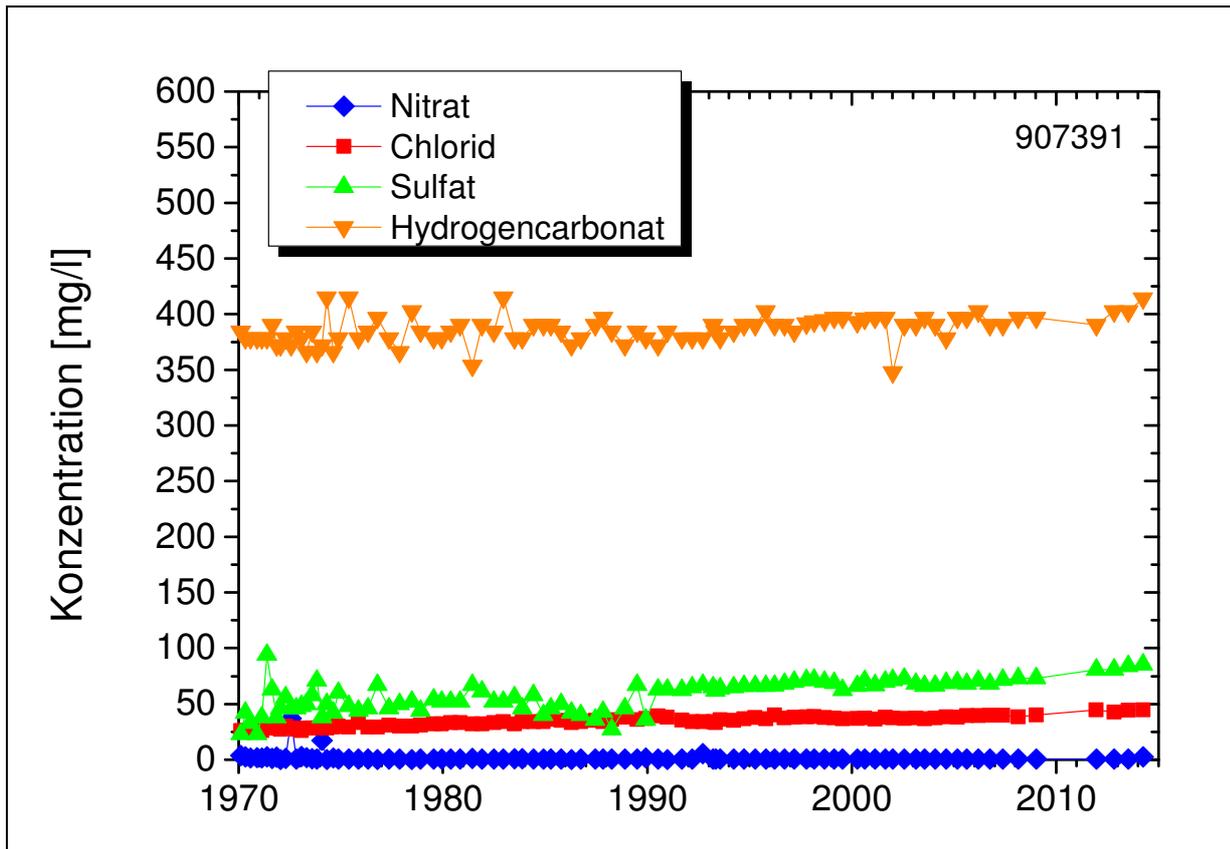


Abbildung 25: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Messstelle 907391 der Wassergewinnungsanlage Böttgen / Driesch.

Auch wenn die Daten aus den beiden Vorfeldmessstellen keine eindeutige Zuordnung zu einem Nitratabbauprozess zulassen, geben sie doch Hinweise auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation. Dieser Befund passt zu den Erkenntnissen der benachbarten Wassergewinnungsanlage Broichhof, wo ein Nitratabbau durch organische Substanz eindeutig nachgewiesen wurde (Kapitel 3.3.1.4). Ein Unterschied besteht darin, dass der Nitratabbau im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Broichhof in der Niederterrasse stattfindet, während in Böttgen / Driesch die Mittelterrasse des Rheins bewirtschaftet wird.

### 3.7.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die Kreiswerke Grevenbroich GmbH betreiben im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Böttgen / Driesch gemeinsam mit der Stadtwerke Neuss GmbH im benachbarten Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Broichhof seit 1993 eine Kooperation zur Verringerung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser.

## 3.7.2 Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch

Die Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch verfügt über zwei Förderbrunnen zur Trinkwassergewinnung, die im obersten Grundwasserleiter verfiltert sind. Dieser Aquifer ist stratigraphisch als Ältere Rhein-Niederterrasse anzusprechen.

### 3.7.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser der beiden Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch werden konstant niedrige Nitratkonzentrationen gemessen. Diese liegen im Rohwasser des Brunnens 1 meist um bzw. unter 10 mg/l Nitrat (Abbildung 26), im Brunnen 3 sogar im Bereich der Bestimmungsgrenze.

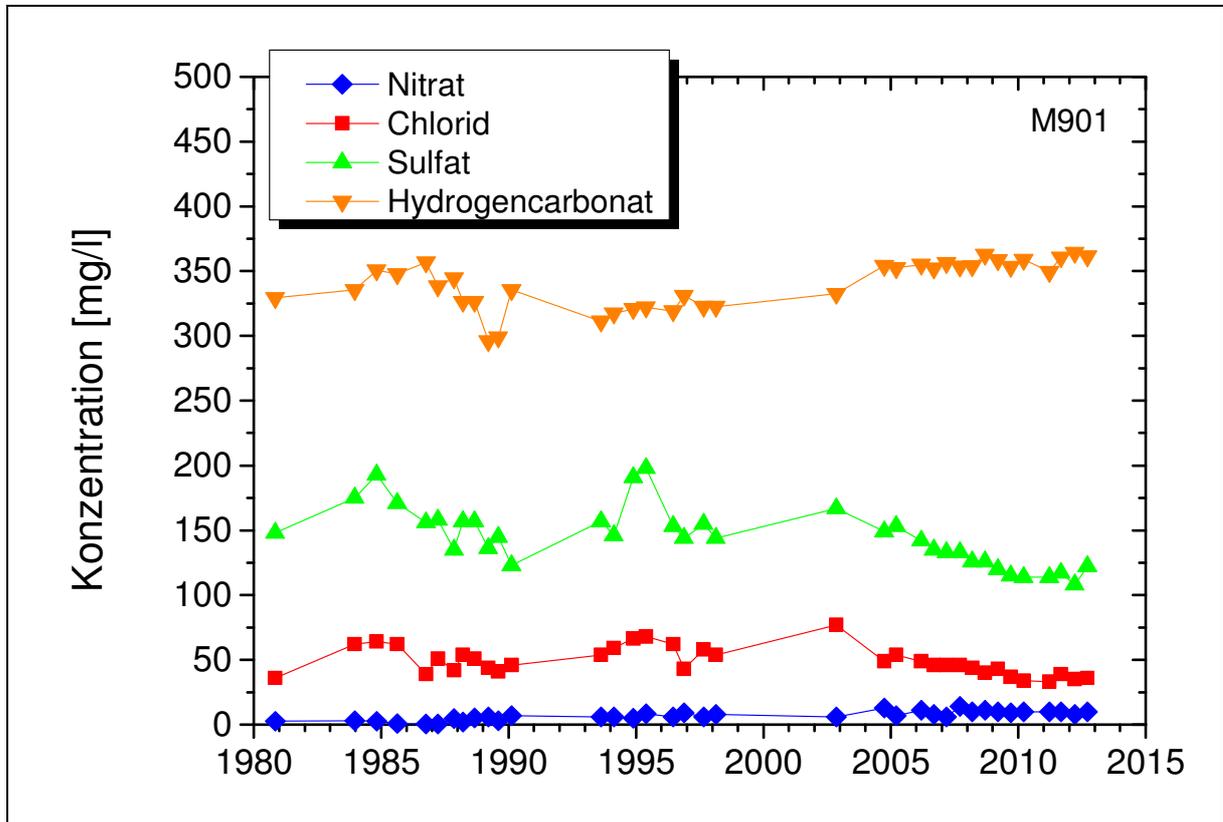


Abbildung 26: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch.

### 3.7.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch weist eine deutliche Zweiteilung auf, die mit dem geologischen Aufbau der Grundwasserleiter und der Nutzungssituation korrespondiert. Der westliche Teil des Einzugsgebietes besteht aus Ablagerungen der Rhein-Mittelterrasse bei großen Flurabständen und hauptsächlich landwirtschaftlicher Nutzung. Die hier und im Bereich der Terrassenkante im Übergangsbereich zur Älteren Niederterrasse des Rheins gelegenen sechs Grundwassermessstellen zeigen hohe Nitratkonzentrationen, die im Mittel 55 mg/l betragen. Im östlichen Teil des Einzugsgebietes im Bereich der Niederterrasse sind die Flurabstände gering, die Böden meist grundwasserbeeinflusst (Gley, Niedermoor) und die Nutzung durch Wald und Grünland geprägt. Hier dominieren in den 11 Grundwassermessstellen östlich des Alten Hauptgrabens nitratfreie bis nitratarme Grundwässer mit Maximalwerten unter 10 mg/l Nitrat, entsprechend der im Rohwasser der beiden Förderbrunnen gemessenen Konzentrationen.

### 3.7.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

In den Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich findet sich die oben beschriebene Zweiteilung ebenfalls wieder. Im Bereich der landwirtschaftlich geprägten Mittelterrasse werden Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l angegeben (Wendland et al. 2010). Im Verbreitungsgebiet der Niederterrassensedimente liegen die für das Sickerwasser prognostizierten Nitratwerte unter 10 mg/l, was einerseits auf den geringen Stickstoffeintrag unter Wald und andererseits auf das Nitratabbaupotenzial in der ungesättigten Zone im Verbreitungsgebiet von Gleyen und Niedermoorböden zurückzuführen ist (Kapitel 2.4).

### 3.7.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Die räumliche Verteilung der Nitratkonzentrationen innerhalb des Einzugsgebietes belegt sehr deutlich einen Nitratabbau. Während das aus dem Bereich der Mittelterrasse anströmende Grundwasser durchschnittlich 55 mg/l Nitrat enthält, sind östlich des Alten Hauptgrabens im Verbreitungsgebiet der Niederterrasse nitratfreie Wässer zu beobachten. Auf einer Strecke von weniger als 300 m reduzieren sich die Nitratwerte von maximal etwa 100 mg/l auf Null, d. h. es findet eine sehr effektive Nitratreduktion im Vorfeld der Brunnen statt. Die ablaufende Art des Abbauprozesses geht hieraus allerdings nicht hervor.

Bei dem Versuch der Prozessidentifikation ist zunächst darauf hinzuweisen, dass es mehrere Ursachen erhöhter Sulfatkonzentrationen im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch gibt, die nicht auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation zurückzuführen sind und bei Nichtbeachtung für Fehlinterpretationen sorgen können.

Bei dem Verbreitungsgebiet der Niederterrassensedimente handelt es sich um ein Gebiet mit geringen Flurabständen, in dem die Grundwasserstände durch die Sumpfungmaßnahmen des Braunkohlenbergbaus beeinflusst sind. Mit einer Absenkung der Grundwasserstände ist eine Belüftung der grundwasserabhängigen Böden verbunden, in denen sich aufgrund der reduzierenden Bedingungen Eisenmonosulfide gebildet haben. Diese werden nun bei verstärkter Sauerstoffzufuhr infolge der Grundwasserabsenkung oxidiert und setzen Sulfat frei. Bei einem Wiederanstieg des Grundwassers löst sich das Sulfat im Grundwasser, woraus lokal Sulfatkonzentrationen bis annähernd 1.000 mg/l im Grundwasser resultieren.

In einer Entfernung von etwa 250 m zum Brunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch fließt der Norfbach, der das Einzugsgebiet im Norden begrenzt. Das Rohwasser dieses Brunnens enthält einen Anteil Uferfiltrat in der Größenordnung von maximal 20 % bei voller Ausnutzung der Fördermenge. Bis 2004 wurde sulfatreiches Wasser aus dem Gillbach - die Sulfatkonzentrationen betragen aufgrund von Einleitungen meist zwischen 150 mg/l und 350 mg/l, punktuell auch bis 500 mg/l - in den Norfbach übergeleitet, so dass auf diesem Weg ein Sulfateintrag in das Rohwasser stattfand. Da der Norfbach im Bereich der Schutzzone der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch keine Grundwasseranbindung mehr hat, versickert Wasser in den Grundwasserleiter und führte bis 2004 auch zu einer Erhöhung der Sulfatkonzentrationen in bachnahen Grundwassermessstellen.

Da die zeitliche Entwicklung der Grund- bzw. Rohwasserbeschaffenheit keine belastbaren Hinweise auf die Art des Nitratabbaus ergibt, werden die relevanten Parameter im Bereich der Mittelterrasse (nitratreich) und der Niederterrasse (nitratfrei) verglichen. Die nitratreichen Wässer enthalten im Mittel 105 mg/l Sulfat und 280 mg/l Hydrogencarbonat bei einer typisch landwirtschaftlichen Prägung der Grundwasserbeschaffenheit. Die in Strömungsrichtung gesehen ersten nitratfreien Messstellen östlich des Alten Hauptgrabens weisen Sulfatkonzentrationen um 145 mg/l und gemittelte Hydrogencarbonatwerte von 375 mg/l auf. Die Daten zeigen an, dass beide wesentlichen Nitratabbauprozesse – durch Oxidation von organischem Kohlenstoff bzw. von Sulfidmineralen – abgelaufen sein können. Eine eindeutige Zuordnung ist nicht möglich.

Einen konkreteren Hinweis auf den Denitrifikationsprozess liefern die Daten einer Messstelle, die östlich des Alten Hauptgrabens errichtet wurde und innerhalb der Niederterrasse in drei verschiedenen Tiefen verfiltert ist (Abbildung 27).

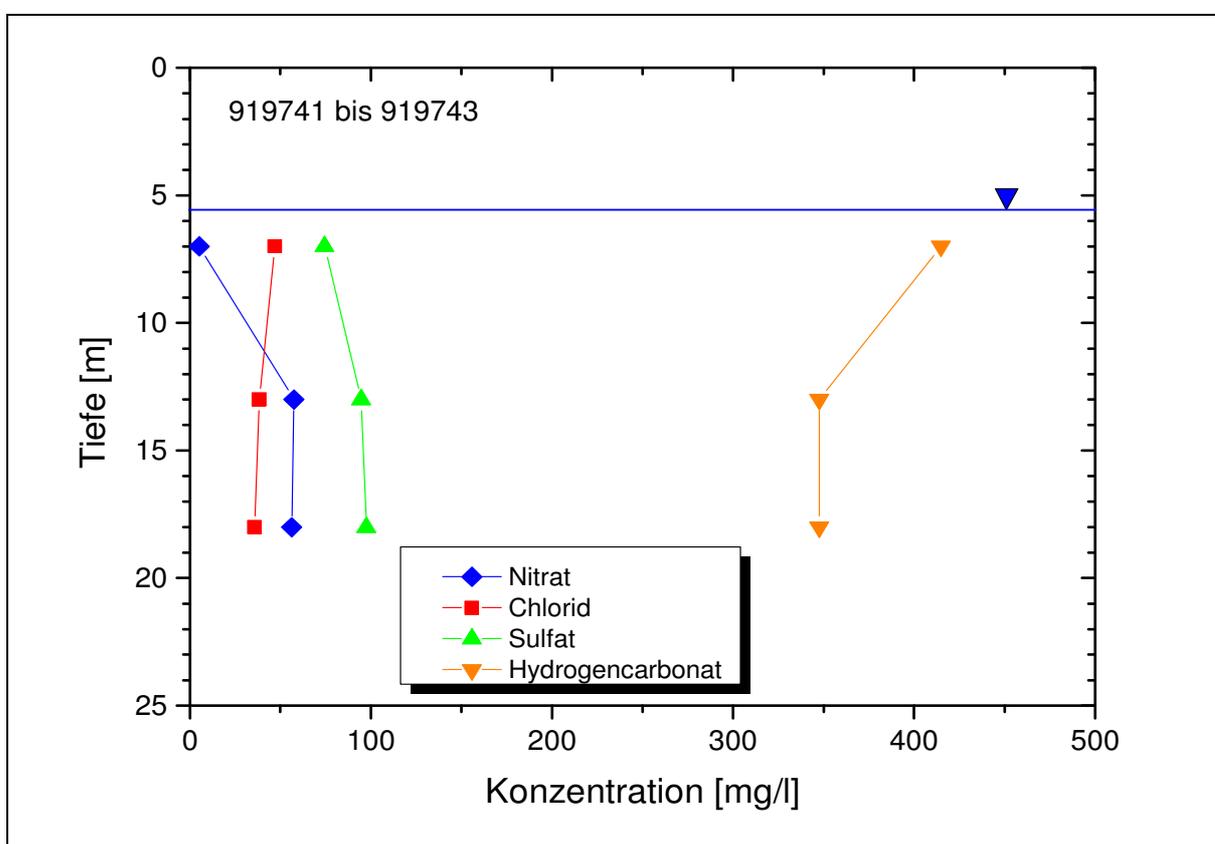


Abbildung 27: Tiefenspezifische Verteilung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 91974 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch.

Die einheitliche Verteilung der Chloridkonzentrationen belegt, dass alle drei Filterelemente gleichermaßen durch anthropogen bedingte Stoffeinträge beeinflusst sind, was in diesem Fall mit landwirtschaftlichen Einflüssen gleichzusetzen ist. Auch die Sulfatkonzentrationen weisen nur geringe tiefenspezifische Unterschiede auf. Da Nitrat, Chlorid und Sulfat unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen

in das Grundwasser eingetragen werden (Abbildung 10 in Kapitel 3.1.1.4), wäre ohne Nitratreduktionsreaktionen mit einer einheitlichen Nitrat-Tiefenverteilung zu rechnen. Allerdings zeigen nur die Proben aus den beiden unteren Filterelementen hohe Nitratwerte um 55 mg/l, die für den westlichen Teil des Einzugsgebiets typisch sind. Im Bereich des obersten Filterelements werden jedoch nur etwa 5 mg/l Nitrat analysiert (Abbildung 27), was einen Nitratabbau belegt. Da die Hydrogencarbonatkonzentrationen bei gleichen pH-Werten deutlich erhöht sind, kann auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) geschlossen werden.

Grundsätzlich sind Feuchtwald- und Niederungsbereiche wie das betrachtete Niederterrassengebiet im Mühlenbusch bekannt für den Eintrag frischer und damit gut für mikrobielle Umsätze verfügbarer organischer Substanz. Daher sind solche Räume prädestiniert für den Ablauf der chemo-organotrophen Denitrifikation, d. h. der Nitratreduktion durch organischen Kohlenstoff. Außerdem können die Mikroorganismen bei der Nitratreduktion durch organischen Kohlenstoff mehr Energie gewinnen als bei der Umsetzung von Eisensulfidmineralen, d. h. sie ist energetisch begünstigt. Allerdings werden in der Literatur auch Fälle beschrieben, in denen Pyrit dem organischen Kohlenstoff aus reaktionskinetischen Gründen vorgezogen wird.

#### 3.7.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch betreibt die Kreiswerke Grevenbroich GmbH seit 1997 eine Kooperation u. a. zur Verringerung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser, die auch die Einzugsgebiete der Wassergewinnungsanlagen Allerheiligen und Rosellen sowie die Wassergewinnungsanlage Rheinbogen der Stadtwerke Neuss GmbH einschließt.

### 3.7.3 Wassergewinnungsanlage Wickrath

Die Wassergewinnungsanlage Wickrath betrieb bis 2008 vier Brunnen im obersten Grundwasserstockwerk, das sich aus den Sedimenten der Jüngeren Hauptterrasse des Rheins zusammensetzt. 2008 wurde die Entnahme aus dem obersten Grundwasserleiter eingestellt und zwei Brunnen im Horizont 8/6D in Betrieb genommen. Der Grund für die Verlagerung war der zunehmende Einfluss der Sumpfungsmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau. Das Verschwenken des Einzugsgebietes führte dazu, dass ein Großteil des geförderten Wassers aus Infiltrationswasser bestand und nur noch ein kleiner Teil der Fördermenge aus dem natürlichen Dargebot bestritten werden konnte. Aus diesem Grund wurde für den Zeitraum des Sumpfungseinflusses ein Förderkonzept erarbeitet, das eine Verlagerung in das lokale zweite Grundwasserstockwerk beinhaltet. Die Horizonte 8/6D sind allerdings nur im Bereich der Förderanlagen hydraulisch vom oberen Stockwerk getrennt. Etwa einen Kilometer oberstromig der Fassungsanlagen streicht der stockwerkstrennende Reuerton B (11C) aus, so dass die Horizonte 8/6D gemeinsam mit den Terrassensedimenten einen gemeinsamen Grundwasserleiter bilden.

### 3.7.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der oberflächennah verfilterten Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Wickrath wies in den 1980er und 1990er Jahren aufgrund der überwiegend landwirtschaftlichen Prägung Nitratwerte zwischen 55 und 85 mg/l auf, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 4 (Abbildung 28). Die seit 1997 festgestellten Änderungen der Rohwasserbeschaffenheit sind das Resultat zunehmender Infiltrationswasseranteile. Das aufbereitete Sumpfungswasser, das seit 1994 im Gebiet um Wickrath in den oberen Grundwasserleiter infiltriert wird, ist nitratfrei und weist Hydrogencarbonatkonzentrationen um 320 mg/l auf. Die steigenden Hydrogencarbonatwerte sind somit nicht auf Nitratabbauprozesse zurückzuführen. Die aktuell aus dem Horizont 8/6D geförderten Wässer sind nahezu nitratfrei.

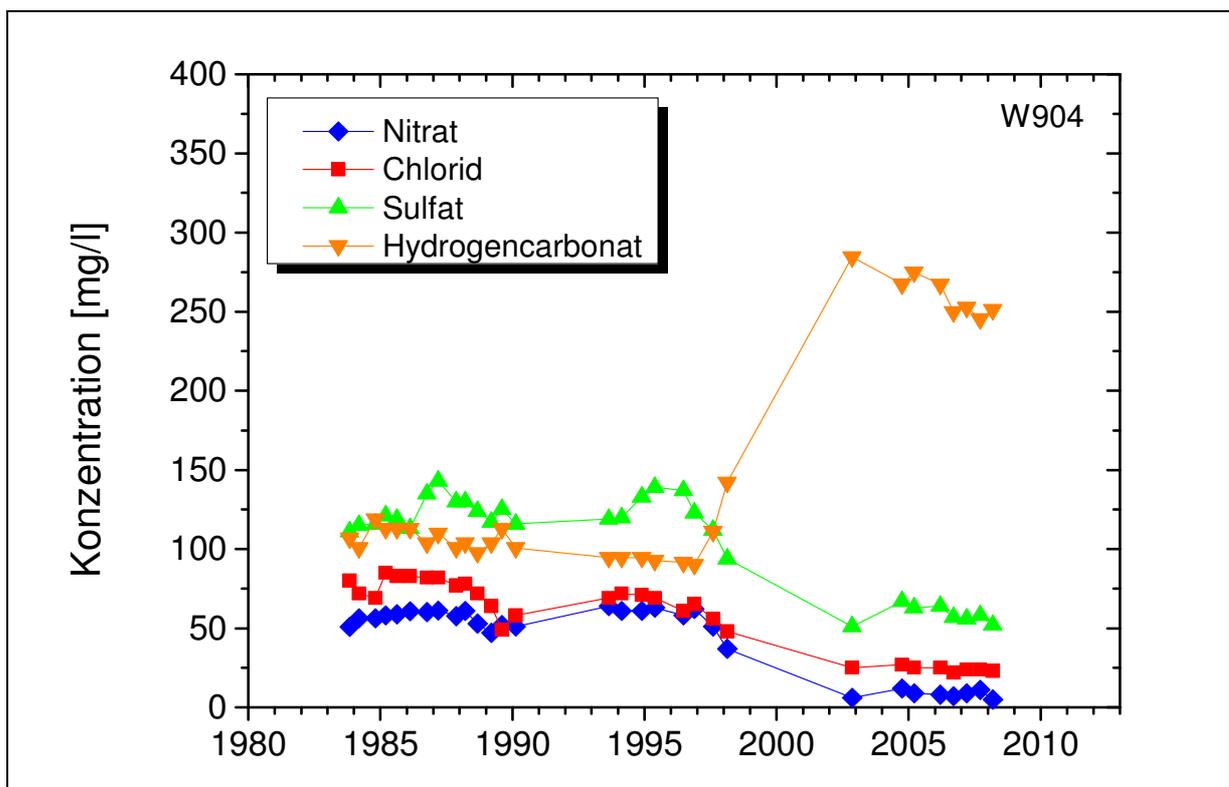


Abbildung 28: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im 2008 stillgelegten Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Wickrath.

### 3.7.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die Datenlage für das obere Grundwasserstockwerk im Einzugsgebiet der Brunnen ist differenziert zu betrachten. Im unmittelbaren Vorfeld der Brunnen befinden sich vier Messstellen, deren Proben nitratarm, aber infiltrationswasserbeeinflusst sind und demzufolge nicht die typische Zusammensetzung des Grundwassers anzeigen.

Im weiteren Vorfeld finden sich drei Messstellen, die im Horizont 8 verfiltert sind, der meist Teil des oberen Stockwerks ist. Aufgrund von lokalen Vorkommen des Reuvertons B (Horizont 11C) kann der anthropogene Einfluss allerdings geringer als im Bereich der Terras-

sensedimente sein. Aufgrund von bergbaubedingten Absenkungen der Grundwasserstände von teilweise mehr als 10 Metern sind die Grundwassermessstellen meist in größerer Tiefe (Horizont 8) verfiltert und die Proben aus den drei genannten Messstellen sind nitratfrei.

In drei außerhalb des Einzugsgebietes aber nur wenige Hundert Meter vom Einzugsgebietsrand gelegenen und innerhalb der Jüngerer Hauptterrasse verfilterten Messstellen betragen die Nitratkonzentrationen jeweils 75 mg/l, was ungefähr der Beschaffenheit des Rohwassers vor Beginn des Infiltrationswassereinflusses entspricht.

### 3.7.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich gibt basierend auf Modellrechnungen für die landwirtschaftlich genutzten Bereiche des Einzugsgebietes Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 100 mg/l an (Wendland et al. 2010), was eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten des oberflächennahen Grundwassers darstellt.

### 3.7.3.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Für das oberflächennahe Grundwasser ergeben sich aus der zeitlichen Entwicklung der Roh- und Grundwasserbeschaffenheitsdaten keine Hinweise auf Nitrat-abbauereaktionen. Tiefenspezifisch verfilterte Messstellen liegen nicht vor. Das identische Nitratkonzentrationsniveau des Sickerwassers und des oberflächennahen Grundwassers legt nahe, dass im Bereich der Jüngerer Hauptterrasse keine Denitrifikationsprozesse ablaufen. Darauf deutet auch ein gleichartiger Verlauf der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen hin. Da die genannten Stoffe unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen eingetragen werden, weist ein gleichartiger Verlauf auf einen konservativen Transport ohne Überprägung durch hydrogeochemische Prozesse hin.

Die Grundwasseranalysen aus dem Horizont 8 und die Rohwasseranalysen aus den beiden Tiefbrunnen lassen anhand der Chlorid- (25 bis 55 mg/l) und Sulfatkonzentrationen (40 bis 120 mg/l) einen teilweise deutlichen anthropogenen Einfluss erkennen. Unter diesen Bedingungen müsste das Grundwasser aufgrund der Kenntnisse der Flächennutzung und der Stoffeinträge auch Nitrat enthalten. Die geringen bis fehlenden Nitratwerte des Grundwassers belegen somit einen Abbau, ohne dass ein konkreter Denitrifikationsprozess zugeordnet werden kann. Die vorliegenden Daten geben weder auf organische Substanzen noch auf Sulfidminerale als Reduktionsmittel einen Hinweis. In den nur wenige Kilometer nördlich gelegenen Wassergewinnungsanlagen Reststrauch (Kapitel 3.13.5.4) und Rheindahlen (Kapitel 3.13.6.4) der NEW NiederrheinWasser GmbH kann ein Nitrat-abbau durch Sulfidminerale nachgewiesen werden.

### 3.7.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Wickrath hat die Kooperation der Wasserwirtschaft mit der Landwirtschaft 1999 die Arbeit aufgenommen, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.7.4 Wassergewinnungsanlagen Allerheiligen und Norf

Die Wassergewinnungsanlage Allerheiligen verfügt über sechs Vertikalfilterbrunnen, die in der Älteren Niederterrasse des Rheins verfiltert sind. Die beiden Brunnen der Wassergewinnungsanlage Norf, die denselben Förderhorizont nutzen, schließen sich unmittelbar nördlich in einer Entfernung von etwa 250 m an die Brunnengalerie Allerheiligen an. Aufgrund der räumlichen Nähe, die dazu führt, dass ein gemeinsames Wasserschutzgebiet in Planung ist, werden die beiden Gewinnungsstandorte zusammen betrachtet.

#### 3.7.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser der sechs Förderbrunnen der Gewinnungsanlage Allerheiligen zeigen sich überwiegend Nitratkonzentrationen zwischen 25 und 35 mg/l (Abbildung 29). Lediglich die Brunnen A 901 im Süden der Galerie mit 20 mg/l Nitrat und der der Galerie südwestlich vorgelagerte Brunnen A 908 mit etwa 5 mg/l Nitrat weichen von der ansonsten einheitlichen Konzentrationsverteilung ab.

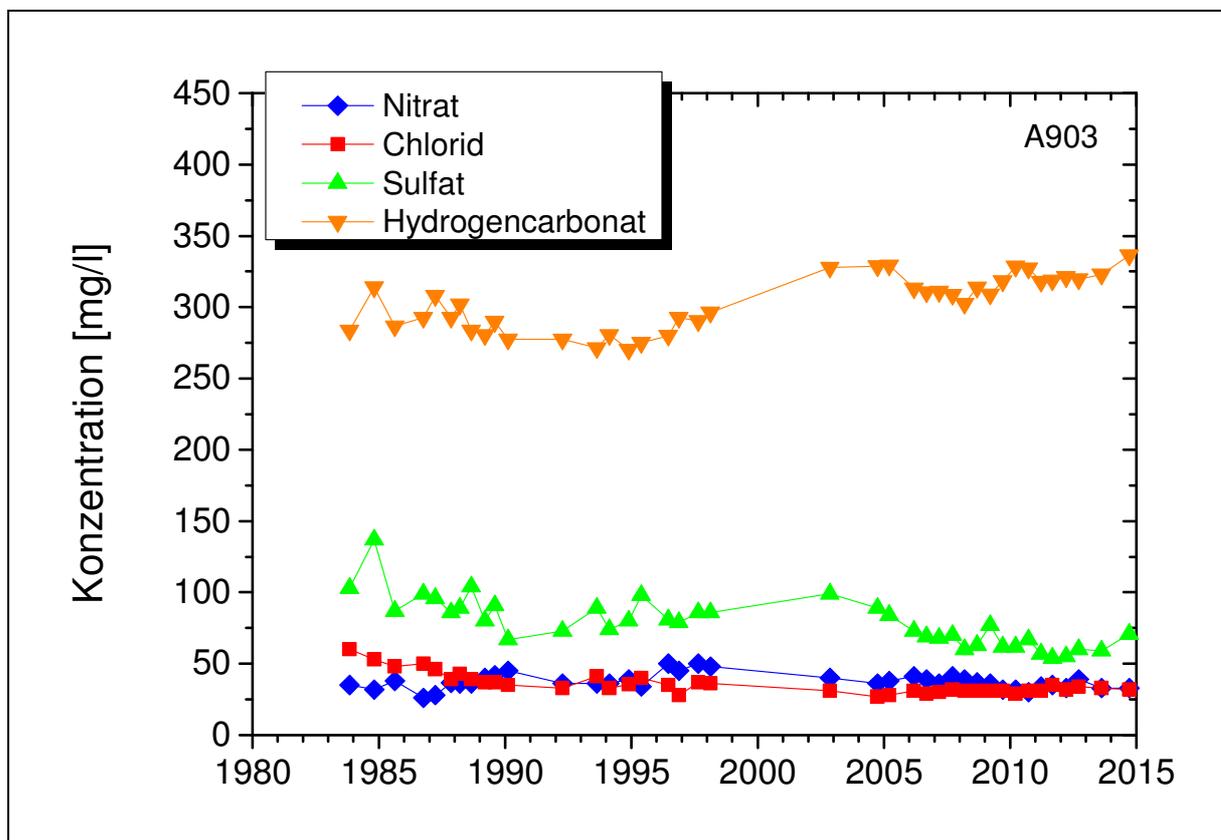


Abbildung 29: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Allerheiligen.

Die Nitratkonzentrationen der beiden Brunnen der Gewinnungsanlage Norf weisen vergleichbare Nitratwerte zwischen 25 und 40 mg/l auf, wobei auch die hydrochemischen Bedingungen den Daten aus Allerheiligen entsprechen (ohne Abbildung).

### 3.7.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Wie im südlich anschließenden Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch zeigt sich auch im Vorfeld der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Allerheiligen und Norf eine geologisch bedingte Zweiteilung. Das Verbreitungsgebiet der Mittelterrassenablagerungen ist durch Flurabstände um 10 m gekennzeichnet, während im Bereich der Niederterrasse geringere Flurabstände zwischen fünf und zwei Metern auftreten. Die Flächennutzung ist durchgängig landwirtschaftlich geprägt.

Hinsichtlich der Nitratwerte ist der vorliegende Datensatz kleiner als im Bereich der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch und die Aussagegenauigkeit daher geringer. Im Bereich der Mittelterrasse liegt beispielsweise nur eine Messstelle, die allerdings mit aktuell 140 mg/l eine hohe Nitratkonzentration zeigt. Das Gebiet der Niederterrasse ist mit sechs Messstellen erschlossen, die deren Nitratwerte bei einem Mittelwert von 27 mg/l zwischen Null und 70 mg/l Nitrat schwanken. Die Verteilung innerhalb des Niederterrassengebiets ist heterogen. Im Gegensatz zum Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch ist kein eindeutiger Reaktionsbereich bzw. keine Reaktionsfront zu erkennen. Der Nitrat-Mittelwert aus den genannten sechs Messstellen entspricht den im Rohwasser gemessenen Nitratkonzentrationen (Kapitel 3.7.4.1).

### 3.7.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für das Sickerwasser gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Basis von Modellrechnungen für den Bereich der Mittelterrasse bei landwirtschaftlicher Nutzung Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). Das Verbreitungsgebiet der Niederterrassensedimente ist in Abhängigkeit von der Verbreitung der Bodenarten und deren Nitratabbau Potenzial (Kapitel 2.4) durch Nitratwerte zwischen < 10 mg/l und 25 bis 50 mg/l charakterisiert. Der Vergleich mit den Nitratmesswerten zeigt hierbei insgesamt eher eine leichte Unterschätzung der Nitrat-Eintragskonzentrationen.

### 3.7.4.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlagen Allerheiligen und Norf kann anhand der Daten zur Grundwasserbeschaffenheit eindeutig ein Nitratabbau nachgewiesen werden. Das im Bereich der Mittelterrasse anströmende Grundwasser weist – wenn auch nur anhand der Daten einer Messstelle und der Modelldaten zur Sickerwasserkonzentration belegt – hohe Nitratwerte auf, die mindestens punktuell im dreistelligen Konzentrationsbereich liegen. Bis zu den Brunnen, deren Rohwässer Nitratwerte zwischen 5 und 35 mg/l aufweisen, erfolgt eine deutliche Nitratreduktion.

Die heterogene räumliche und zeitliche Verteilung der Nitratkonzentrationen als Ausgangsprodukt wie auch der Hydrogencarbonat- und der Sulfatwerte als mögliche Reaktionsprodukte einer Denitrifikation ermöglicht keinen eindeutigen Rückschluss auf den ablaufenden Nitratabbauprozess. Die neben einer chemo-lithotrophen Denitrifikation - Nitratabbau durch Oxidation von Sulfidmineralen, Kapitel 2.3.2 - möglichen Ursachen für die hohen Sulfatwerte bis zu 800 mg/l sind in Kapitel 3.7.2.4 erläutert.

Wie im Vorfeld der Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch gilt auch hier, dass im Bereich staunässebeeinflusster organikreicher Böden gute Voraussetzungen für den Ablauf der chemo-organotrophen Denitrifikation, d. h. der Nitratreduktion durch organischen Kohlenstoff (Kapitel 2.3.1), bereits in der ungesättigten Zone bestehen (Kapitel 2.4).

#### 3.7.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Allerheiligen und Norf wird seit 1997 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel betrieben, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern. Die Kooperation schließt die Wassergewinnungsanlagen Mühlenbusch und Rosellen der Kreiswerke Grevenbroich GmbH sowie die Wassergewinnungsanlage Rheinbogen der Stadtwerke Neuss GmbH ein.

### 3.7.5 Wassergewinnungsanlage Butzheim

Die Wassergewinnungsanlage Butzheim betreibt zwei Förderbrunnen, deren Filter in der Älteren Niederterrasse des Rheins platziert sind.

#### 3.7.5.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser der beiden Förderbrunnen werden zwischen 20 und 50 mg/l Nitrat analysiert, wobei sich das Konzentrationsniveau der beiden Brunnen deutlich voneinander unterscheidet. Während die Durchschnittswerte des Brunnens 5 (B 905) um 45 mg/l Nitrat betragen, liegen im Brunnen 6 (B 906) Nitratwerte um 25 mg/l vor (Abbildung 30). In den bis 2002 betriebenen vier Vorgängerbrunnen lagen die Nitratwerte in den 1980er und 1990er Jahren meist um 20 mg/l und damit auf einem dem Brunnen 6 ähnlichen Niveau.

#### 3.7.5.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Butzheim liegen nur zu zwei Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor, deren Nitratwerte Null bzw. 60 mg/l betragen. Aufgrund der geringen Zahl vorliegender Analysen geben diese Werte lediglich einen groben Hinweis auf die Höhe der Nitratkonzentrationen und deren räumliche Verteilung im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Butzheim.

#### 3.7.5.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers liegen im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Butzheim nach modellgestützten Angaben des Forschungszentrums Jülich zwischen < 10 mg/l im nahen Vorfeld der Brunnen bei mehrheitlicher Verbreitung von Gleyen und Rendzinen mit hohen Anteilen junger organischer Materie, die ein mikrobiologisch leicht verfügbares Nitratreduktionspotenzial in der ungesättigten Zone darstellen, sowie bei 25 bis 50 mg/l unter Braunerden (Wendland et al. 2010). Die Angaben beziehen sich auf ein nahezu ausschließlich landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

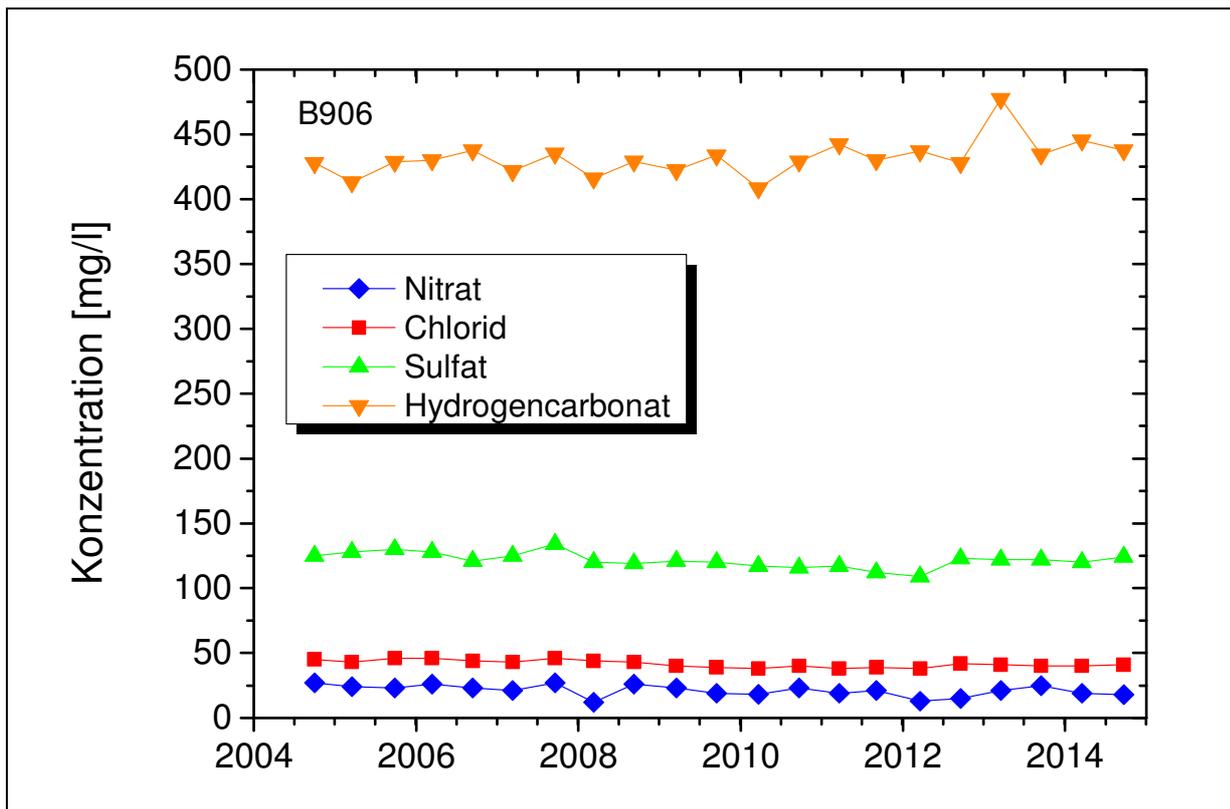


Abbildung 30: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 6 der Wassergewinnungsanlage Butzheim.

#### 3.7.5.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Für Aussagen zum Nitratreduktionsvermögen ist eine Berücksichtigung der geologischen Situation erforderlich. Die Förderbrunnen sind in der Niederterrasse verfiltert, die aber nur ein begrenztes Verbreitungsgebiet aufweist. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über die Niederterrasse hinaus auch auf den Bereich der Mittelterrasse und das unterlagernde Tertiär, in dem die beiden o. g. Grundwassermessstellen verfiltert sind. Insofern sind sowohl die tertiären als auch die quartären Ablagerungen zu betrachten.

Anhand der fehlenden Nitratkonzentrationen in einer der beiden im Tertiär verfilterten Grundwassermessstellen bei ansonsten deutlich erkennbaren anthropogenen Einflüssen kann mit Sicherheit auf ein Nitrat-abbauereaktionspotenzial im Einzugsgebiet geschlossen werden. Diese Aussage ist allerdings nicht auf den quartären Förderhorizont übertragbar. Für die Niederterrasse, in der die Förderbrunnen verfiltert sind, ist keine sichere Aussage über ein Nitrat-abbauereaktionspotenzial möglich, weil Grundwassermessstellen mit Analysen fehlen und aus den Rohwasserdaten keine entsprechenden Aussagen abgeleitet werden können. Anhand der vergleichbaren geologischen Situation in benachbarten Einzugsgebieten und der ursprünglich flurnahen Verhältnisse mit staunässebeeinflussten Böden und organikreichen Sedimenten ist aber auch für den quartären Leiter von einem Nitrat-abbauereaktionspotenzial auszugehen.

Die vorliegenden Daten zur Grundwasserbeschaffenheit geben keine Hinweise auf den ablaufenden Denitrifikationsprozess.

### 3.7.5.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Butzheim wird gemeinsam mit den Wassergewinnungsanlagen Hackenbroich der Energieversorgung Dormagen GmbH und Tannenbusch der Currenta GmbH & Co. OHG seit 2001 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel der Reduzierung von Stickstoffeinträgen betrieben.

### 3.7.6 Wassergewinnungsanlage Rosellen

Zur Wassergewinnungsanlage Rosellen gehören zwei Förderbrunnen, deren Filter in der Älteren Niederterrasse des Rheins platziert sind. Das Einzugsgebiet der Brunnen schließt südlich an das der Gewinnungsanlagen Allerheiligen und Norf an.

#### 3.7.6.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der beiden Brunnen in Rosellen ist nitratarm mit Konzentrationen zwischen Null und 15 mg/l Nitrat, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 4 (Abbildung 31).

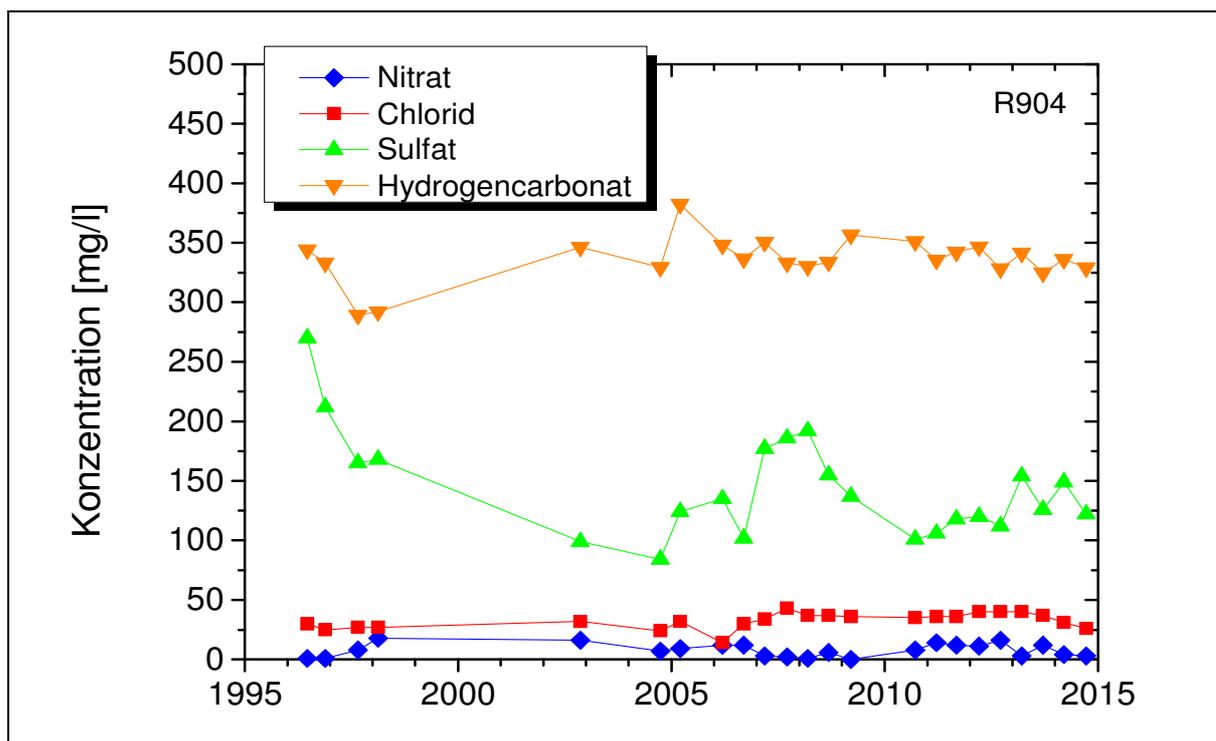


Abbildung 31: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Rosellen.

#### 3.7.6.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das Einzugsgebiet der beiden Brunnen des Gewinnungsanlage Rosellen liegen nur zu zwei Grundwassermessstellen Analysen vor. Beide sind im Förderhorizont verfiltert und zeigen nitratfreie Grundwässer.

### 3.7.6.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rosellen betragen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers, die das Forschungszentrum Jülich anhand von Modellrechnungen ermittelt hat, zwischen 25 und 50 mg/l für den Bereich der flurfernen Mittelterrasse unter Parabraunerde und < 10 mg/l im nahen Vorfeld der Brunnen im Verbreitungsgebiet der Niederterrasse unter Gley- bzw. Niedermoorböden (Wendland et al. 2010). Die Angaben beziehen sich auf ein nahezu ausschließlich landwirtschaftlich genutztes Gebiet.

### 3.7.6.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rosellen findet eindeutig ein Nitratabbau im Grundwasserleiter statt. Aus dem benachbarten Einzugsgebiet der Gewinnungsanlagen Allerheiligen bzw. Norf ist bekannt, dass das flurferne Grundwasser im Bereich der Mittelterrasse erhöhte Nitratkonzentrationen enthält, auch wenn dieser Befund lediglich auf den Analysen aus einer Messstelle und Modelldaten zur Sickerwasserbeschaffenheit basiert. Die nahezu identische geologische sowie bodenkundliche Situation und Flächennutzung lässt einen Analogieschluss zu. Bis zu den Brunnen erfolgt ein deutlicher Nitratabbau, der auch durch die nitratfreien Grundwässer aus den beiden Grundwassermessstellen belegt wird. Die Analysen von deren Proben lassen beispielsweise anhand erhöhter Chlorid- und Sulfatwerte einen eindeutigen anthropogenen Einfluss erkennen, der aufgrund der Flächennutzungsverteilung im Einzugsgebiet ausschließlich landwirtschaftlich bedingt sein kann. Da Nitrat, Chlorid und Sulfat unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, ist aufgrund der erhöhten Chlorid- und Sulfatkonzentrationen mit Ausnahme der Verbreitungsgebiete der Gley- und Niedermoorböden zwingend auch von Nitratreinträgen in das Grundwasser auszugehen. Fehlende Nitratnachweise sind somit ein Beweis für einen Nitratabbau.

Die vorliegenden hydrochemischen Daten lassen keinen Rückschluss auf die Art des Denitrifikationsprozesses zu, was u. a. mit der geringen Zahl vorliegender Grundwasseranalysen zusammenhängt. Darüber hinaus wird die für die Bewertung wesentliche Konzentrationsentwicklung des Parameters Sulfat als mögliches Reaktionsprodukt der chemo-lithotropen Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) durch mehrere weitere Einflüsse wie eine Belüftung durch bergbaubedingte Absenkung und Sulfateinträge aus dem Norfbach überprägt.

### 3.7.6.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Rosellen arbeitet eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft seit 1997 u. a. daran, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern. Die Kooperation schließt die Wassergewinnungsanlage Mühlenbusch, Allerheiligen und Norf der Kreiswerke Grevenbroich GmbH sowie die Wassergewinnungsanlage Rheinbogen der Stadtwerke Neuss GmbH ein.

### 3.8 Gemeindewasserwerk Waldfeucht / Haaren

Das Gemeindewasserwerk Waldfeucht verfügt für die Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren über eine wasserrechtliche Bewilligung von 0,700 Mio. m<sup>3</sup>/a. Die Hälfte dieser Menge darf aus dem zweiten lokalen Grundwasserstockwerk, dem Horizont 9B, entnommen werden.

#### 3.8.1 Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren

Die Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren betreibt insgesamt vier Förderbrunnen, von denen drei die quartäre Ältere Hauptterrasse (Horizont 14) und damit das obere Grundwasserstockwerk bewirtschaften. Der vierte Brunnen ist im Horizont 9B und damit im lokalen zweiten Grundwasserstockwerk verfiltert.

##### 3.8.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser der im Quartär verfilterten Brunnen haben die Nitratkonzentrationen seit Beginn der Datenreihen 1983 kontinuierlich zugenommen und aktuell Werte zwischen 40 und 50 mg/l erreicht, wie exemplarisch für die Entwicklung im Brunnen 5 erkennbar ist (Abbildung 32). Der Konzentrationsrückgang im Rohwasser dieses Brunnens ist wahrscheinlich auf eine Regeneration des Brunnens zurückzuführen, wodurch der verockerte untere Teil des Filters wieder reaktiviert werden konnte, so dass wieder verstärkt tieferes nitratarmes Wasser gewonnen wird. Das aus dem Horizont 9B geförderte Wasser ist nitratfrei.

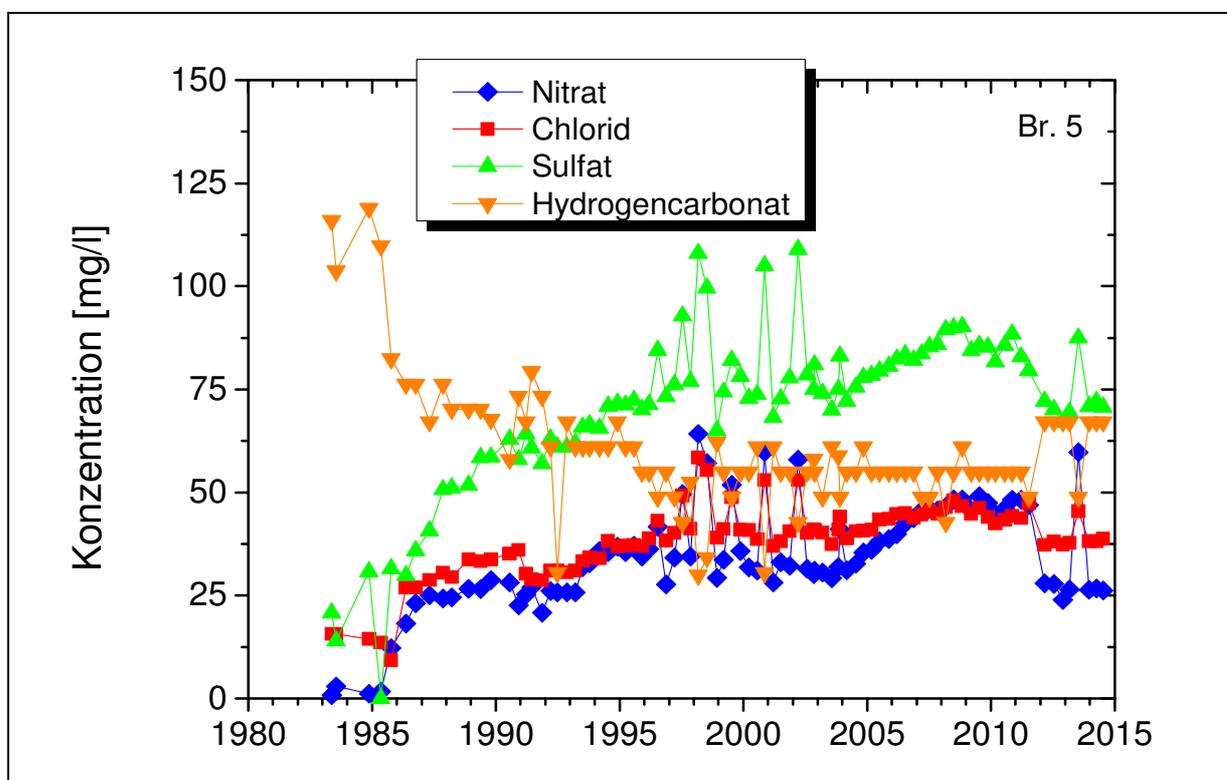


Abbildung 32: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen 5 der Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren.

### 3.8.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der oberflächennah verfilterten Brunnen der Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren liegen zu sechs Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor. Die mittlere Nitratkonzentration beträgt 45 mg/l, wobei die Konzentrationsspanne zwischen nitratfreiem Wasser und maximalen Nitratwerten von 100 mg/l liegt. In dem bis zu 55 m mächtigen quartären Aquifer werden die niedrigsten Nitratwerte erwartungsgemäß an der Basis angetroffen und die höchsten Werte im Bereich der Jüngerer Hauptterrasse (Horizont 16). Die Proben aus den beiden im Horizont 9B verfilterten Messstellen sind nitratfrei.

### 3.8.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für das landwirtschaftlich dominierte Einzugsgebiet gibt das Forschungszentrum Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers an, die meist zwischen 50 mg/l und > 100 mg/l liegen (Wendland et al. 2010). Lediglich im Bereich einiger Bachauen mit staunässebeeinflussten Böden und einem lokalen Waldgebiet wird weniger Nitrat in den Grundwasserleiter eingetragen. Die angegebenen Werte wurden anhand von Modellrechnungen ermittelt.

### 3.8.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Die zeitliche Entwicklung und räumliche Verteilung der Grundwasserbeschaffenheitsparameter gibt keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen im Einzugsgebiet der Flachbrunnen der Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren. In den Messstellen, deren Proben nitratarm oder nitratfrei sind, weisen die anderen Wasserinhaltsstoffe auf geringe bis fehlende anthropogene Einflüsse hin. Hieraus ist zu folgern, dass das Nitrat die Messstellen bisher nur in geringem Umfang oder noch gar nicht erreicht hat und die geringen Konzentrationen nicht das Resultat von Abbauprozessen sind. Diese Beobachtung schließt einen Nitrat-Abbau zwar nicht vollständig aus, aber die Höhe der im oberflächennahen Grundwasser festgestellten Nitratkonzentrationen legt nahe, dass keine nennenswerte Nitratreduktion erfolgt.

Das Fehlen von Denitrifikationsprozessen kann noch deutlicher anhand der Rohwasserbeschaffenheitsdaten belegt werden. Da im Einzugsgebiet landwirtschaftliche Flächen vorherrschen, ist neben erhöhten Nitratwerten im Vergleich mit anthropogen nicht bis wenig beeinflussten Wässern auch von größeren Chlorid- und Sulfatkonzentrationen auszugehen. Die Konzentrationen dieser Wasserinhaltsstoffe sind häufig positiv miteinander korreliert (Abbildung 33).

Die positive Korrelation der Wasserinhaltsstoffe zeigt einen konservativen Transport an. Steigende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft führen zu Anstiegen der Chlorid-, Sulfat- und Nitratwerte, ohne dass ein Rückhalt oder Abbau stattfindet. Dies zeigt sich auch an der zeitlichen Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe. Bei einer Nitratreduktion wäre der Anstieg der Nitratwerte im Vergleich zu den konservativen Ionen Chlorid und - mit Einschränkungen - Sulfat mit zeitlicher Verzögerung erfolgt. Im Rohwasser des Brunnens 5 ist statt dessen eine zeitgleiche Entwicklung zu erkennen (Abbildung 32). Außerdem hätte sich ein Anstieg der Reaktionsprodukte der Denitrifikation, d. h. von Sulfat oder Hydrogencarbonat ergeben müssen, der ebenfalls nicht erfolgt ist.

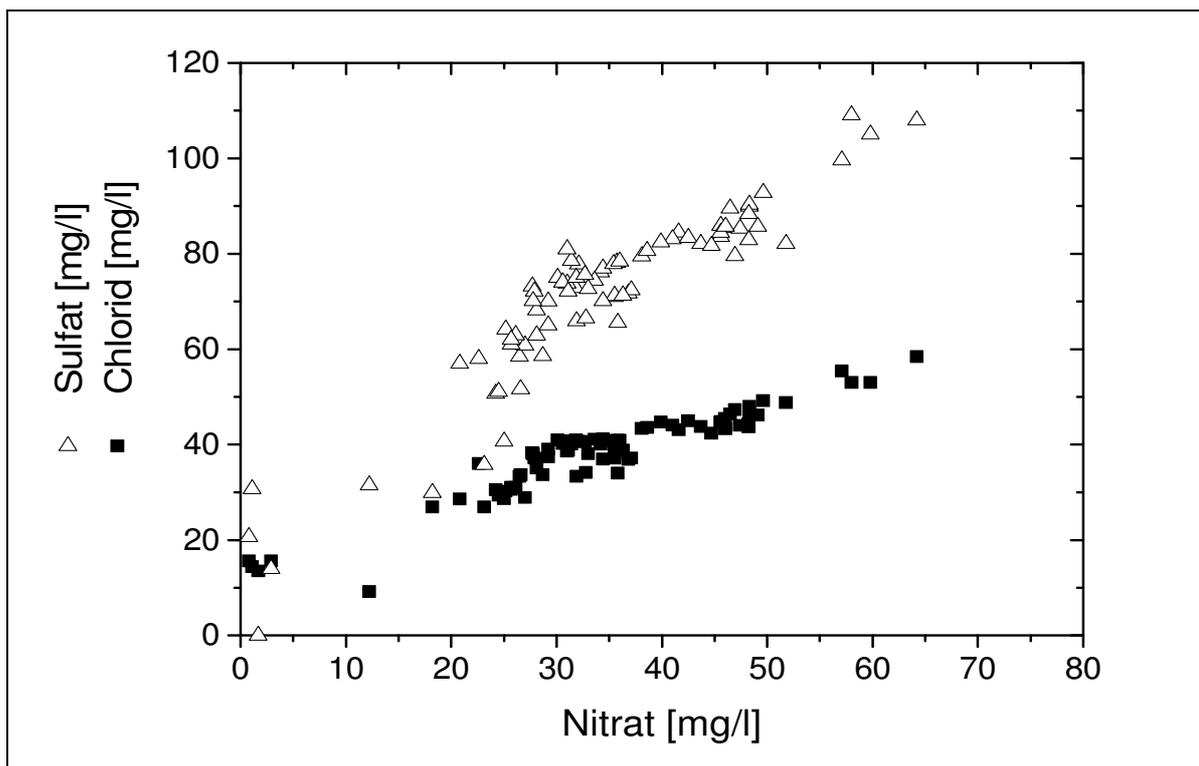


Abbildung 33: Korrelation zwischen den Nitratkonzentrationen und den Chlorid- bzw. Sulfatwerten im Rohwasser des Brunnens 5 der Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren.

Im Horizont 9B ist das Wasser nicht nur nitratfrei, sondern komplett frei von anthropogenen Einflüssen. Es ist davon auszugehen, dass noch kein nitrathaltiges Grundwasser bis in diesen Förderhorizont vorgedrungen ist. Daher können auch keine Angaben zu eventuellen Abbauprozessen gemacht werden.

### 3.8.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Waldfeucht / Haaren wird seit 1993 im Rahmen der Kooperationsarbeit u. a. an einer Verringerung der Stickstoffeinträge gearbeitet.

## 3.9 Stadtwerke Heinsberg GmbH

Die Stadtwerke Heinsberg GmbH betreiben die Wassergewinnungsanlage Kirchhoven, die über eine wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von Grundwasser in einer Menge von 2,8 Mio. m<sup>3</sup>/a aus dem oberen Grundwasserstockwerk verfügt.

### 3.9.1 Wassergewinnungsanlage Kirchhoven

Die Wassergewinnungsanlage Kirchhoven betreibt insgesamt acht Förderbrunnen, die alle in der quartären Älteren Hauptterrasse (Horizont 14) und damit im oberen Grundwasserstockwerk verfiltert sind.

### 3.9.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Fünf der acht Brunnen sind an der Basis des Horizonts 14 verfiltert und die Rohwasserproben nitratfrei sowie nahezu frei von allen anthropogenen Einflüssen, weil ein schluffiger Horizont im Hangenden dazu führt, dass in das Grundwasser eingetragene Stoffe verzögert in die Tiefe verlagert werden. Die Rohwässer dreier weiterer Brunnen, deren Filter oberhalb des schluffigen Horizonts liegen, weisen Nitratwerte auf, die aktuell zwischen 20 und 35 mg/l liegen. Mit Ausnahme des Brunnens 9, dessen Wasserproben kontinuierlich leicht steigende Nitratwerte zeigen (Abbildung 34), sind die Nitratkonzentrationen seit Jahrzehnten stabil.

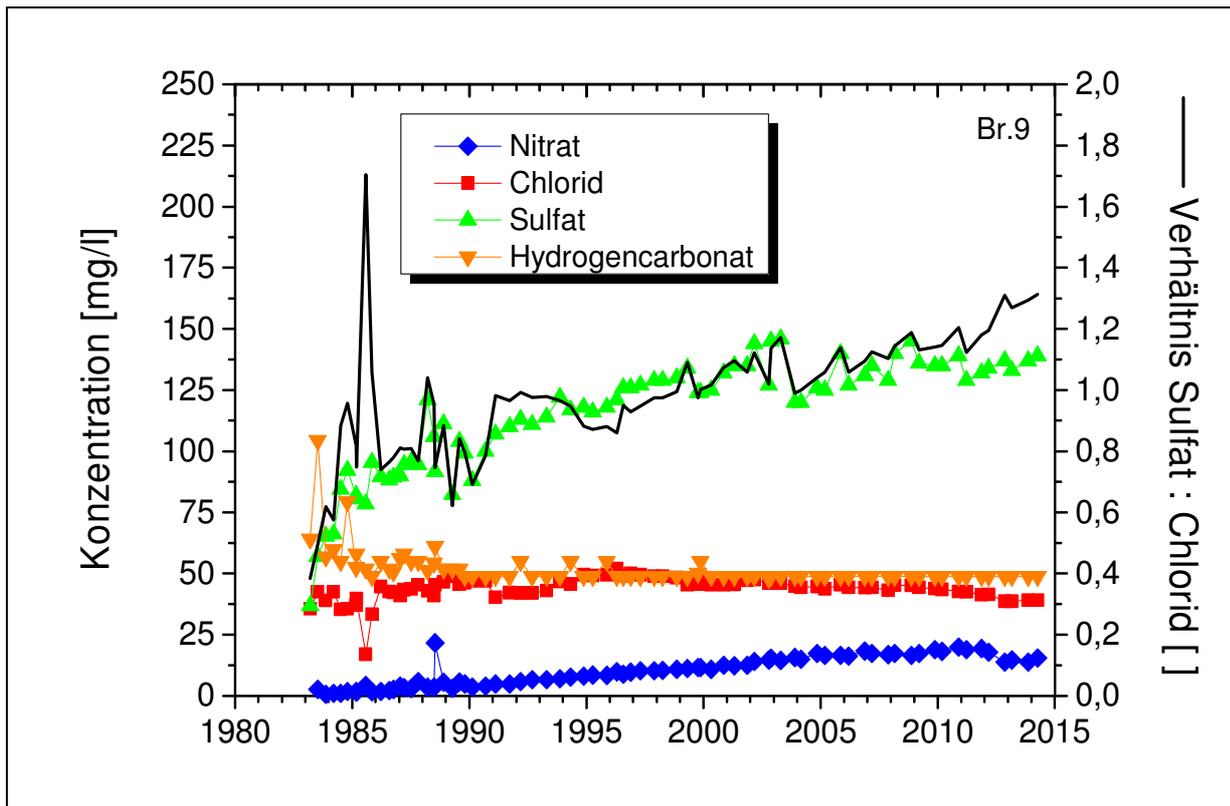


Abbildung 34: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 9 der Wassergewinnungsanlage Kirchhoven.

### 3.9.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Kirchhoven befinden sich 10 Grundwassermessstellen, zu denen aktuelle Grundwasseranalysen vorliegen. Die Nitratkonzentration beträgt im Mittel 71 mg/l. Tiefenspezifisch ist eine deutliche Trennung zwischen den Horizonten 14 und 16, die überwiegend durch einen geringleitenden Schluffhorizont getrennt sind, erkennbar. Während im oberflächennahen Grundwasser (Horizont 16) Nitratkonzentrationen um 100 mg/l vorherrschen, zeigen die wenigen an der Quartärbasis verfilterten Messstellen (Horizont 14) nur einstellige Nitratkonzentrationen.

### 3.9.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

In dem mit Ausnahme weniger Ortschaften fast ausschließlich landwirtschaftlich bewirtschafteten Einzugsgebiet liegen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers nach Angaben des Forschungszentrums Jülich meist bei über 100 mg/l (Wendland et al. 2010). Die Angaben basieren auf Berechnungen mit einem Modellverbund.

### 3.9.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Anhand der Grund- und Rohwasserbeschaffenheitsdaten lassen sich nur lokal Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Kirchhoven ableiten. In Messstellen bzw. Brunnen mit nitratarmen oder nitratfreien Proben zeigen die anderen Wasserinhaltsstoffe in der Regel geringe bis fehlende anthropogene Einflüsse an. Hieraus geht hervor, dass das Nitrat die Messstellen bisher nur in geringem Umfang oder noch gar nicht erreicht hat. Diese Beobachtung schließt einen Nitrat-Abbau zwar nicht aus, aber die Höhe der im oberflächennahen Grundwasser festgestellten Nitratkonzentrationen legt nahe, dass keine flächenhafte Nitrat-Reduktion erfolgt.

Eine Ausnahme stellt die hydrochemische Situation im Brunnen 9 dar. Zu Beginn der Messreihe sind die Wässer mit Werten unter 3 mg/l nitratarm, zeigen aber Chlorid- und Sulfatwerte um jeweils 40 mg/l, die einen anthropogenen Einfluss erkennen lassen (Abbildung 34). Hieraus ist ein Nitrat-Abbau abzuleiten, weil in dem nahezu flächendeckend landwirtschaftlich genutzten Gebiet ein Eintrag von Chlorid und Sulfat auch immer zwingend mit einer Nitratzufuhr in das Grundwasser verbunden ist. Bei gleichbleibenden Chloridwerten steigen die Nitratkonzentrationen in den folgenden Jahrzehnten kontinuierlich leicht auf bis zu 20 mg/l an. Da sich die Hydrogencarbonatkonzentrationen bei stabilen pH-Werten nicht verändern, ist eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. ein Nitrat-Abbau durch organischen Kohlenstoff (Kapitel 2.3.1), auszuschließen. Die steigenden Sulfatkonzentrationen weisen auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation hin, d. h. eine Nitrat-Reduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2). Belegt wird dies durch die Betrachtung des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses (Abbildung 34). Nitrat, Chlorid und Sulfat werden unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen. Bildet man auf Basis der molaren Konzentrationswerte das Sulfat : Chlorid-Verhältnis, zeigt dieses am Niederrhein häufig Werte um 0,75. Hier im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Kirchhoven liegt es im oberflächennahen Grundwasser bei 0,63. Da sich Chlorid konservativ verhält und nicht an hydrogeochemischen Prozessen im Grundwasserleiter teilnimmt, weist ein Anstieg des Konzentrationsverhältnisses auf eine Sulfatmobilisation aus dem Grundwasserleiter hin. Hierfür kommt nur eine Oxidation von Sulfidmineralen in Frage. Als Oxidationsmittel dient das Nitrat, das bei dem Prozess reduziert wird. Dieser Befund ist allerdings lokal begrenzt.

### 3.9.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Kirchhoven existiert seit 1993 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.10 Kreiswasserwerk Heinsberg GmbH

Die Kreiswasserwerk Heinsberg GmbH betreibt insgesamt sieben Wassergewinnungsanlagen, deren summierte Wasserrechte 9,872 Mio. m<sup>3</sup>/a betragen:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen mit Aufbereitung:

-	Arsbeck		0,650 Mio. m <sup>3</sup> /a
-	Holzweiler		1,900 Mio. m <sup>3</sup> /a
-	Mennekrath		1,752 Mio. m <sup>3</sup> /a
-	Uevekoven	flach	2,500 Mio. m <sup>3</sup> /a
		tief	1,000 Mio. m <sup>3</sup> /a
-	Wassenberg	flach	0,600 Mio. m <sup>3</sup> /a
-		tief	0,600 Mio. m <sup>3</sup> /a

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen ohne Aufbereitung:

-	Beeck		0,800 Mio. m <sup>3</sup> /a
-	Matzerath		0,070 Mio. m <sup>3</sup> /a

#### 3.10.1 Wassergewinnungsanlage Arsbeck

Die Wassergewinnungsanlage Arsbeck verfügt über vier Brunnen, die im Horizont 5 verfiltert sind, der das lokale zweite bzw. dritte Grundwasserstockwerk darstellt, was davon abhängt, ob das Flöz Frimmersdorf verbreitet ist oder nicht.

##### 3.10.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen in Arsbeck ist nitratfrei. Punktuell sind in den vergangenen Jahren Konzentrationen von ein bis zwei Milligramm Nitrat pro Liter gemessen worden (Abbildung 35).

##### 3.10.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die vorliegenden Grundwasseranalysen beschränken sich auf wenige Messstellen, die darüber hinaus noch in verschiedenen Horizonten verfiltert sind und von unterschiedlichen Flächennutzungsformen beeinflusst werden, so dass die folgenden Aussagen jeweils auf einer eingeschränkten Datenbasis beruhen. Die Proben aus den im Horizont 5 verfilterten Messstellen weisen - wie die Rohwasserproben - fehlende bis geringe Nitratkonzentrationen im einstelligen Konzentrationsbereich auf. Eine im südwestlichen, von Waldnutzung geprägten Teil des Einzugsgebiets gelegene Messstelle, zeigt im oberflächennahen Grundwasser Nitratwerte um 25 mg/l. Im landwirtschaftlich genutzten nordöstlichen Bereich des Einzugsgebietes liegt eine Messstelle, deren Proben Nitratwerte über 100 mg/l aufweisen. Eine weitere Messstelle zeigt nitratfreie Wässer, ist aber durch Infiltrationsmaßnahmen beeinflusst und daher für die Interpretation der Grundwasserbeschaffenheit nur bedingt geeignet.

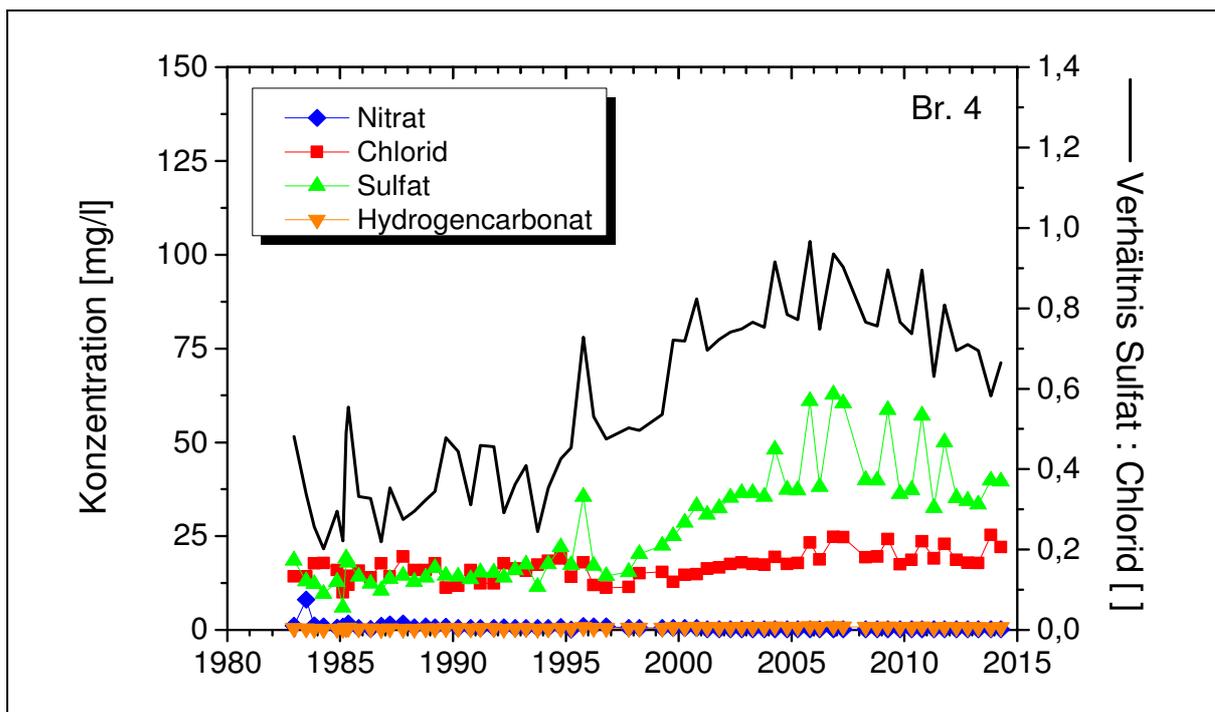


Abbildung 35: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Arsbeck.

### 3.10.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Mit Ausnahme der Nahbereiche um Arsbeck und Wildenrath ist das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Arsbeck durch Wald und Siedlungsgebiete geprägt. Während die Nitrateintragskonzentrationen unter Wald zwischen  $< 10$  mg/l und maximal 25 mg/l liegen, weist das Sickerwasser unter städtischen Flächen modellbasierten Berechnungen des Forschungszentrums Jülich zufolge Werte zwischen 25 und 50 mg/l auf (Wendland et al. 2010). In den landwirtschaftlichen Nutzgebieten, deren Flächenanteil bei etwa 30 % des Einzugsgebietes liegt, betragen die Nitratwerte des Sickerwassers über 75 mg/l, teilweise sogar mehr als 100 mg/l.

### 3.10.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Die zeitliche Entwicklung der Anionenkonzentrationen im Brunnen 4 (Abbildung 35) lässt erkennen, dass im Grundwasserleiter ein Nitratabbau stattfindet. Bis Mitte der 1990er Jahre zeigen die niedrigen Chlorid- und Sulfatwerte an, dass ein nahezu anthropogen unbeeinflusstes Wasser gefördert wurde. Auch wenn anschließend nur ein leichter Anstieg der Chloridwerte stattfand, hätte sich ohne Denitrifikationsreaktion auch ein Anstieg der Nitratwerte zeigen müssen, weil die Parameter Nitrat, Chlorid und Sulfat meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. Da die Hydrogencarbonatwerte bei stabilen pH-Bedingungen konstant bleiben, ergibt sich kein Hinweis auf den Abbau organischer Substanz, der mit einer Freisetzung von Kohlendioxid und einem Anstieg der Hydrogencarbonatwerte verbunden gewesen wäre. Eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.1) scheidet damit als Nitratabbauprozess aus.

Wie Abbildung 35 erkennen lässt, steigen die Sulfatwerte in stärkerem Maß als die Chloridkonzentrationen, so dass sich die Chlorid- bzw. Sulfatganglinie seit Ende der 1990er Jahre scherenartig öffnen. Dies wird auch durch den Anstieg des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses verdeutlicht. Das Verhältnis lag zu Beginn der Messungen auf einem niedrigen Niveau zwischen 0,20 und 0,55 und steigt anschließend auf maximale Werte um 0,90. Damit deutet sich eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment und somit eine chemo-lithotrophe Denitrifikation an (Kapitel 2.3.2). Da Einträge in das oberflächennahe Grundwasser oft ein Sulfat : Chlorid-Verhältnis um 0,75 zeigen, ist der Anstieg jedoch noch nicht deutlich genug, um den Prozess sicher zu belegen, sondern könnte auch durch einen Zustrom oberflächennahen Grundwassers bedingt sein. Außerdem sind die Werte in den letzten Jahren wieder deutlich auf ein Niveau von 0,60 gesunken.

Da innerhalb des Einzugsgebietes in der im Neurather Sand (Horizont 6D) verfilterten Grundwassermessstelle 20131 eine vergleichbare Entwicklung auf einem insgesamt höheren Konzentrationsniveau beobachtet wird (ohne Abbildung), liegt ein weiterer Hinweis auf einen Nitratabbau durch reduzierte Schwefelverbindungen vor. Dieser Prozess wird häufig in marinen Sedimenten beobachtet, was sowohl auf den Horizont 5 als auch den Neurather Sand (Horizont 6D) zutrifft. Geochemische Untersuchungen der Neurather Sande belegen zudem hohe Gehalte an Pyrit-Schwefel über 0,30 Gew.% (Bergmann 1999, Cremer 2002).

#### 3.10.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Mit einer seit 1993 betriebenen Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft wird auch im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Arsbeck u. a. an der Reduktion der Nitratreinträge in das Grundwasser gearbeitet.

### 3.10.2 Wassergewinnungsanlage Holzweiler

Die Wassergewinnungsanlage Holzweiler erschließt mit insgesamt sechs Förderbrunnen den Neurather Sand (Horizont 6D), der das lokale zweite Grundwasserstockwerk aufbaut. Das stockwerkstrennende Flöz Garzweiler (Horizont 6E) streicht allerdings im Einzugsgebiet aus.

#### 3.10.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Holzweiler ist mit Werten um 1 mg/l Nitrat als nahezu nitratfrei anzusehen (Abbildung 36).

#### 3.10.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die im Förderhorizont 6D verfilterten drei Messstellen liefern ein nitratfreies Grundwasser. In den im Hangenden anschließenden Schichten der Hauptkies- (Horizont 8) und Reuver-Serie (Horizont 11) liegen die Nitratkonzentrationen zwischen Null und 250 mg/l. Die deutlichen Unterschiede ergeben sich offensichtlich durch eine variable Eintragssituation und geologische Aspekte wie der Verbreitung der Reuvertone. Der Mittelwert aus sechs Grundwassermessstellen beträgt für das oberflächennahe Grundwasser 60 mg/l Nitrat.

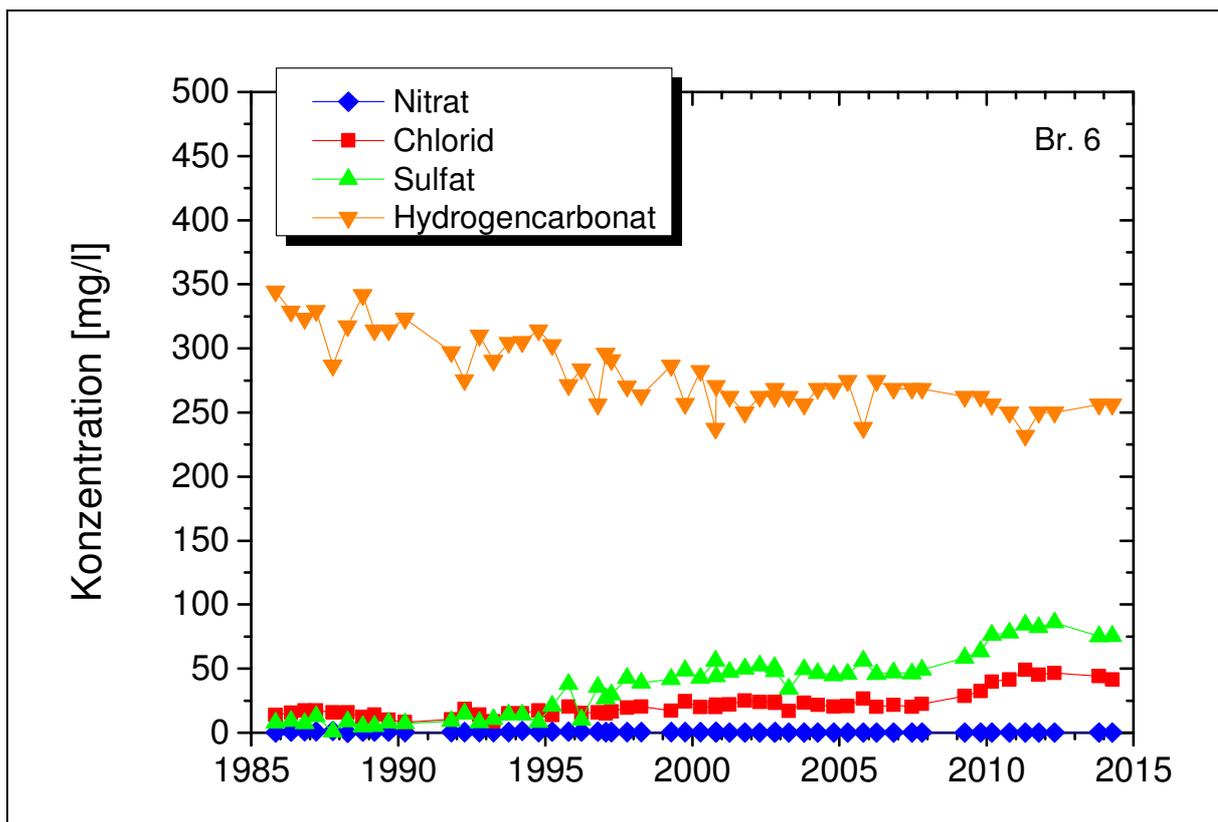


Abbildung 36: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 6 der Wassergewinnungsanlage Holzweiler.

### 3.10.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

In dem überwiegend landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Holzweiler weist das Sickerwasser nach Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 75 mg/l auf. Lediglich in den wenigen städtisch genutzten Flächen liegen die Nitratwerte zwischen 25 und 50 mg/l (Wendland et al. 2010).

### 3.10.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasser ergeben sich keine Hinweise auf Nitratabbaureaktionen. Die in einigen Messstellen beobachteten niedrigen Nitratwerte gehen mit einer insgesamt geringen anthropogenen Beeinflussung einher und sind nicht auf Reduktionsvorgänge zurückzuführen. Bestätigt wird diese Einschätzung durch die zeitliche Entwicklung der Anionkonzentrationen der Messstelle 802971 (Abbildung 37). Nachdem die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte über Jahrzehnte gleichermaßen niedrig waren, erfolgte im Zusammenhang mit der bergbaubedingten Absenkung und der damit verbundenen Verlagerung höher mineralisierten oberflächennahen Grundwasser in tiefere Horizonte, ein Mineralisationsanstieg. Da dieser zeitgleich sowohl das reaktive Nitrat wie auch das konservativ transportierte Anion Chlorid betraf (Abbildung 37), kann ein Nitratabbau ausgeschlossen werden. Bei Vorhandensein eines Nitratabbaupotenzials wäre der Anstieg der Nitratkonzentrationen mit zeitlicher Verzögerung erfolgt.

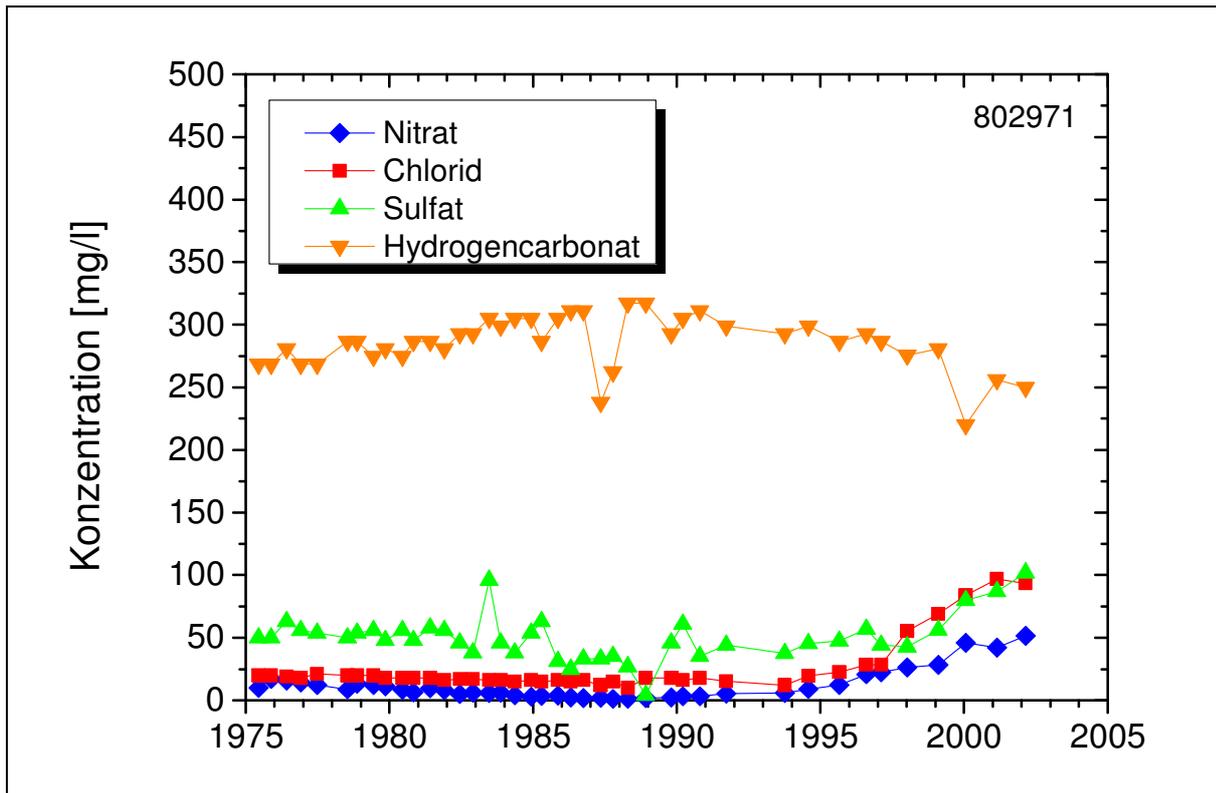


Abbildung 37: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 802971 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Holzweiler.

Im Förderhorizont 6D ist ein Nitratabbau nachweisbar. Auch in diesem Aquifer hat die Gesamtmineralisation seit Mitte der 1990er Jahre zugenommen, erkennbar an einem Anstieg der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen (Abbildung 36), ohne dass die Nitratwerte zunehmen. Da die Hydrogencarbonatkonzentrationen bei gleichbleibenden pH-Werten sinken, scheidet ein Nitratabbau durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) aus. Disulfidische Schwefelminerale sind hingegen im Neurather Sand in hohen Gehalten vorhanden und bilden ein Nitratabbau-potenzial, wie geochemische Untersuchungen im Vorfeld des Tagebaus Garzweiler (Bergmann 1999) bzw. im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rasseln (Cremer 2002) zeigen. Allerdings ergeben sich aus dem beobachteten Anstieg der Sulfatwerte – Sulfat ist ein Reaktionsprodukt der chemo-lithotrophen Denitrifikation, Kapitel 2.3.2 – keine Hinweise auf den Prozess, weil der Konzentrationsanstieg des Sulfats gegenüber dem des Chlorids nicht erhöht ist (Abbildung 36). Das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid weist mit Werten um 0,75 ein Niveau auf, das typisch für die Eintragungssituation unter landwirtschaftlichen Nutzflächen ist (ohne Abbildung). Es ergeben sich keine Hinweise auf eine Überprägung durch hydrogeochemische Prozesse wie den Nitratabbau durch reduzierte Schwefelminerale, der zu einer Sulfatfreisetzung führen und das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid damit erhöhen würde.

### 3.10.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die Wassergewinnungsanlage Holzweiler betreibt seit 1993 eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation, um die Stoffeinträge in das Grundwasser zu vermindern.

### 3.10.3 Wassergewinnungsanlage Mennekraath

Die Wassergewinnungsanlage Mennekraath verfügt über drei Brunnen, die jeweils mehrere Filterstrecken besitzen und in unterschiedlichen Horizonten verfiltert sind. Die Brunnen VU 42 (Br. 701) und VU 46 (Br. 702) erschließen sowohl den ersten quartären Grundwasserleiter als auch die zum zweiten Grundwasserstockwerk zusammengefassten Horizonte 8 und 6D. Hierzu sind die Brunnen jeweils mit drei Filterstrecken ausgebaut, wobei sich die längsten Teile der Filter im Horizont 8 befinden. Der Brunnen VU 70 (Br. 703) besitzt zwei Filterstrecken innerhalb der Horizonte 8/6D, ebenfalls mit einem Schwerpunkt im Horizont 8. Die Stockwerkstrennung ist nur an den jeweiligen Brunnenstandorten gegeben. Wegen der lückenhaften Tonverbreitung liegen hydraulische Wegsamkeiten zwischen den Grundwasserleitern vor.

#### 3.10.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

In den beiden Brunnen, die anteilig den quartären Grundwasserleiter bewirtschaften, liegen mit 30 bzw. 50 mg/l Nitrat die höchsten Konzentrationen vor. Im tiefer verfilterten Brunnen VU 70 werden mit 25 mg/l geringere Nitratwerte gemessen, die allerdings in den vergangenen Jahren auch deutlich angestiegen sind (Abbildung 38). Insgesamt hat sich damit die Rohwasserbeschaffenheit aller drei Brunnen angenähert, was einen anhaltend hohen Zufluss in die Horizonte 8 und 6D belegt, wozu die zunehmende bergbaubedingte Absenkung der Grundwasserstände einen Beitrag geleistet hat.

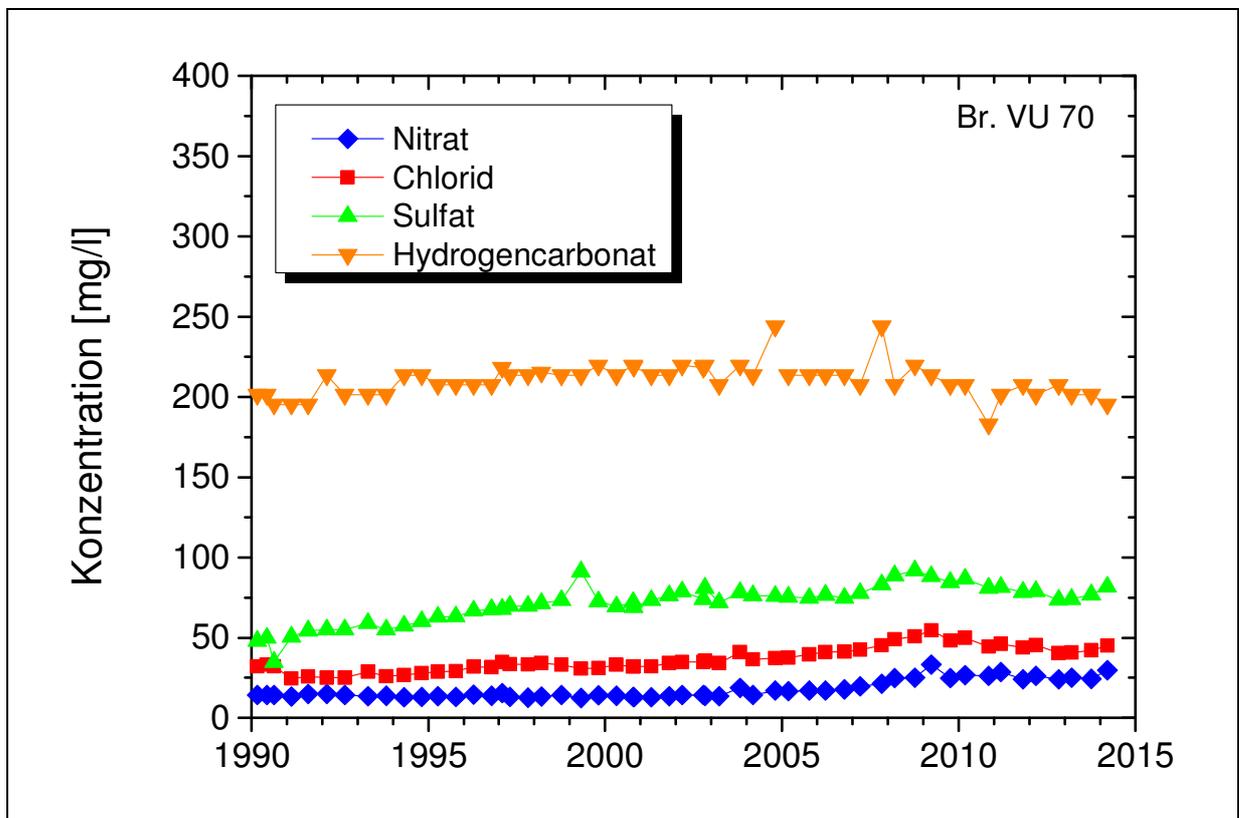


Abbildung 38: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen VU 70 der Wassergewinnungsanlage Mennekraath.

### 3.10.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Mennekrath liegen vier Messstellen mit aktuellen Grundwasseranalysen. Die Filterpositionen befinden sich in der Hauptterrasse (Horizont 16), in der Hauptkies-Serie (Horizont 8) und im oberen Teil des Neurather Sandes (6D1). Der mittlere Nitratwert beträgt 66 mg/l bei einem einheitlichen Konzentrationsniveau.

### 3.10.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Mennekrath dominiert die landwirtschaftliche Flächennutzung mit einem Flächenanteil von über 80 %. Unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen weist das Sickerwasser nach Angaben des Forschungszentrums Jülich Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 75 mg/l auf (Wendland et al. 2010). Im Sickerwasser unter städtisch genutzten Flächen ist von Nitratwerten zwischen 25 und 50 mg/l auszugehen.

### 3.10.3.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Trotz der bereits seit Jahrzehnten im Rohwasser vorhandenen und teilweise – wie im Fall des Brunnens VU 70 – weiter steigenden Nitratkonzentrationen, ist von einer Nitratreduktion im Grundwasserleiter auszugehen. Abbildung 38 lässt erkennen, dass die Nitratkonzentrationen im Rohwasser von Beginn der 1990er Jahre bis Mitte der 2000er Jahre bei 15 bis 17 mg/l stabil geblieben sind. Im gleichen Zeitraum sind jedoch die Chloridwerte von etwa 25 auf 35 bis 38 mg/l und die Sulfatkonzentrationen von 50 auf 75 mg/l angestiegen. Diese Unterschiede bei der Konzentrationsentwicklung deuten auf einen verzögerten und damit durch Abbauprozesse beeinflussten Transport des Nitrats hin. Eine Prozessidentifikation anhand der Rohwasserdaten ist nicht möglich, weil der Anstieg der Sulfatwerte als möglicher Indikator für einen Nitratabbau durch Sulfidminerale (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) kaum stärker als die Zunahme der sich konservativ verhaltenden Chloridionen ausfällt und sich somit kein eindeutiger Beleg für den Nitratabbauweg ergibt. Die Hydrogencarbonatkonzentrationen bleiben über den gesamten Messzeitraum stabil und zeigen keine hydrochemischen Prozesse unter Beteiligung von Kohlenstoff an, wie eine Nitratreduktion durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1).

Grundwasseranalysen aus der im Horizont 6D verfilterten Vorfeldmessstelle 30228 bei Oerath zeigen bei stark schwankenden Nitratwerten zwischen 20 und 100 mg/l einen Rückgang der Sulfatwerte (Abbildung 39), was eindeutig gegen eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch Sulfidminerale spricht. Der gleichzeitige Anstieg der Hydrogencarbonatwerte setzt auf einem bereits hohen Niveau um 400 mg/l an und erreicht Werte von über 800 mg/l. Da sich dieser Anstieg bei annähernd stabilen pH-Werten vollzieht und auch die Chloridkonzentrationen keinen Hinweis auf verstärkte Stoffeinträge in den Grundwasserleiter liefern, ist von einer Mobilisation anorganischen Kohlenstoffs, hier als Hydrogencarbonation, auszugehen. Grundsätzlich kann man hieraus einen Hinweis auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch organische Materie ableiten. Allerdings müssten für eine Freisetzung in dieser Größenordnung auch etwa 400 mg/l

Nitrat abgebaut werden, was angesichts der sonstigen hydrochemischen Parameter nicht plausibel ist. Somit ist von mindestens einem weiteren Prozess auszugehen, der gelösten anorganischen Kohlenstoff freisetzt. Trotzdem ist ein Nitratabbau durch organische Substanz wahrscheinlich, zumal Sedimentanalysen aus dem Neurather Sand hohe Gehalte organischen Kohlenstoffs im Feststoff belegen (Bergmann 1999, Cremer 2002). Sicher nachweisbar ist der Prozess anhand der vorhandenen Daten jedoch nicht.

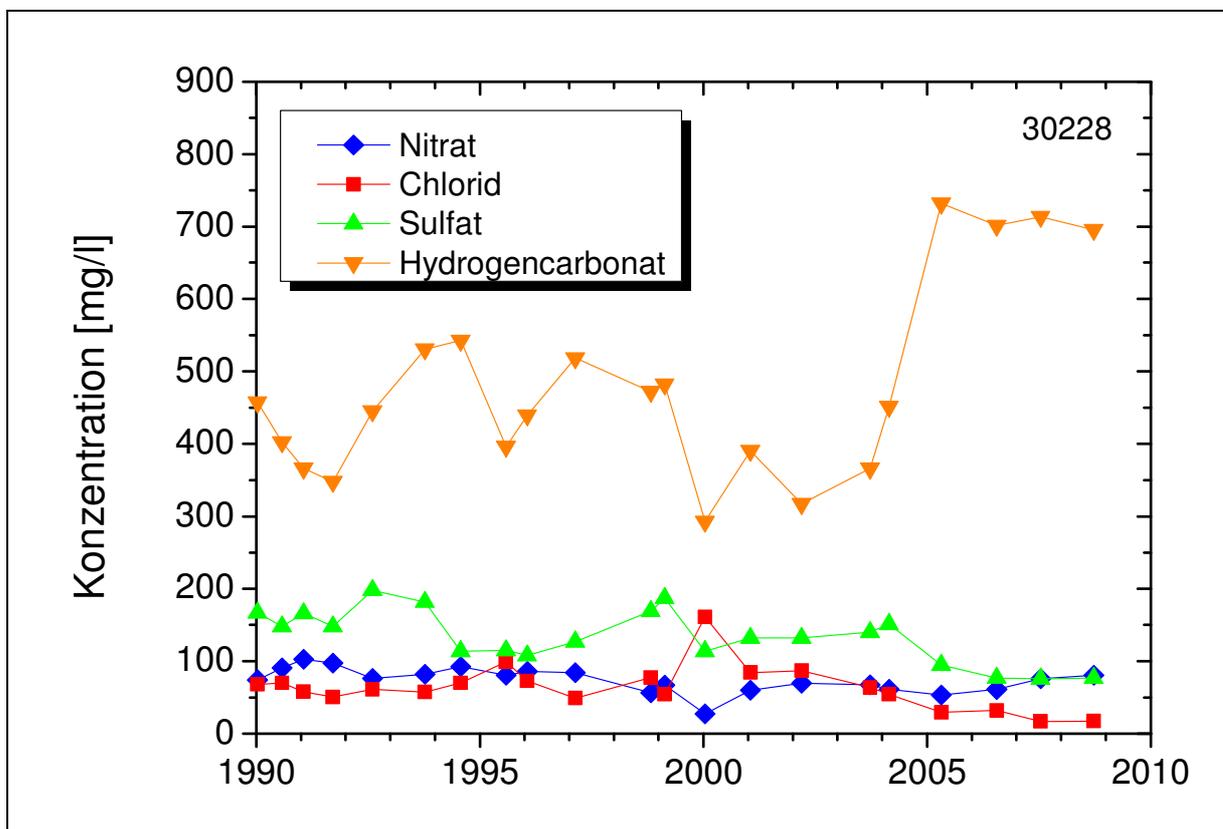


Abbildung 39: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 30228 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Mennekath.

### 3.10.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Mennekath existiert seit 1993 eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation, mit deren Hilfe u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser vermindert werden sollen.

### 3.10.4 Wassergewinnungsanlage Uevakoven

Die Wassergewinnungsanlage Uevakoven bewirtschaftet sowohl das oberste Grundwasserstockwerk (Horizont 16) als auch den Horizont 8 (Hauptkies-Serie), der in Abhängigkeit von der Verbreitung der Reuver-Tone B (Horizont 11C) und C (Horizont 11E) das lokale zweite bzw. dritte Grundwasserstockwerk bildet. Im Obersten Grundwasserleiter sind insgesamt 11 Brunnen verfiltert und drei weitere im Horizont 8.

### 3.10.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Die Brunnengalerie im obersten Grundwasserstockwerk wird zu großen Teilen von zwei Infiltrationsanlagen aus angeströmt (Abbildung 40). Bei Infiltrationswasseranteilen von bis zu 70 % ist die Rohwasserbeschaffenheit der Brunnen 3 bis 11 überprägt und aufgrund des im Infiltrationswasser nicht enthaltenen Nitrats - bei dem Infiltrationswasser handelt es sich um nitratfreies enteistes und entmangantes Sumpfungswasser aus dem Tagebau Garzweiler - mit minimal 7 mg/l nitratarm.

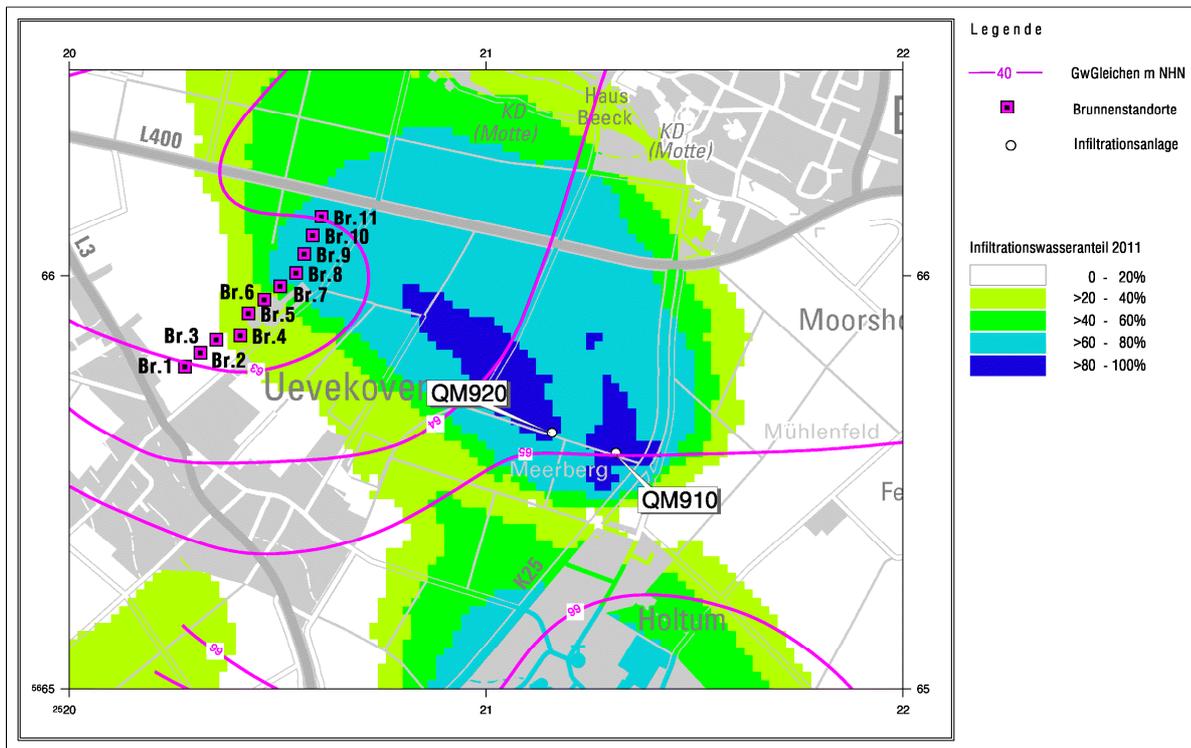


Abbildung 40: Ausbreitung des Infiltrationswassers im Nahbereich der Wassergewinnungsanlage Uevекoven im obersten Grundwasserleiter, basierend auf den Ergebnissen von Modellrechnungen und Grundwasseranalysen.

In den beiden nicht vom Infiltrationswasser beeinflussten Brunnen 1 und 2 am südwestlichen Rand der Brunnengalerie liegen die Nitratwerte aktuell um 80 mg/l. Dieses Niveau lag in den vom Infiltrationswasser angeströmten Brunnen vor Infiltrationsbeginn ebenfalls vor. Maximal wurden im Brunnen 11 bis zu 110 mg/l Nitrat im Jahr 1996 bestimmt, bevor 2001 der Infiltrationswasserdurchbruch erfolgte, der sich insbesondere anhand steigender Hydrogencarbonatwerte erkennen lässt (Abbildung 41).

Im Mittel enthält das Infiltrationswasser folgende Konzentrationen der wesentlichen Anionen:

- Nitrat 0 mg/l
- Chlorid 25 mg/l
- Sulfat 50 mg/l
- Hydrogencarbonat 320 mg/l

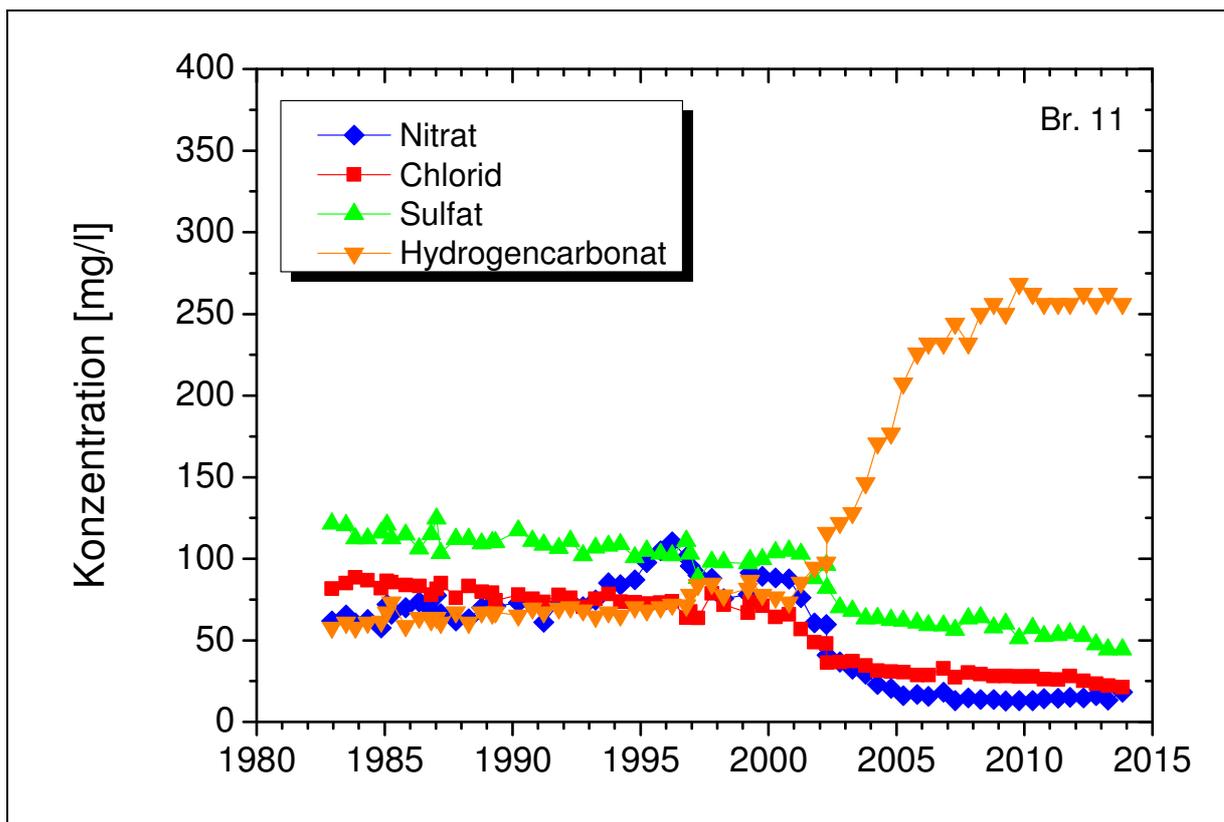


Abbildung 41: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 11 der Wassergewinnungsanlage Uevekoven.

Das Rohwasser der drei Brunnen, die im Horizont 8 verfiltert sind, ist nitratfrei.

#### 3.10.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die vier im oberflächennahen Grundwasser außerhalb der Infiltrationswasserfahne verfilterten Grundwassermessstellen, zu denen aktuelle Analysen vorliegen, weisen im Mittel Nitratkonzentrationen von 88 mg/l auf. Dieser Wert entspricht den Nitratkonzentrationen im Rohwasser der südwestlichsten Brunnen, die nicht vom Infiltrationswasser angeströmt und beeinflusst werden.

Im Horizont 8 werden in fünf Grundwassermessstellen in Abhängigkeit von der Filterposition innerhalb des Leiters und der Ausbildung der überlagernden Tonhorizonte Nitratkonzentrationen zwischen Null und 100 mg/l analysiert.

#### 3.10.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Uevekoven ist überwiegend landwirtschaftlich dominiert. Unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen weist das Sickerwasser nach Angaben des Forschungszentrums Jülich Nitratkonzentrationen zwischen 75 und 100 mg/l auf. Im Sickerwasser unter städtisch genutzten Flächen ist demnach von Nitratwerten zwischen 25 und 50 mg/l auszugehen (Wendland et al. 2010).

Allerdings ist die Flächennutzung aufgrund der Infiltrationsmaßnahmen nur in Teilen des Einzugsgebietes für die Grundwasserbeschaffenheit im obersten Grundwasserstockwerk bestimmend. Im Einflussbereich des Infiltrationswassers wird das oberflächennahe Grundwasser anteilig durch das eingeleitete nitratarme Wasser ersetzt (Abbildung 40 und Abbildung 41).

#### 3.10.4.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Innerhalb der Hauptterrassensedimente, die das oberste Grundwasserstockwerk aufbauen, ergeben sich keine Hinweise auf Nitratabbaureaktionen oder ein Nitratbaupotenzial. Die Nitratkonzentrationen befinden sich seit mindestens drei Jahrzehnten auf einem unverändert hohen Niveau und zeigen ein ähnliches Verhalten wie die Chlorid- und Sulfatwerte, was auf einen konservativen Transport ohne Abbaureaktionen hinweist.

Im Horizont 8 ist auf einem niedrigen Konzentrationsniveau ein leicht zunehmender anthropogener Einfluss feststellbar, der sich durch eine schwache Zunahme der Chloridkonzentrationen von etwa 15 mg/l auf rund 25 mg/l und der Sulfatkonzentrationen von etwa 25 bis 30 mg/l auf 50 bis 70 mg/l belegen lässt. Da die Nitratwerte diesen Anstieg nicht vollziehen, ist sicher von einem Nitratbaupotenzial auszugehen, denn ein anthropogener Einfluss bedeutet unter landwirtschaftlich genutzten Flächen immer auch einen Nitratreintrag in den Grundwasserleiter. Das Konzentrationsniveau ist insgesamt niedrig, was einen niedrigen Nitratreintrag erwarten lässt. Dies macht die Identifikation eines Abbauprozesses schwierig. Unterstellt man beispielsweise eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale, verbunden mit einer Sulfatfreisetzung, so würde der Abbau von 10 mg/l Nitrat eine Mobilisation von nur 10 mg/l Sulfat mit sich bringen. Da Sulfat auch aus anderen Quellen, wie beispielsweise der Düngung, in das Grundwasser eingetragen wird, ist dieser abbaubedingte Anteil nicht eindeutig zu identifizieren.

Auf beide wesentlichen Nitratabbauwege – Reduktion von Nitrat durch organische Substanz bzw. durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3 – ergeben sich Hinweise. Verglichen mit den Rohwasserdaten des Brunnens 14 sind beispielsweise die Sulfatkonzentrationen im Brunnen 15 stärker gestiegen, wobei die Hydrogencarbonatwerte gleich geblieben sind. Dies könnte auf eine Sulfatfreisetzung und damit eine chemo-lithotrophe Denitrifikation mit Sulfidmineralen als Reduktionsmittel hindeuten (Kapitel 2.3.2, ohne Abbildung).

Im Grundwasser der Messstelle 814912 bei Tüschbroich sind hingegen sowohl die Chlorid- als auch die Sulfatwerte bei annähernd gleichbleibenden Nitratkonzentrationen in den letzten 20 Jahren gesunken (Abbildung 42). Der Anstieg der Hydrogencarbonatkonzentrationen zeigt bei stabilen pH-Werten eine Mobilisation gelösten anorganischen Kohlenstoffs an, der von einem Nitratabbau durch organische Materie hervorgerufen worden sein kann.

In beiden Fällen liegen jedoch nur diese einzelnen Befunde vor, die weder als gesichert anzusehen sind, noch eine Übertragung auf das gesamte Einzugsgebiet im Horizont 8 zulassen.

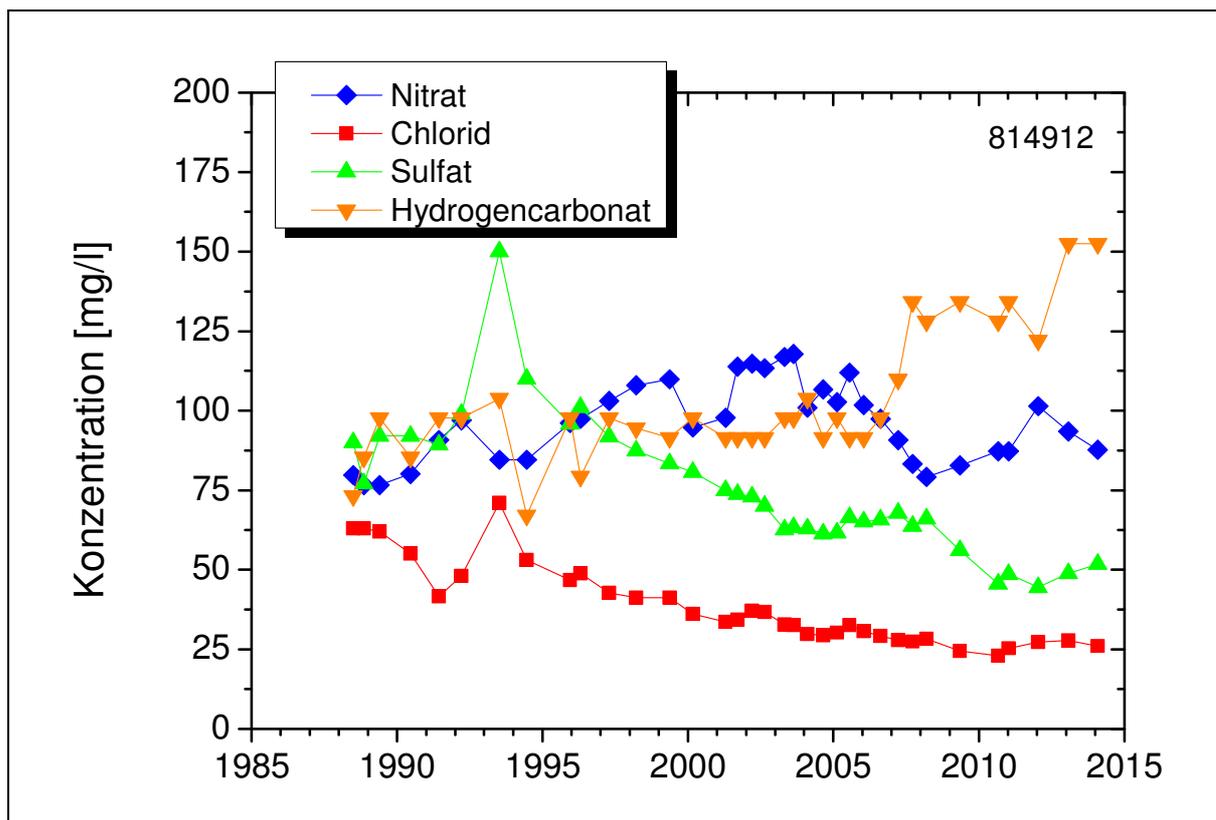


Abbildung 42: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen in der Grundwassermessstelle 814912 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Uevekoven.

#### 3.10.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Uevekoven wird seit 1993 mittels einer wasserwirtschaftlich-landwirtschaftlichen Kooperation u. a. an einer Reduktion der Stickstoffeinträge in das Grundwasser gearbeitet.

### 3.10.5 Wassergewinnungsanlage Wassenberg

Die Wassergewinnungsanlage Wassenberg bewirtschaftet das oberste Grundwasserstockwerk (Horizont 16) mit drei Förderbrunnen. Außerdem erfolgt eine Entnahme aus dem Horizont 9B, der als zweites lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen ist, über einen weiteren Vertikalfilterbrunnen.

#### 3.10.5.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der drei oberflächennah verfilterten Förderbrunnen weist derzeit Nitratkonzentrationen zwischen 40 und 70 mg/l auf, wobei die Werte in den letzten Jahren gesunken sind (Abbildung 43). Das aus dem Horizont 9B entnommene tiefe Grundwasser ist dagegen nitratfrei.

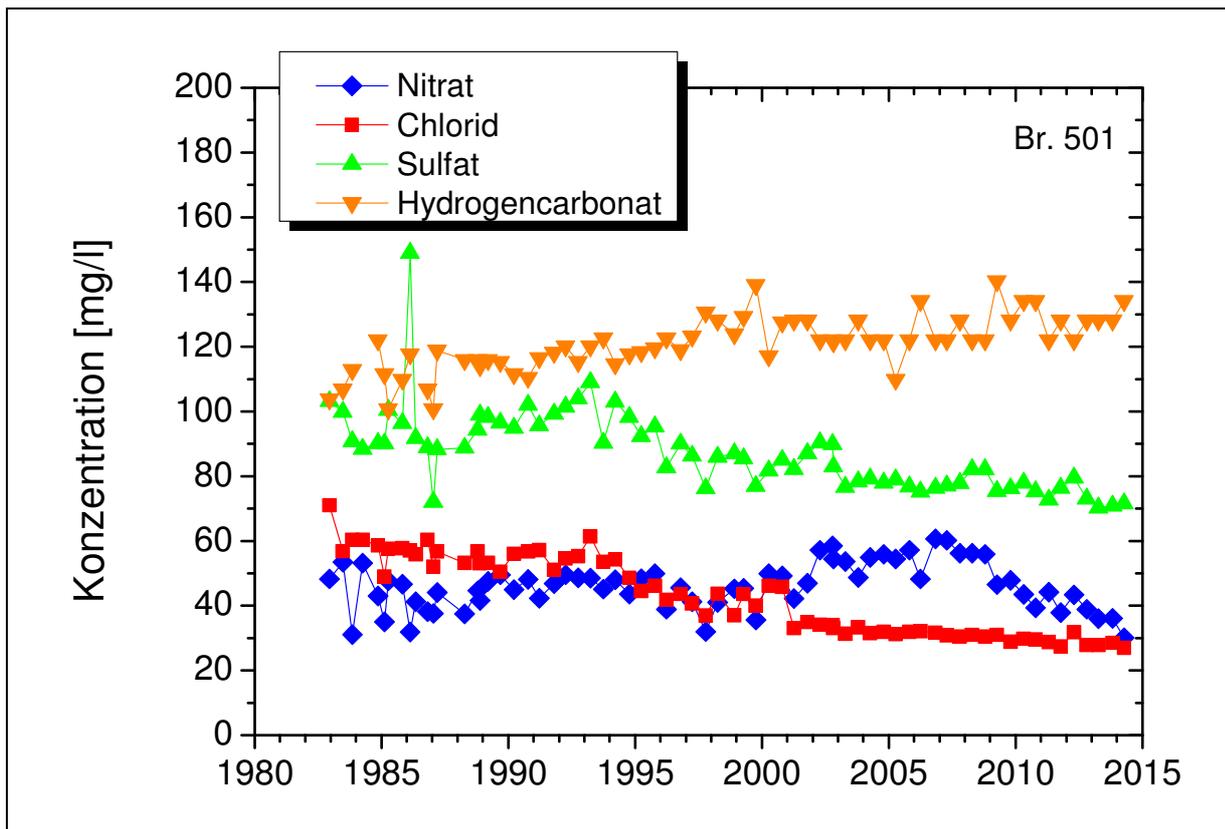


Abbildung 43: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 501 der Wassergewinnungsanlage Wassenberg.

### 3.10.5.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Zur Bewertung der Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Wassenberg stehen aktuelle Daten aus sechs Messstellen zur Verfügung. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen Null und 74 mg/l bei einem Mittelwert von 27 mg/l. Dieser im Vergleich zur Rohwasserbeschaffenheit niedrige Wert kommt zustande, weil mehrere Messstellen in geringer Tiefe verfiltert sind, in der Nähe von oberirdischen Gewässern liegen und hier im Verbreitungsgebiet von Gleyen und Niedermoorböden sehr gute Nitratabbaubedingungen herrschen (Kapitel 3.10.5.4). Dieser Einflussfaktor macht sich bei einem vergleichsweise kleinen Datenkollektiv deutlich bemerkbar und führt zu dem niedrigen Mittelwert der Nitratkonzentrationen.

Das Grundwasser des Horizonts 9B ist nitratfrei, wie Daten aus einer Messstelle zeigen.

### 3.10.5.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Sickerwasserkonzentrationen im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Wassenberg werden weitgehend durch die Flächennutzung bestimmt. Die landwirtschaftliche Fläche ist mit einem Anteil von gut 30 % relativ gering und verteilt sich auf den westlichen und östlichen Randbereich. Hier weist das Sickerwasser nach Angaben des For-

schungszentrums Jülich, die auf Modellrechnungen basieren, Nitratwerte über 100 mg/l auf (Wendland et al. 2010). In den Waldgebieten sind die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers meist gering mit Werten unter 10 mg/l, während die städtisch genutzten Flächen, die einen Anteil von etwa 45 % des Einzugsgebietes einnehmen, Nitratwerte von 10 bis 50 mg/l im Sickerwasser erwarten lassen.

#### 3.10.5.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im quartären Förderhorizont 16 ergeben sich keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen. Langfristige zeitliche Veränderungen der Grund- bzw. Rohwasserbeschaffenheit betreffen die Chlorid-, Sulfat und Nitratkonzentrationen gleichermaßen. Beispielsweise sind in der Abbildung 43 Konzentrationsrückgänge aller drei genannten Anionen erkennbar, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Da sich keine Veränderungen der Hydrogencarbonatwerte ergeben, weisen die Daten darauf hin, dass die Entwicklung von der Höhe der Stoffeinträge und nicht von Abbaureaktionen im Grundwasserleiter abhängt. Nitrat, Chlorid und Sulfat werden häufig in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen. Ein Nitrat-Abbau hätte eine verzögerte Entwicklung oder einen von der Chlorid- und Sulfatganglinie entkoppelten Verlauf erwarten lassen.

Im Bereich des Wassenberger Horstes liegen oberflächennah oligozäne marine Sande (Horizont 04) an, die ein Nitrat-Abbaupotenzial erkennen lassen, wie die hydrochemischen Befunde mehrerer Grundwassermessstellen zeigen, die exemplarisch für die Messstelle 40417 erläutert werden (Abbildung 44).

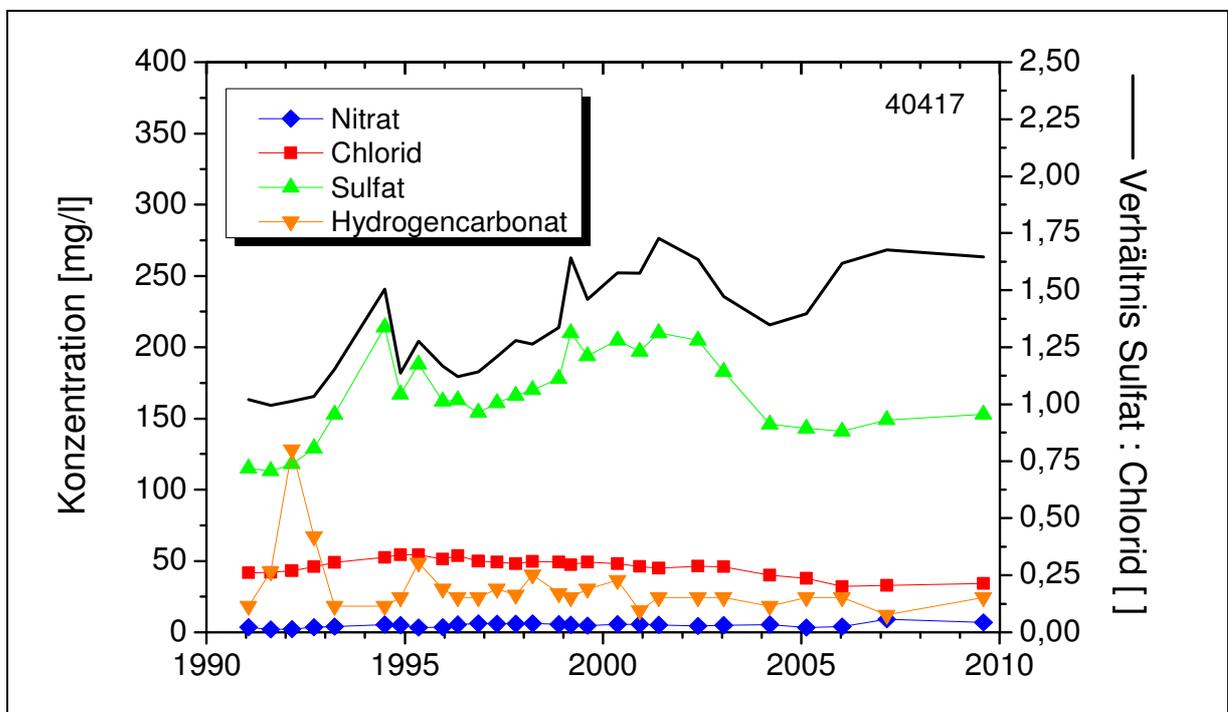


Abbildung 44: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat:Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 40417 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Wassenberg.

Das Grundwasser enthält nur geringe Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l. Chloridkonzentrationen zwischen 30 und 40 mg/l weisen darauf hin, dass ein anthropogener Einfluss vorliegt, der ohne Berücksichtigung von Nitratabbaureaktionen auch erhöhte Nitratwerte erwarten ließe. Da das Grundwasser gleichzeitig mit 150 bis 200 mg/l vergleichsweise viel Sulfat enthält, deutet sich eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) an. Diese Einschätzung wird durch das vergleichsweise hohe molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis von  $> 1,0$  gestützt (Abbildung 44). Dieses beträgt eintragsseitig unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist um 0,75. Da die landwirtschaftlichen Flächen im Einzugsgebiet nur eine untergeordnete Rolle spielen und die Eintragsbedingungen unter Siedlungsflächen größeren Schwankungen unterliegen, ist die Aussagesicherheit dieses Verhältnisses im vorliegenden Fall begrenzt. Trotzdem deutet der während des Messzeitraums erfolgende Anstieg auf eine fortgesetzte Sulfatfreisetzung und damit eine Nitratreduktion durch Sulfide hin. Anzeichen für eine Freisetzung von Kohlendioxid bzw. Hydrogencarbonat als Produkte des Nitratabbaus durch organische Substanz – chemoorganotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1 - sind nicht erkennbar.

Das aus dem Horizont 9B geförderte Wasser sowie die aus diesem Horizont vorliegenden Grundwasserproben sind frei von anthropogenen Einflüssen. Insofern sind hier keine Aussagen zum Nitratbaupotenzial möglich, auch wenn eine Nitratreduktion erwartet werden kann.

#### 3.10.5.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Wassenberg existiert seit 1993 eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation u. a. mit dem Ziel der Verminderung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser.

### 3.10.6 Wassergewinnungsanlage Beeck

Die Wassergewinnungsanlage Beeck erschließt das oberste Grundwasserstockwerk (Horizont 16) mittels vier Förderbrunnen.

#### 3.10.6.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der vier Förderbrunnen in der Wassergewinnungsanlage Beeck weist Nitratkonzentrationen zwischen 5 und 50 mg/l auf. Allerdings sind alle Brunnen durch den Zustrom von Infiltrationswasser beeinflusst, das zur Stützung der Wasserstände in grundwasserabhängigen Feuchtgebieten und zur Sicherung der Wasserversorgung von der RWE Power AG über Sickerschlitze in den Grundwasserleiter eingespeist wird. Die größten Einflüsse auf die Rohwasserbeschaffenheit zeigen sich im Brunnen 301 (Abbildung 45). Dieser Brunnen weist einen Infiltrationswasseranteil von 80 % auf, ist also überwiegend in seiner Zusammensetzung durch die Beschaffenheit des Infiltrationswassers überprägt, die in Kapitel 3.10.4.1 beschrieben ist. Der kleinste Infiltrationswasseranteil beträgt 40 % in dem am weitesten von den Infiltrationsanlagen entfernt gelegenen Brunnen 302.

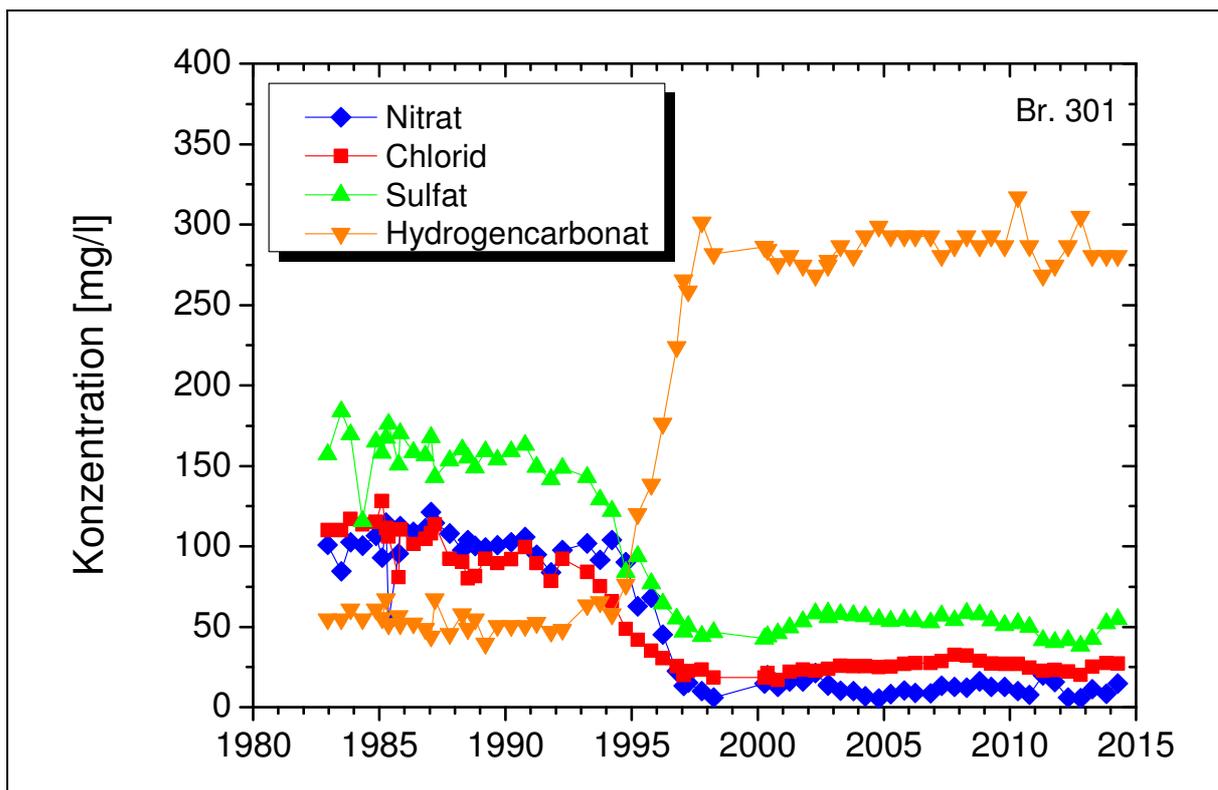


Abbildung 45: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 301 der Wassergewinnungsanlage Beeck.

Die Nitratkonzentrationen lagen vor Beginn des Infiltrationswassereinflusses bei maximal 137 mg/l und im Mittel bei etwa 100 mg/l. Nur aufgrund der Infiltrationsmaßnahmen kann die Wassergewinnungsanlage, deren Förderung Anfang der 1990er Jahre aufgrund der hohen Nitratbelastung stark reduziert worden ist, wieder kontinuierlich betrieben werden.

### 3.10.6.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Von den sieben Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Beeck, zu denen aktuelle Grundwasseranalysen vorliegen, befindet sich nur eine außerhalb des Einflusses der Infiltrationsmaßnahmen. In dieser Messstelle liegt der Nitratwert bei 114 mg/l, was angesichts der landwirtschaftlichen Intensivnutzung und der Daten benachbarter Messstellen sowie des gesamten Grundwasserkörpers 284\_01 der Schwalm (Kapitel 2.2.1) als gebietstypisch anzusehen ist.

### 3.10.6.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Der Großteil des Einzugsgebietes der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Beeck ist landwirtschaftlich geprägt. Für dieses Gebiet gibt das Forschungszentrum Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l an (Wendland et al. 2010). Im Bereich der Brunnen 302 bis 304 befindet sich ein kleines Waldgebiet, für das Nitratreintragskonzentrationen zwischen 10 und 25 mg/l zu erwarten sind.

#### 3.10.6.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im quartären Grundwasserleiter ergeben weder die Analysen der Rohwasser- noch der Grundwasserproben Hinweise auf Nitratabbaureaktionen. Die langfristige Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit gibt einen typischen eintragsbedingten Konzentrationsverlauf wieder, der aus anderen Gebieten ohne Denitrifikationsreaktionen bekannt ist. Auch die gleiche Größenordnung der Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser vor Beginn der Infiltrationsmaßnahmen im Vergleich zur Höhe des modellierten Nitrateintrags über das Sickerwasser spricht gegen einen Nitratabbau.

#### 3.10.6.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Beeck wurde im Jahr 1993 u. a. zum Zweck der Verringerung der Stickstoffeinträge eine Kooperation zwischen Wasser- und Landwirtschaft gegründet.

### 3.10.7 Wassergewinnungsanlage Matzerath

In der Wassergewinnungsanlage Matzerath wird Grundwasser mittels eines Förderbrunnens aus dem Horizont 8 gefördert, der das zweite lokale Grundwasserstockwerk aufbaut. Der stockwerkstrennende Reuverton B (Horizont 11C) ist allerdings nur kleinräumig verbreitet und im größten Teil des Einzugsgebietes nicht vorhanden.

#### 3.10.7.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Förderbrunnens weist seit einigen Jahren Nitratkonzentrationen von etwa 75 mg/l auf (Abbildung 46).

#### 3.10.7.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

In dem entsprechend der Fördermenge kleinen Einzugsgebiet liegen keine Grundwassermessstellen vor. Daten einer benachbarten Messstelle weisen ein Konzentrationsniveau, das dem der Rohwässer (Kapitel 3.10.7.1) vergleichbar ist.

#### 3.10.7.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

In dem rein landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet des Brunnens Matzerath gibt das Forschungszentrum Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l an, die auf Modellrechnungen basieren (Wendland et al. 2010).

#### 3.10.7.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Für die Hauptkies-Serie (Horizont 8) als Förderhorizont und die überlagernden quartären Sedimente ergeben sich weder aus den Rohwasseranalysen (Abbildung 46) noch den Analysen der benachbarten Grundwassermessstelle 908621 Hinweise auf das Vorhandensein

eines Nitratabbaupotenzials. Die im Grundwasser gemessenen Nitratkonzentrationen entsprechen dem Eintragsniveau und die langfristige zeitliche Entwicklung der im Grundwasser gelösten Anionen Nitrat, Chlorid und Sulfat gibt einen typischen eintragsbedingten Konzentrationsverlauf wieder, der sich durch gleiche Entwicklungstendenzen auszeichnet und aus anderen Gebieten ohne Denitrifikationsreaktionen bekannt ist.

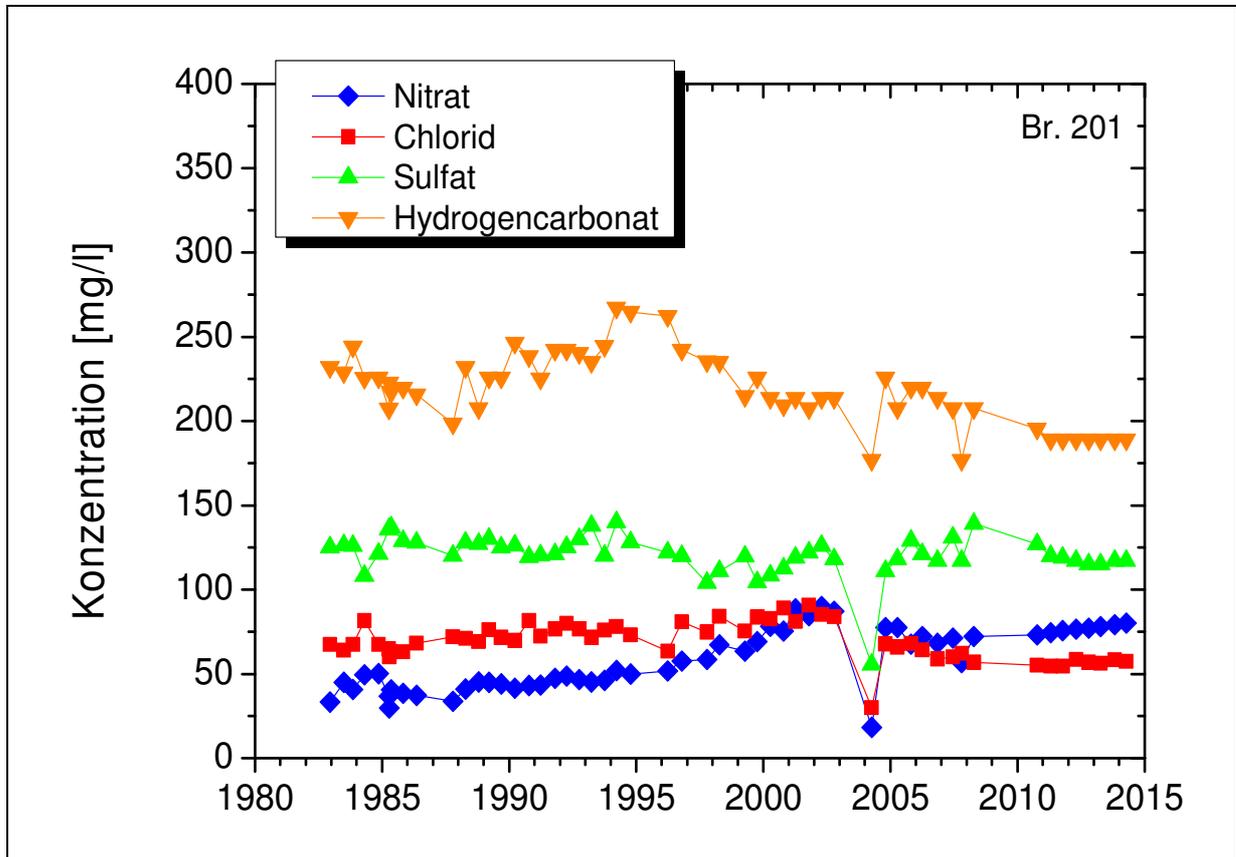


Abbildung 46: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 201 der Wassergewinnungsanlage Matzerath.

### 3.10.7.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Matzerath wird keine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation betrieben.

## 3.11 Gemeindewerke Niederkrüchten GmbH

Die Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten der Gemeindewerke Niederkrüchten GmbH verfügt über eine wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von 0,300 Mio. m<sup>3</sup>/a Grundwasser aus der Hauptkies-Serie (Horizont 8) und weiterer 1,100 Mio. m<sup>3</sup>/a aus den Liegendsanden (Horizont 5).

### 3.11.1 Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten

Die mit zwei Brunnen bewirtschaftete Hauptkies-Serie (Horizont 8) stellt am Gewinnungsstandort das lokale zweite Grundwasserstockwerk dar, wobei im weiteren Vorfeld auch eine Anbindung an den quartären Grundwasserleiter besteht, weil der stockwerktrennende Reuverton B (Horizont 11C) nur im nördlichen Teil des Einzugsgebiets verbreitet ist. Die Liegendsande, aus denen ebenfalls zwei Brunnen Grundwasser fördern, bauen das lokale vierte Grundwasserstockwerk auf, das durch die Verbreitung der Flöze Morken (Horizont 6A) und Frimmersdorf (Horizont 6C) hydraulisch von den oberen Leitern getrennt ist.

#### 3.11.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der innerhalb der Hauptkies-Serie verfilterten Flachbrunnen weist Nitratkonzentrationen zwischen 110 und 120 mg/l auf, die seit etwa 20 Jahren stabil sind (Abbildung 47). Das Rohwasser aus den Tiefbrunnen in den Liegendsanden (Horizont 5) ist nitratfrei und zeigt keine anthropogenen Einflüsse.

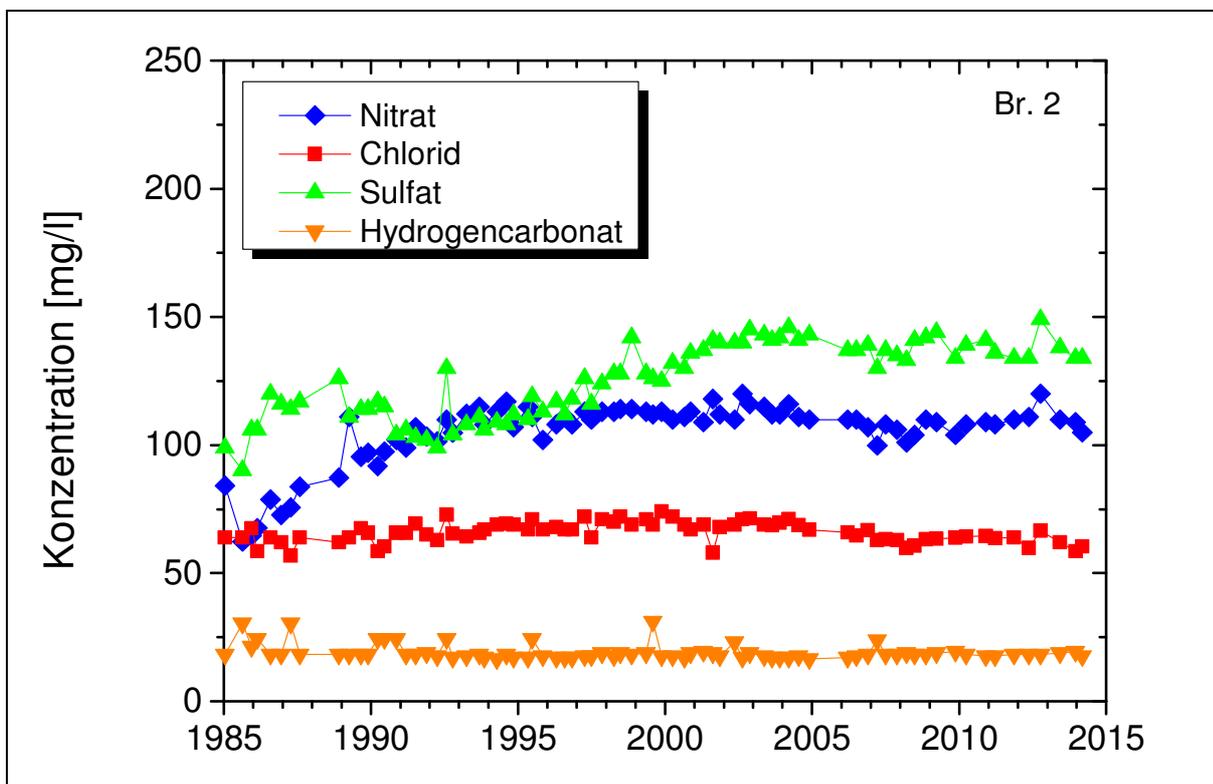


Abbildung 47: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Flachbrunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten.

#### 3.11.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im oberflächennahen Grundwasser, zu dem die quartäre Hauptterrasse (Horizont 16) und die Hauptkies-Serie (Horizont 8) für die vorliegende Betrachtung zusammengefasst werden, liegt die Nitratkonzentration im Mittel bei 91 mg/l. Hierzu konnten aktuelle Analysen aus

10 Grundwassermessstellen ausgewertet werden. Die Nitratwerte betragen in weiten Bereichen des Einzugsgebietes mehr als 100 mg/l. Lediglich im Südwesten führen die dortigen Infiltrationswassereinleitungen lokal zu nitratärmerem Grundwasser.

Im Horizont 8 ist das Nitrat-Konzentrationsniveau nur unwesentlich geringer als im oberflächennahen Grundwasser. Der Mittelwert aus den Proben von neun Messstellen beträgt 70 mg/l. Hierbei fallen zwei Messstellen mit fehlenden anthropogenen Einflüssen und nitratfreien Proben am Rand des Einzugsgebiets auf, während in den übrigen Messstellen stark erhöhte Werte vorliegen, die oft um oder über 100 mg/l Nitrat betragen.

Im Horizont 6D, der formal ein gemeinsames Grundwasserstockwerk mit der im Hangenden anschließenden Hauptkies-Serie bildet, zeigen die Proben aus vier Messstellen ein anthropogen unbeeinflusstes Wasser ohne Nitrat. Durch die im Vergleich zum Horizont 8 deutlich geringeren Durchlässigkeitsbeiwerte des Horizonts 6D und dessen Mächtigkeit von mehreren 10er Metern hat sich das anthropogen beeinflusste oberflächennahe Grundwasser noch nicht bis in diesen Horizont ausgebreitet.

In den Horizonten 6B als drittes und 5 als viertes Grundwasserstockwerk zeigen die Werte aus neun von insgesamt zehn Messstellen ausnahmslos Grundwasser, die frei von anthropogen bedingten Stoffeinträgen sind und somit auch kein Nitrat enthalten. In einer Grundwassermessstelle im Westen des Einzugsgebiets finden sich Nitratkonzentrationen von aktuell 14 mg/l bei Maximalwerten von 22 mg/l.

### 3.11.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten ist landwirtschaftlich dominiert. Im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzfläche liegen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers meist bei mehr als 100 mg/l und in Teilbereichen bei 75 bis 100 mg/l, wie Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich ergeben (Wendland et al. 2010). Im Bereich der Ortslagen weist das Sickerwasser Nitratkonzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l auf.

### 3.11.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Weder die Rohwasserdaten (Abbildung 47) noch die Grundwasseranalysen lassen für die Hauptkies-Serie (Horizont 8) als Förderhorizont oder die überlagernden quartären Sedimente Nitrat-Abbaureaktionen erkennen. Die im Grund- bzw. Rohwasser gemessenen Nitratkonzentrationen entsprechen dem Eintragsniveau. Die Konzentrationen des Nitrats, Chlorids und Sulfats, die oft in vergleichbaren Verhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, entwickeln sich zeitlich ähnlich und zeigen einen konservativen Transport ohne Abbaureaktionen an. Punktuell können im tieferen Horizont 8 sogar höhere Nitratwerte als im Horizont 16 gemessen werden.

In den Horizonten 6B und 5 ist das Rohwasser nicht nur annähernd nitratfrei, sondern zeigt auch nahezu keine anthropogenen Einflüsse an. Daher kann aus den Rohwasserdaten nicht auf hydrochemische Prozesse geschlossen werden. Dies gilt auch für vier der fünf Grund-

wassermessstellen, zu denen aktuellen Analysen vorliegen. In einem Fall zeigen die Analysen im westlichen Teil des Einzugsgebietes ein fehlendes Nitratabbaupotenzial der Liegendsande an. Da die stockwerkstrennenden Flöze im Zustrombereich zur Messstelle 908061 fehlen, ist ein hydraulischer Kontakt zum höher mineralisierten oberflächennahen Grundwasser gegeben. Die geringen Anstiege der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte erfolgen gleichzeitig, ohne dass sich ein Indiz für Abbaureaktionen ergibt (Abbildung 48). Hierbei handelt es sich allerdings um einen Einzelbefund ohne Aussagekraft für das gesamte Einzugsgebiet, weil die Liegendsande als marine Sedimente bekanntermaßen organische Substanz und Sulfidminerale enthalten, die als Nitratabbaupotenzial wirken können.

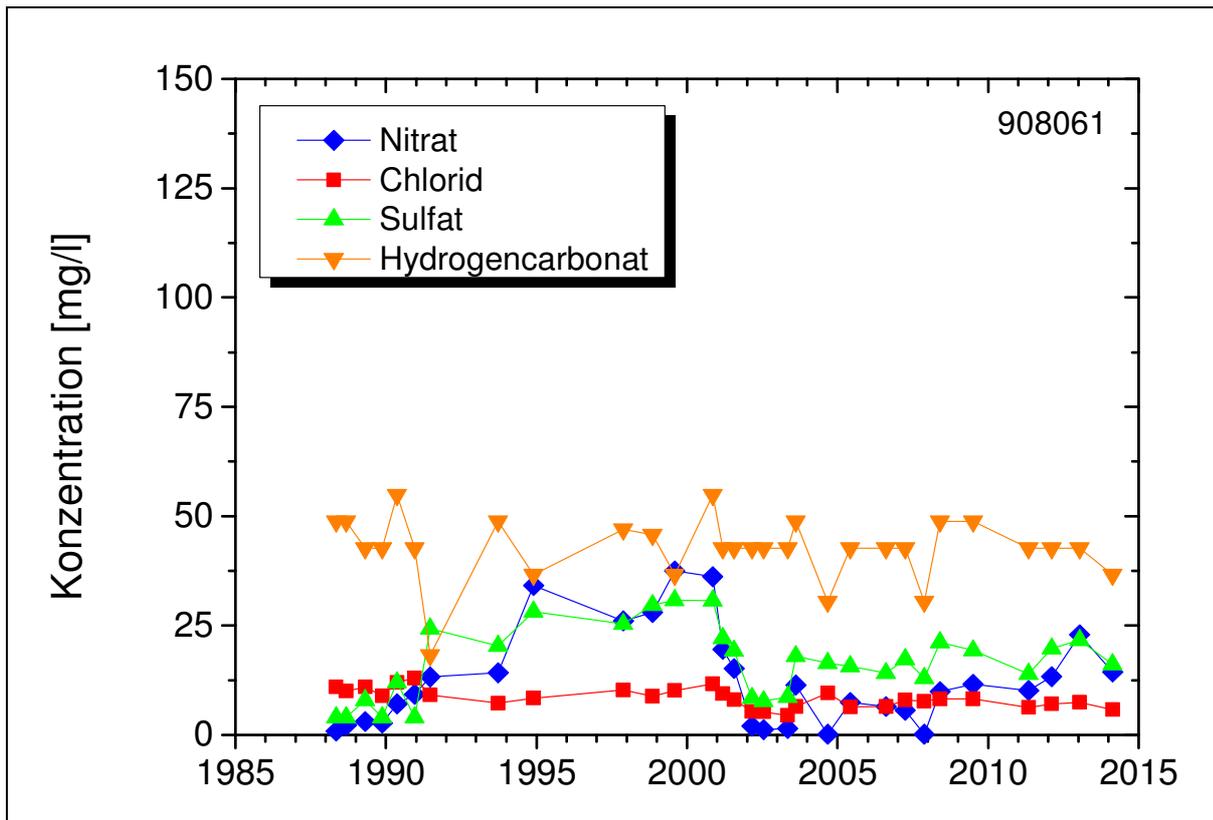


Abbildung 48: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 908061 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten.

### 3.11.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Niederkrüchten existiert keine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation.

## 3.12 Gemeindewerke Brüggen GmbH

Die Gemeindewerke Brüggen GmbH betreiben die Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht, die eine wasserrechtliche Erlaubnis zur Entnahme von 1,25 Mio. m<sup>3</sup>/a Grundwasser aus der Hauptkies-Serie (Horizont 8) besitzt.

### 3.12.1 Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht

Die Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht verfügt über vier Brunnen, die die Hauptkies-Serie (Horizont 8) erschließen. Drei Brunnen befinden sich am Standort der Wassergewinnungsanlage und ein weiterer im Bereich „Stieger Kamp“ etwa 1,5 km östlich von Lüttelbracht. Die Hauptkies-Serie stellt das lokale dritte Grundwasserstockwerk dar, wobei die stockwerkstrennenden Tonhorizonte der Reuver-Serie nahezu durchgängig ausgebildet sind, aber am südlichen bzw. westlichen Rand des Einzugsgebiets ausstreichen und teilweise versandete sowie geringmächtige Teilbereiche aufweisen. Hydraulische Kontakte zum obersten Grundwasserleiter sind daher nicht auszuschließen. Die Rottone sind hingegen nur lückenhaft verbreitet.

#### 3.12.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser zeigen sich deutliche Unterschiede der Nitratkonzentrationen. Die Nitratwerte liegen aktuell bei den in Lüttelbracht gelegenen Brunnen 1 bis 3 zwischen Null und etwa 70 mg/l und nehmen von Süden (Brunnen 1) nach Norden (Brunnen 3) ab (Abbildung 49). Das Wasser aus dem Brunnen 4 im Bereich Stieger Kamp weist Nitratkonzentrationen um 30 mg/l auf (ohne Abbildung).

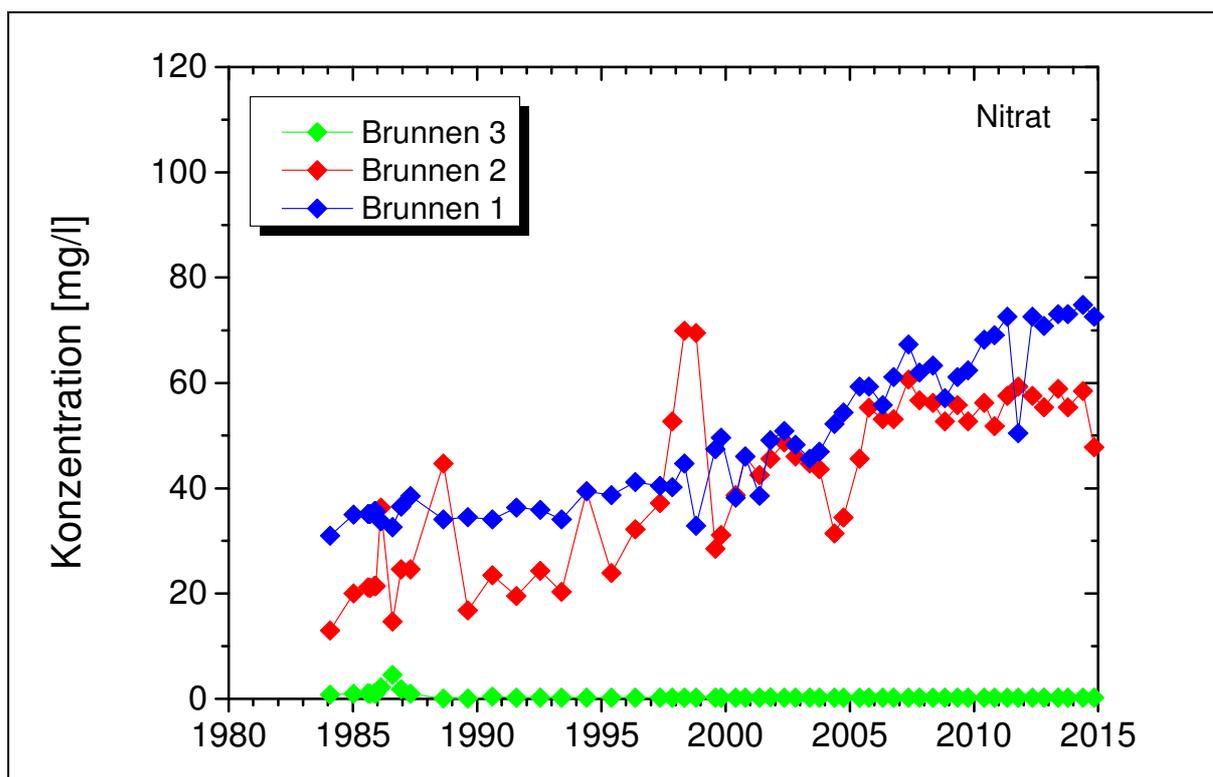


Abbildung 49: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen in den Brunnen 1 bis 3 der Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht.

#### 3.12.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im oberflächennahen quartären Aquifer liegen aktuelle hydrochemische Daten zu sechs Grundwassermessstellen vor, wobei alle Grundwasserproben Nitratkonzentrationen von

mehr als 100 mg/l enthalten. Stellenweise werden auch mehr als 250 mg/l Nitrat gemessen, wie in der Messtelle 909081 bei Alst mit aktuell 279 mg/l.

In den Horizonten 11D und 11B innerhalb der Reuver-Serie liegt die durchschnittliche Nitratkonzentration ebenfalls bei mehr als 100 mg/l, berechnet auf der Datengrundlage aus sechs Messstellen. Punktuell treten Einzelwerten bis zu 195 mg/l Nitrat auf.

Im Horizont 8 liegen aktuelle Analysen aus fünf Messstellen vor, deren Nitratwerte zwischen Null und 75 mg/l schwanken und somit dem im Rohwasser auftretenden Konzentrationspektrum entsprechen.

### 3.12.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Mit Ausnahme eines kleinen bewaldeten Streifens östlich von Haverslohe und kleinerer Siedlungsgebiete dominiert die landwirtschaftliche Flächennutzung im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht. Nach Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich enthält das Sickerwasser Nitratkonzentrationen von über 100 mg/l (Wendland et al. 2010), die sich auch im oberflächennahen Grundwasser wiederfinden (Kapitel 3.12.1.2)

### 3.12.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im quartären Grundwasserleiter und in den sandig-kiesigen Zwischenmitteln der Reuver-Serie (Horizonte 11D und 11B) ergeben sich keine Hinweise auf Abbaureaktionen des Nitrats. Das hohe Konzentrationsniveau, das den berechneten Eintragskonzentrationen entspricht, weist ebensowenig auf einen Abbau hin, wie die zeitlich ähnliche Entwicklung der Anionenkonzentrationen. Bei einem Abbau müssten sich Sulfat oder Hydrogencarbonat als mögliche Reaktionsprodukte einer Nitratreduktion stärker steigen als die Konzentrationen des Nitrats und des konservativen, d. h. nicht an hydrogeochemischen Reaktionen beteiligten, Chlorids.

Im Förderhorizont 8 (Hauptkies-Serie) kann hingegen sicher von einer Denitrifikation ausgegangen werden, auch wenn unklar ist, ob diese im gesamten Einzugsgebiet stattfindet. Den Beleg hierfür liefern beispielsweise die Daten zur Rohwasserbeschaffenheit. Die Analysen der Proben aus dem Brunnen 3 zeigen ein nitratfreies Wasser, dessen erhöhte Chloridwerte eindeutig anthropogenen Ursprungs sind (Abbildung 50).

Ein anthropogen unbeeinflusstes Wasser würde Chlorid- und Sulfatkonzentrationen um 10 mg/l beinhalten. Mit jeweils etwa 20 mg/l wies das Wasser zu Beginn der Analysenreihe Mitte der 1980er Jahre nur geringe anthropogen bedingte Einträge auf (Abbildung 50). Anschließend blieb das Wasser trotz zunehmender Mineralisation, erkennbar beispielsweise an steigenden Chloridwerten, nitratfrei, was einen Abbau belegt, weil erhöhte Chloridwerte in landwirtschaftlich geprägten Gebieten immer mit Nitrateinträgen einhergehen.

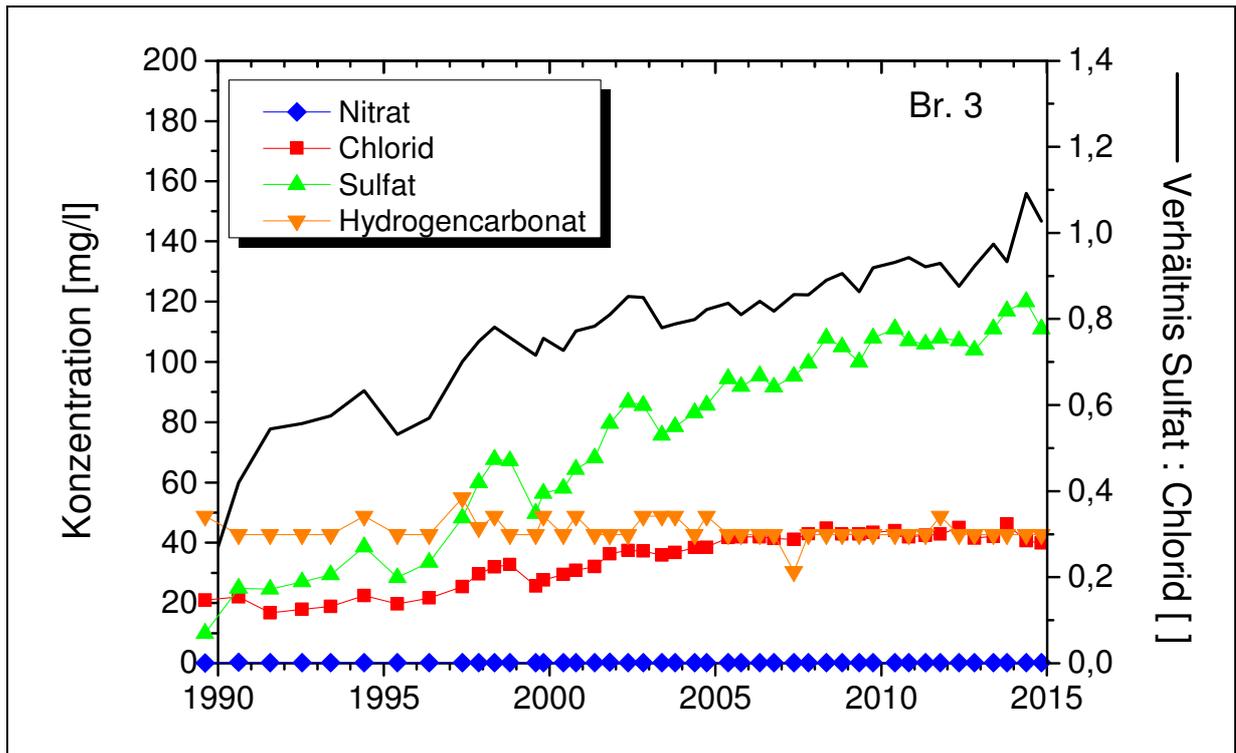


Abbildung 50: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht.

Da sich die Hydrogencarbonatkonzentrationen bei stabilen pH-Werten auf einem konstanten Niveau bewegen, scheidet eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. ein Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1), als Reaktionsprozess aus.

Hinweise auf die Art des Nitratabbauprozesses ergeben sich aus einem Vergleich der Chlorid- und der Sulfatkonzentrationen, deren Ganglinien sich scherenartig öffnen (Abbildung 50). Zwar wird unter landwirtschaftlichen Nutzflächen mehr Sulfat als Chlorid in das Grundwasser verlagert, aber hier steigen die Sulfatwerte deutlich stärker an, als die Chloridkonzentrationen dies vermuten lassen. So liegen die Chloridwerte im Brunnen 3 kontinuierlich niedriger als in den beiden anderen Brunnen, im Vergleich zum Brunnen 1 um etwa 20 % (54 mg/l im Brunnen 1 zu 42 mg/l im Brunnen 3). Die Sulfatwerte bewegen sich jedoch seit einigen Jahren auf dem gleichen Niveau und lagen im Brunnen 3 schon mehrfach höher als im Brunnen 1. Dies ist als Hinweis auf eine Sulfatfreisetzung und damit eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch Sulfidminerale wie Pyrite (Kapitel 2.3.2) zu sehen. Unterstützt wird diese Einschätzung durch die Entwicklung des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses. Unter landwirtschaftlichen Flächen beträgt dieses Verhältnis unabhängig von der Höhe der Konzentrationen oft Werte um 0,75. Sulfat und Chlorid werden also in einem konstanten Verhältnis in das Grundwasser eingetragen. Der kontinuierliche Anstieg im Rohwasser des Brunnens 3 auf Werte über 1,0 (Abbildung 50) kann nur durch Freisetzung von Sulfat aus dem Grundwasserleiter erklärt werden. Als einziger Prozess kommt hierfür die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. der Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) in Frage.

In den Nachbarbrunnen 1 und 2 enthält das Wasser mit etwa 75 mg/l (Brunnen 1) bzw. 55 mg/l (Brunnen 2) erhöhte Nitratwerte (3.12.1.1), ohne dass Nitratabbaureaktionen sicher nachgewiesen werden können. Lediglich das gegenüber dem oberflächennahen Grundwasser geringere Nitratniveau bei vergleichbaren Chloridwerten weist auf einen Nitratabbau hin. Die höheren Nitratwerte können auch mit einer geologisch bedingt anderen Zustromsituation zusammenhängen, die z. B. über höher durchlässige Bereiche bzw. Fenster in den Tonen einen verstärkten Zustrom oberflächennahen Grundwassers mit sich bringt.

Denselben Prozess zeigen die Daten einer in den Horizonten 16, 11D und 8 verfilterten Messgruppe (Messstellennummern 658346, 658347, 658348) an. Vergleicht man beispielsweise die Analysen der Horizonte 11 B und 8, liegen in der Hauptkies-Serie (Horizont 8) niedrigere Chloridkonzentrationen bei gleichzeitig erhöhten Sulfatwerten vor. Auch dieser Unterschied geht wahrscheinlich auf einen Nitratabbau durch Oxidation von Sulfidmineralen zurück.

Da sich entsprechende Hinweise auf einen Nitratabbau sowie die Art des Abbaus nur jeweils für einzelne Messstellen finden lassen, ist nicht sicher belegbar, dass in der Hauptkies-Serie flächenhaft ein Nitratabbau stattfindet. Angesichts der Tatsache, dass sich die Chloridkonzentrationen im Grundwasser der Hauptkies-Serie kaum von denen des oberflächennahen Grundwassers unterscheiden, die Nitratwerte aber im tieferen Grundwasser weniger als halb so hoch wie in den oberen Grundwasserleitern sind, kann allerdings ein großräumiger Nitratabbau vermutet werden.

### 3.12.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Lüttelbracht wird seit 1995 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um die hohen Nitrateinträge in das Grundwasser zu verringern.

## 3.13 NEW NiederrheinWasser GmbH

Die NEW NiederrheinWasser GmbH betreibt derzeit insgesamt 17 Wassergewinnungsanlagen. Nachfolgend werden nur die Gewinnungsstandorte betrachtet, die sich innerhalb des Tätigkeitsbereichs des Ertftverbands befinden. Dabei handelt es sich um folgende Anlagen, deren Wasserrechte sich zu 26,860 Mio. m<sup>3</sup>/a summieren:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen mit Aufbereitung:

- Dülken	Horizont 11D	0,600 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	0,650 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Gatzweiler	Horizont 16	1,000 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	0,750 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Hoppbruch		4,610 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Rasseln	Horizont 16	1,325 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 6D	1,375 Mio. m <sup>3</sup> /a

- Reststrauch		1,500 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Rheindahlen	Horizont 14	0,400 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	0,730 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Viersen	Horizont 16	0,150 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	1,850 Mio. m <sup>3</sup> /a

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen ohne Aufbereitung:

- Amern I		1,750 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Amern II		0,750 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Boisheim	Horizont 11D	1,000 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	1,250 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Fuchskuhle		1,500 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Lodshof		2,920 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Rickelrath		0,750 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Wiedbusch		2,000 Mio. m <sup>3</sup> /a

### 3.13.1 Wassergewinnungsanlage Dülken

In der Wassergewinnungsanlage Dülken werden die Horizonte 11D (Reuver-Serie) und 8 (Hauptkies-Serie) mit jeweils zwei Brunnen bewirtschaftet. Am Gewinnungsstandort bilden die Förderhorizonte das lokale zweite und dritte Grundwasserstockwerk. Im weiteren Vorfeld streichen der Reuverten C (Horizont 11E) und der weiter verbreitete Reuverten B (11C) aus.

#### 3.13.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das aus dem Horizont 11D geförderte Rohwasser weist Nitratkonzentrationen um 90 mg/l auf, die seit etwa 15 Jahren eine fallende Tendenz zeigen. Im Maximum wurden Werte bis zu 140 mg/l Nitrat analysiert (ohne Abbildung).

Im Horizont 8 zeigt einer der beiden Brunnen ein dem Rohwasser aus dem Horizont 11D vergleichbares Niveau, während der andere Brunnen ein nitratarmes Rohwasser mit Konzentrationen unter 10 mg/l Nitrat liefert (Abbildung 51).

#### 3.13.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Das oberflächennahe Grundwasser weist durchschnittliche Nitratkonzentrationen von 96 mg/l auf, wie aktuelle Analysen von Proben aus 10 Grundwassermessstellen zeigen. Im Horizont 11D liegt mit 91 mg/l Nitrat, ermittelt aus den Analysen von vier Messstellen, ein nahezu identisches Konzentrationsniveau vor.

Im Horizont 8 sind die Nitratwerte im Mittel mit 48 mg/l geringer, wie Analysen aus 12 Messstellen zeigen. Hier liegt mit Werten zwischen Null und 137 mg/l Nitrat eine sehr große Konzentrationsspanne vor.

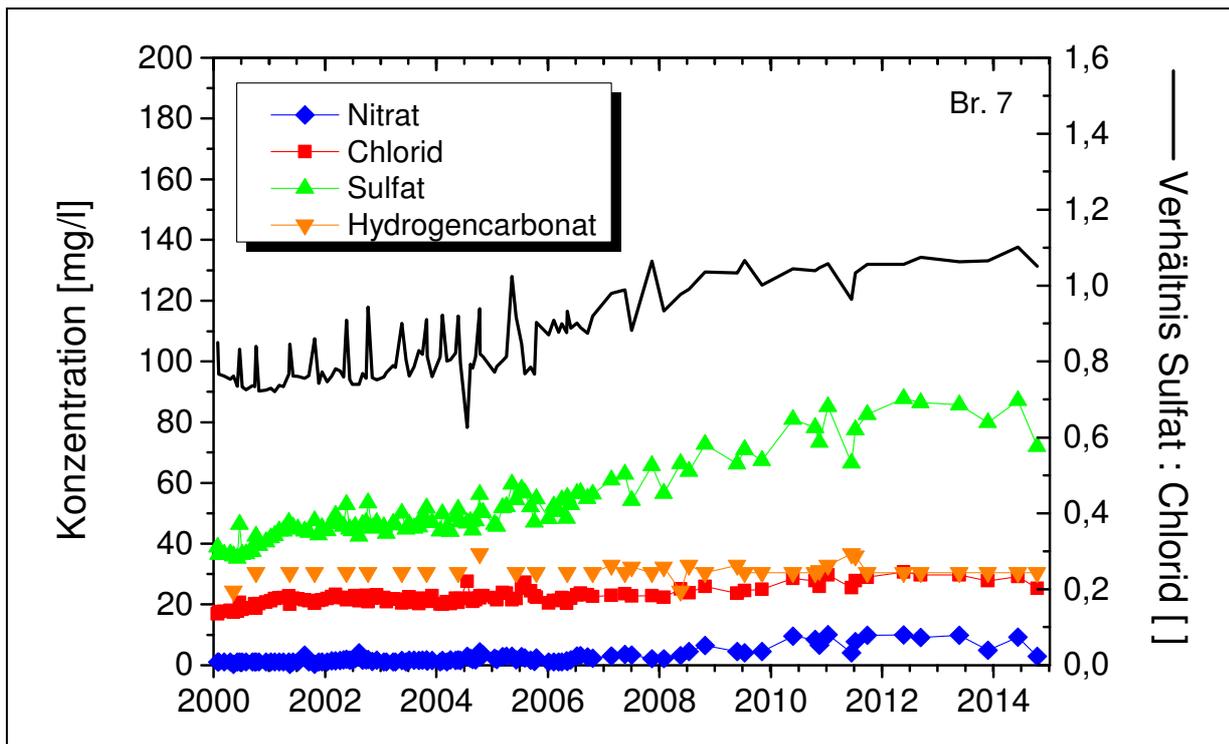


Abbildung 51: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 7 der Wassergewinnungsanlage Dülken.

### 3.13.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dülken weist eine stark landwirtschaftliche Prägung auf, die lediglich bei Mackenstein durch die Ortslage und ein kleines Waldgebiet sowie am Nordrand von Haardt durch städtische Flächen unterbrochen wird. Das Forschungszentrum Jülich weist für die landwirtschaftlichen Flächen anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l aus (Wendland et al. 2010). In den übrigen Gebieten sind die Eintragskonzentrationen in das Grundwasser mit <10 mg/l bis 50 mg/l geringer und heterogener, flächenmäßig aber unbedeutend.

### 3.13.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk und im Horizont 11D liegen keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse vor. Die im oberflächennahen Grundwasser gefundenen Nitratkonzentrationen entsprechen den Werten des Sickerwassers (Kapitel 3.13.1.3). In den letzten Jahren werden an zahlreichen Messstellen Konzentrationsrückgänge beobachtet, die neben Nitrat hauptsächlich Sulfat und in geringerem Umfang auch Chlorid betreffen. Diese Entwicklung deutet nicht auf hydrogeochemische Reaktionen im Grundwasserleiter, sondern abnehmende Stoffeinträge und somit Erfolge der Kooperationsarbeit hin.

Im Horizont 8 liegen eindeutige Belege für einen Nitratabbau vor, die allerdings nicht auf das gesamte Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dülken zu beziehen sind. Die hydro-

chemische Situation hängt in diesem Fall stark von der Geologie ab. Die Verbreitung der Tonhorizonte beeinflusst den Stofftransport aus den oberflächennahen Grundwasserleitern in die Hauptkies-Serie, wirkt sich offensichtlich aber auch auf das Nitratabbaupotenzial der Sedimente und die im Grundwasserleiter ablaufenden hydrogeochemischen Prozesse aus.

Im Nahbereich der Brunnen sind beide Reuvertone verbreitet und begrenzen den Zustrom hoch mineralisierten und nitratreichen Wassers in die Hauptkies-Serie (Horizont 8). Drei in diesem Bereich gelegene Messstellen zeigen daher nur einen geringen anthropogenen Einfluss mit Chloridkonzentrationen um 20 mg/l und Sulfatwerten zwischen 35 und 50 mg/l (ohne Abbildung). Die Tatsache, dass dieses Grundwasser nitratfrei ist, muss hauptsächlich damit begründet werden, dass die landwirtschaftlich bedingten Stoffeinträge die Messstellenstandorte noch nicht erreicht haben.

In zwei weiteren Messstellen im Nahbereich der Brunnen - exemplarisch werden die Daten der Messstelle 658155 in Abbildung 52 dargestellt - sind die Nitratkonzentrationen mit maximal 10 mg/l als gering einzustufen, auch wenn die Analysen ein hohes Maß anthropogenen Einflusses zeigen, woraus auf einen Nitratabbau geschlossen werden kann. So unterscheiden sich z. B. die Chloridkonzentrationen um 60 mg/l nicht von denen des oberflächennahen Grundwassers. Ohne eine Denitrifikationsreaktion wären daher erhöhte Nitratwerte zu erwarten. In den Grundwasserproben ist ein kontinuierlicher Anstieg der Sulfatkonzentrationen zu erkennen, obwohl die Chloridwerte seit Jahren stabil sind (Abbildung 52). Dies deutet nicht auf zunehmende Stoffeinträge in das Grundwasser, sondern auf eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment hin. Als Mobilisationsprozess kommt die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. der Nitratabbau durch Sulfidminerale in Frage (Kapitel 2.3.2).

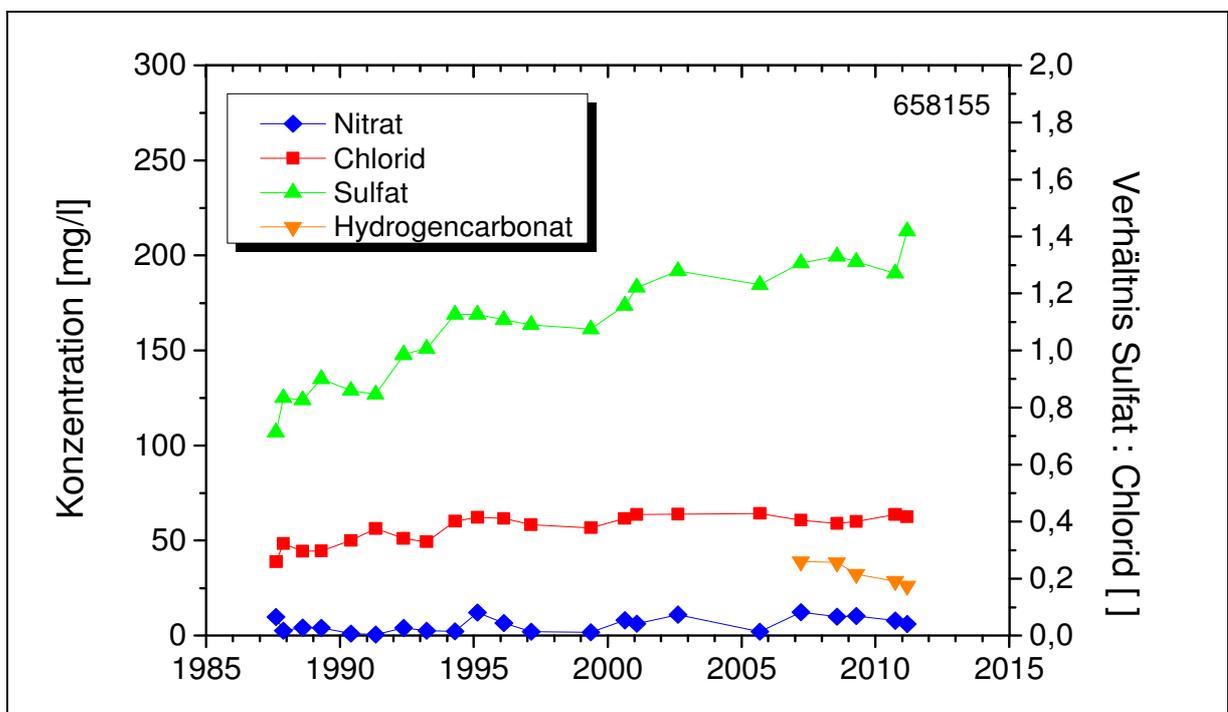


Abbildung 52: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 658155 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dülken.

Gestützt wird diese Einschätzung dadurch, dass die zuletzt gemessenen 213 mg/l Sulfat (Abbildung 52) die im oberflächennahen Grundwasser vorliegenden Sulfatwerte von meist 120 bis 140 mg/l deutlich übersteigen und somit nur durch eine Sulfatfreisetzung infolge hydrogeochemischer Prozesse erklärt werden können. Die Grundwasseranalysen zeigen außerdem mit hoher Sicherheit an, dass kein Nitratabbau durch organische Substanz stattfindet.

Ein vergleichbarer zeitlicher Verlauf der Anionenkonzentrationen auf einem allerdings geringeren Niveau zeigt sich im Rohwasser des Brunnens 7 (Abbildung 51). Auch hier ist bei niedrigen Nitratkonzentrationen ein starker Anstieg der Sulfatwerte erkennbar, der nicht nur auf Stoffeinträge zurückgeführt werden kann. Dies belegt der Anstieg des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses. Unter landwirtschaftlichen Flächen im Tätigkeitsbereich des Erftverbands werden Sulfat und Chlorid überwiegend in konstanten Konzentrationsverhältnissen – meist bei Werten um 0,75 - in das Grundwasser eingetragen. Dieses Niveau liegt auch zu Beginn der Messreihe vor. Mit zunehmendem anthropogenen Einfluss steigt auch das Konzentrationsverhältnis auf Werte über 1,0 an, was auf eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment hinweist. Als Quelle hierfür kommen ausschließlich sulfidische Eisenphasen wie Pyrit in Frage, die bei der chemo-lithotrophen Denitrifikation oxidiert werden.

Im südöstlichen Teil des Einzugsgebietes, in dem die stockwerkstrennenden Tonhorizonte lückenhaft oder gar nicht verbreitet sind, unterscheiden sich die Nitratkonzentrationen im Grundwasser des Horizonts 8 nicht von denen des oberflächennahen Grundwassers. Hier finden keine Nitratabbaureaktionen statt.

Der Nitratabbauprozess ist auf den Nahbereich der Brunnen und die Verbreitung der Tonhorizonte beschränkt und auch hier nicht immer nachweisbar. Offensichtlich konnte sich Sulfidminerale und damit ein Nitratabbau Potenzial nur in einem hydraulisch vom oberflächennahen Grundwasser abgetrennten Bereich bilden, in dem vor Beginn der anthropogenen Beeinflussung reduzierende Bedingungen herrschten.

#### 3.13.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Dülken und Boisheim wird gemeinsam eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um u. a. die hohen Nitrateinträge in das Grundwasser zu verringern. Diese wurde 1994 gegründet.

### 3.13.2 Wassergewinnungsanlage Gatzweiler

Die Wassergewinnungsanlage Gatzweiler bewirtschaftet den quartären Horizont 16 mit zwei Horizontalfilterbrunnen und den Horizont 8 (Hauptkies-Serie) mit einem Vertikalfilterbrunnen. Die Hauptkies-Serie bildet das dritte lokale Grundwasserstockwerk. Die beiden stockwerksbildenden Reuvertone B (Horizont 11C) und C (Horizont 11E) sind durchgängig verbreitet, weisen aber am Rand des Einzugsgebiets „Fenster“ auf bzw. Verbreitungslücken entlang von Erosionsrinnen auf.

### 3.13.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Horizont 16 (Hauptterrasse) betragen die Nitratkonzentrationen im Rohwasser der beiden Brunnen aktuell 60 bis 70 mg/l und sind in den letzten 15 Jahren von über 100 mg/l deutlich gesunken (Abbildung 53). Das Rohwasser aus dem Horizont 8 (Hauptkies-Serie) ist nitratfrei.

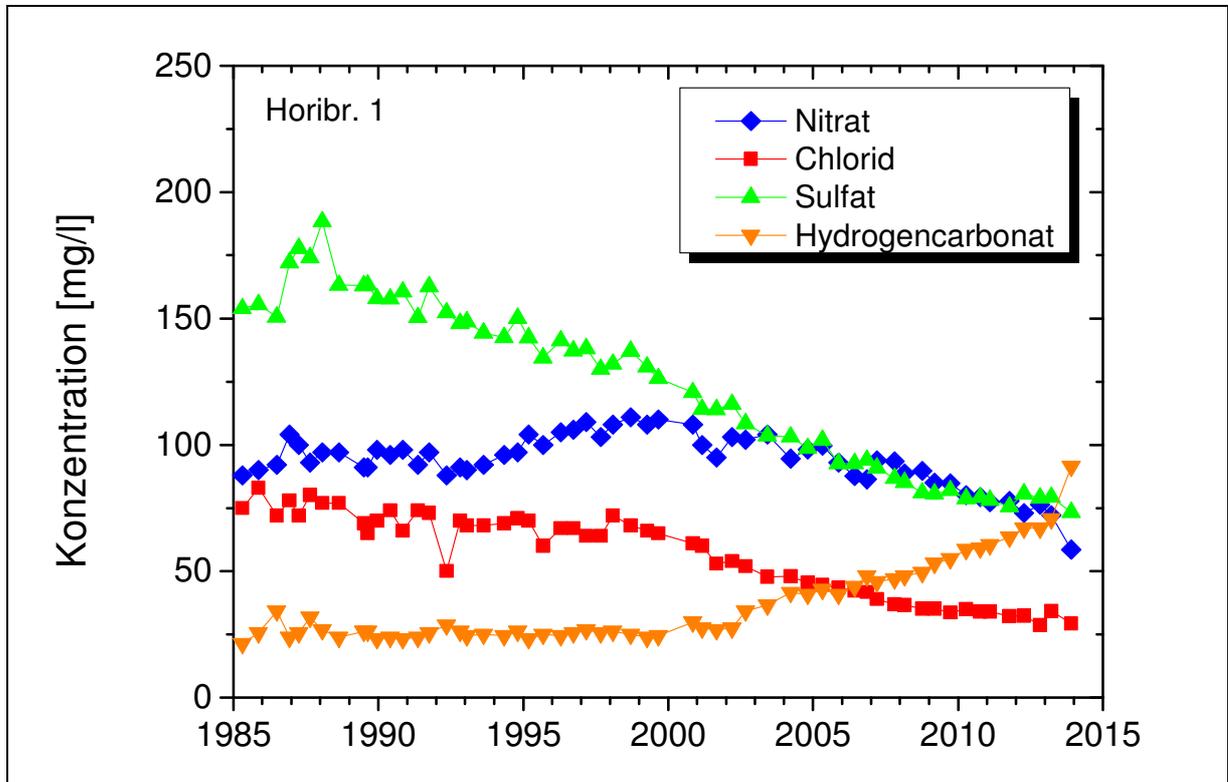


Abbildung 53: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Horizontalfilterbrunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Gatzweiler.

### 3.13.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Das Grundwasser im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Gatzweiler ist im obersten Grundwasserstockwerk stark durch Infiltrationsmaßnahmen der RWE Power AG zur Kompensation der sumpfbedingten Grundwasserabsenkungen überprägt. Dieses infiltrierte Wasser ist nitratfrei und bestimmt die Grundwasserbeschaffenheit im südöstlichen Teil des Einzugsgebietes. Auf die Infiltrationswasserzusammensetzung wurde bereits in Kapitel 3.10.4.1 eingegangen. Im Einzugsgebiet befinden sich drei Grundwassermessstellen, die nicht durch Infiltrationswassereinflüsse charakterisiert sind und somit die durch die überwiegend landwirtschaftliche Flächennutzung geprägte Zusammensetzung des Grundwassers wiedergeben. Hier liegen die Nitratkonzentrationen durchschnittlich bei 80 mg/l.

Im Horizont 11D ist das Wasser überwiegend nitratfrei und zeigt auch keine sonstigen anthropogenen Einflüsse. In einer Messstelle im südöstlichen Teil des Einzugsgebietes treten Nitratkonzentrationen von 45 mg/l auf. Insgesamt konnten die Analysen von Proben aus drei Grundwassermessstellen ausgewertet werden.

Das Grundwasser im Horizont 8 ist nitratfrei, wie die Daten aus drei Messstellen belegen. Insgesamt zeigt sich ein beginnender anthropogener Einfluss anhand leicht steigender Chlorid- und Sulfatkonzentrationen.

### 3.13.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Neben kleineren Siedlungsgebieten und Waldgebieten, die sich u. a. am Mühlenbach befinden, werden die Flächen im Einzugsgebiet ganz überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Für diese Ackerstandorte gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Basis von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l an (Wendland et al. 2010).

### 3.13.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk findet kein Nitratabbau statt. Die Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Gatzweiler entsprechen den Eintragskonzentrationen über das Sickerwasser (Kapitel 3.13.2.3). Die im Rohwasser und in einigen Vorfeldmessstellen zu beobachtenden Konzentrationsrückgänge hängen einerseits mit der Kooperationsarbeit und andererseits mit dem Einfluss des nitratfreien Infiltrationswassers zusammen. Da das infiltrierte Wasser außerdem sehr viel Hydrogencarbonat enthält, steigen dessen Konzentrationen in zahlreichen Messstellen und auch im Rohwasser an (Abbildung 53). Diese Entwicklung hängt ausschließlich mit den Einleitungsmaßnahmen zusammen und ist nicht auf hydrogeochemische Prozesse, wie eine Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) zurückzuführen, bei der die Menge des im Grundwasser gelösten Kohlendioxids und die Hydrogencarbonatwerte ebenfalls steigen.

Im Horizont 11D sind die meisten Grundwasserproben frei von anthropogenen Einflüssen, so dass die Daten keinen Aufschluss darüber geben, ob eine Denitrifikation stattfindet. In einer Messstelle im südöstlichen Teil des Einzugsgebiets zeigen die erhöhten Nitratwerte, dass kein Abbau stattfindet. Ob daraus auf ein fehlendes Nitratabbaupotenzial auch in anderen Teilgebieten innerhalb des Horizonts 11D geschlossen werden kann, ist unklar. Allerdings weisen zahlreiche andere Standorte im Horizont 11D ebenfalls keine Anzeichen von Nitratreduktionsprozessen auf (Kapitel 4.1.2).

Im Horizont 8 kann von einer Nitratreduktion ausgegangen werden, ohne dass jedoch der Abbauprozess ermittelt werden kann. In den vorhandenen Messstellen finden sich keine anthropogenen Einflüsse, so dass davon auszugehen ist, dass das höher mineralisierte und nitratreiche oberflächennahe Grundwasser die betreffenden Messstellen nicht erreicht hat. Im nitratfreien Rohwasser zeigen sich sehr geringe Anstiege der Chloridkonzentrationen von etwa 7 auf 12 mg/l und des Sulfats von etwa 15 auf 30 mg/l. Da sich keine Anstiege der Nitratkonzentrationen zeigen, ist von einer Nitratreduktion auszugehen. Allerdings sind die Konzentrationsänderungen der Wasserinhaltsstoffe zu gering, um Indizien für die Art des Abbauprozesses zu liefern. An Standorten, die der Situation in Gatzweiler aus geologischer Sicht vergleichbar sind, wird meist die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. die Nitratreduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) beobachtet.

### 3.13.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Gatzweiler wird seit 1992 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben. Es handelt sich um eine gemeinschaftliche Kooperation in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Gatzweiler, Rickelrath, Rheindahlen, Reststrauch, Fuchskuhle und Wiedbusch.

### 3.13.3 Wassergewinnungsanlage Hoppbruch

Die Wassergewinnungsanlage Hoppbruch erschließt die quartäre Mittelterrasse des Rheins (Horizont 18) mit vier Vertikalfilterbrunnen sowie das Zwischenmittel der Flöze Frimmersdorf und Morken, den sogenannten Frimmersdorfer Sand (Horizont 6B). Da das Flöz Frimmersdorf am Gewinnungsstandort selbst nicht verbreitet ist und im Einzugsgebiet nur lokal vorkommt, sind beide Förderhorizonte formal dem ersten Grundwasserstockwerk zuzuordnen. Allerdings beinhaltet der Übergang zwischen den Horizonten 16 und 6B eine deutliche Verringerung der Durchlässigkeitsbeiwerte.

#### 3.13.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das aus dem quartären Horizont 18 (Mittelterrasse) geförderte Rohwasser enthält Nitratkonzentrationen zwischen etwa 20 mg/l und annähernd 50 mg/l. Hierbei ist wichtig, dass die geringste Nitratkonzentration im Brunnen 18 beobachtet wird, der eine zentrale Position aufweist und von Infiltrationswassereinleitungen der RWE Power AG zur Stützung der Grundwasserstände beeinflusst ist. In den übrigen Brunnen - exemplarisch dargestellt für den Brunnen 11 in Abbildung 54 - wird derzeit kein Infiltrationswassereinfluss nachgewiesen. Der Konzentrationssprung verschiedener Inhaltsstoffe, der in den letzten Jahren stattgefunden hat (Abbildung 54), resultiert aus einer Umstellung von einer Hebergalerie zu einzelbewirtschafteten Brunnen und einer deutlichen Verringerung der Fördermenge. Das Rohwasser aus dem Horizont 6B ist nitratfrei.

#### 3.13.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hoppbruch liegen aktuelle Analysen zu 45 im quartären Grundwasserleiter verfilterten Messstellen vor. Ohne Berücksichtigung von Grundwassermessstellen, deren Proben von Infiltrationsmaßnahmen der RWE Power AG zur Stützung bergbaubedingt abgesenkter Grundwasserstände beeinflusst sind, beträgt die mittlere Nitratkonzentration 37 mg/l. Bei Betrachtung von Messstellengruppen, deren Messrohre in verschiedenen Tiefen verfiltert sind, zeigt sich eine deutliche tiefenspezifische Unterscheidung der Nitratwerte. Während im Bereich der Grundwasseroberfläche hohe Werte meist zwischen 30 und 70 mg/l vorliegen, ist das Grundwasser an der Quartärbasis nitratärmer und teilweise sogar nitratfrei. Die beiden im Horizont 6B verfilterten Messstellen weisen ein nitratfreies Grundwasser auf.

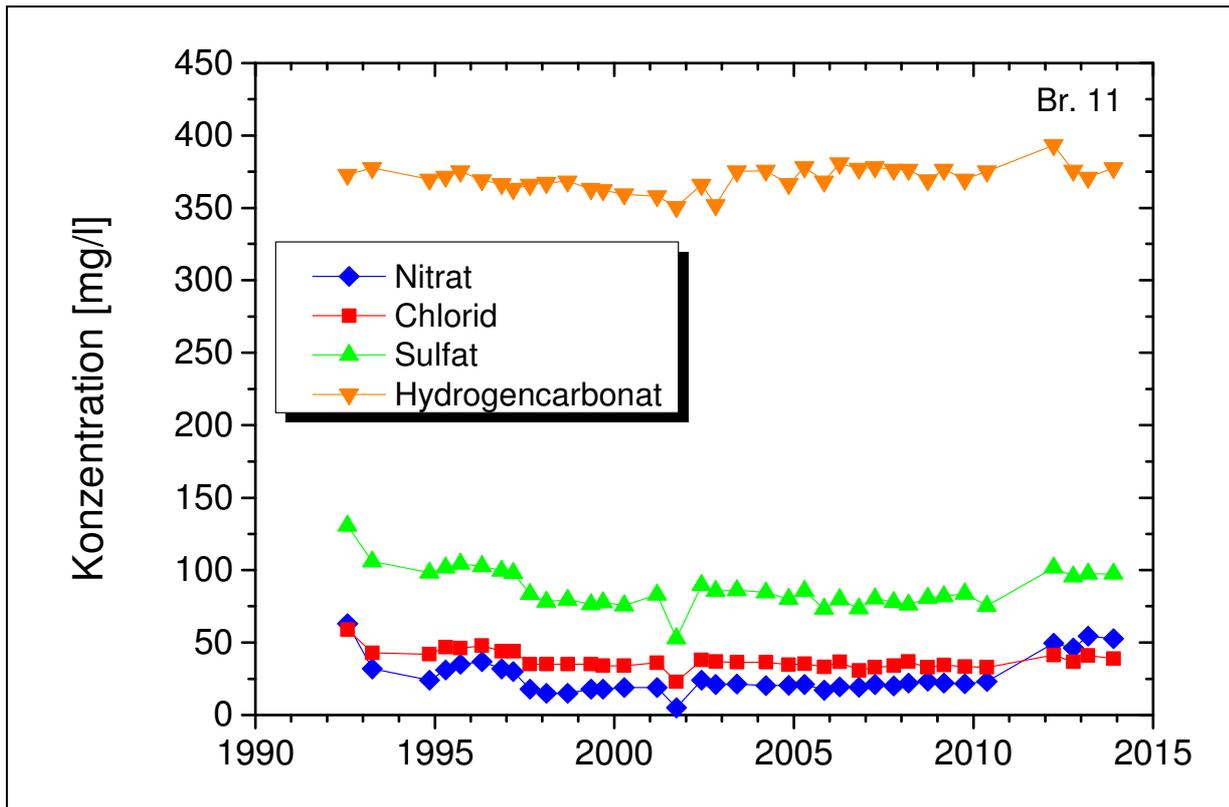


Abbildung 54: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 11 der Wassergewinnungsanlage Hoppbruch.

### 3.13.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im südwestlichen, städtisch geprägten Teil des Einzugsgebietes ist nach Modellrechnungen des Forschungszentrums von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen Null und 50 mg/l auszugehen (Wendland et al. 2010), wobei Werte unter 10 mg/l mit Nitratreduktionsvorgängen in der Bodenzone im Verbreitungsgebiet von Gleyen zusammenhängen. Gleiches gilt für das Waldgebiet im Bereich der Wassergewinnungsanlage. Unter den landwirtschaftlichen Flächen ist von Nitrat-Eintragskonzentrationen zwischen 75 und 100 mg/l auszugehen.

### 3.13.3.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk existieren mehrere Dreifachmessstellen, die jeweils im Bereich der Grundwasseroberfläche, in der Mitte des Leiters und an dessen Basis verfiltert sind. Aus der in diesen Messstellen zu beobachtenden Abnahme der Nitratkonzentrationen mit zunehmender Tiefe bei gleichbleibenden Chloridkonzentrationen kann für den basalen Teil des Grundwasserleiters eindeutig auf einen Nitratabbau geschlossen werden. An der Quartärbasis liegt in Einzelfällen sogar ein nitratfreies Grundwasser vor. Allerdings ermöglichen weder die tiefenspezifischen Grundwasser- noch die Rohwasserdaten Rückschlüsse auf die Art des Abbauprozesses.

Im Horizont 6B sind alle vorliegenden Grund- und Rohwasserproben nitratfrei, wobei der anthropogene Einfluss im Grundwasser generell gering ist, wie niedrige Chloridwerte um

20 mg/l im Grund- und Rohwasser belegen. Allerdings ist die Gesamtmineralisation in den letzten Jahren leicht gestiegen, so dass mit großer Gewissheit von Nitratreinträgen in den Horizont 6B auszugehen ist. Die fehlenden Nitratkonzentrationen zeigen an, dass in dem Grundwasserleiter eine Denitrifikation abläuft. Im Rohwasser des Tiefbrunnens 2 hat in den letzten Jahren ein deutlicher Anstieg der Sulfatkonzentrationen stattgefunden (Abbildung 55). Da die Chloridwerte gleichzeitig auf niedrigem Niveau geblieben sind, sind keine Veränderungen der Hydrogencarbonatwerte ergeben haben und das Wasser nach wie vor kein Nitrat enthält, weist diese Entwicklung auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch Sulfidminerale hin (Kapitel 2.3.2). Die Nitratreduktion ist mit einer Oxidation von Sulfidmineralen verbunden, wobei Sulfat freigesetzt wird und zu der beobachteten Konzentrationserhöhung führt.

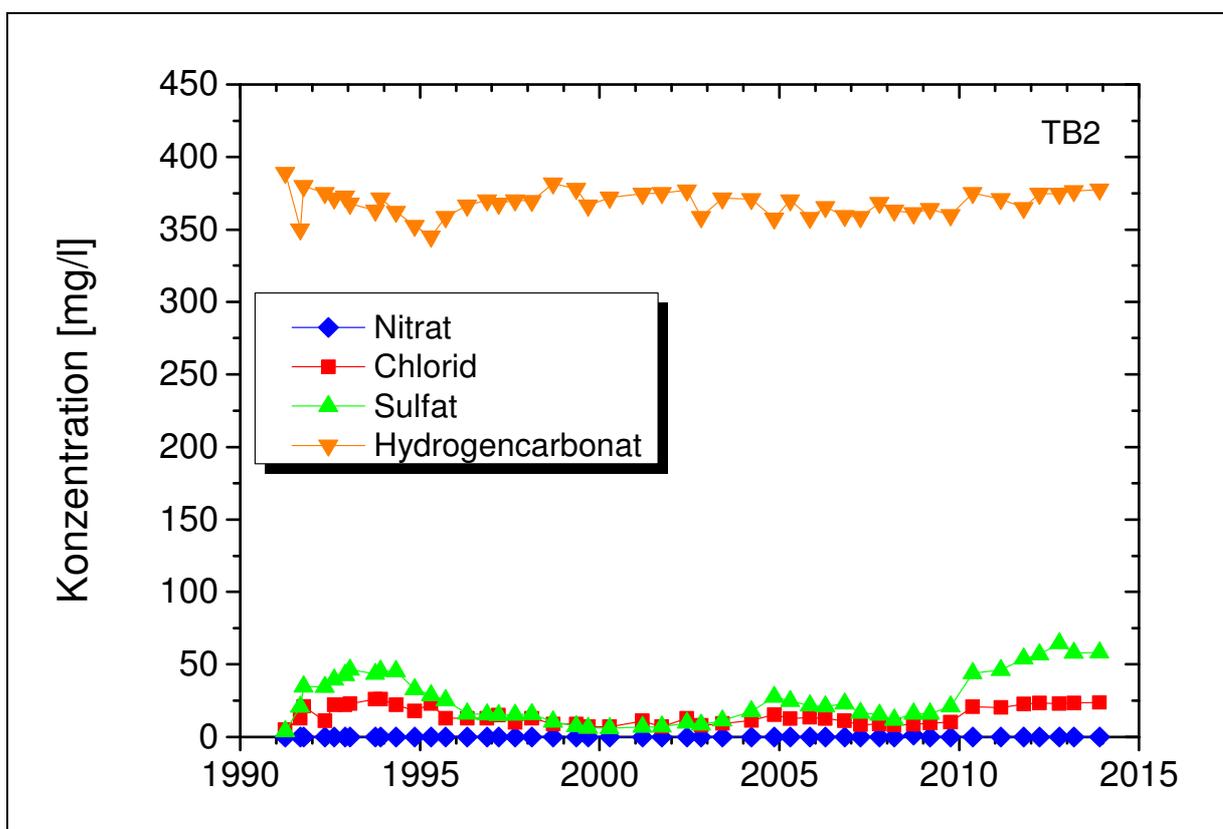


Abbildung 55: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Tiefbrunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Hoppbruch.

### 3.13.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Für die Einzugsgebiete der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hoppbruch und der derzeit nicht in Betrieb befindlichen Wassergewinnungsanlage Waldhütte einschließlich der Gewinnungsanlage Lodshof besteht seit 1992 eine gemeinsame Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. zur Verringerung der landwirtschaftlichen Stoffeinträge.

### 3.13.4 Wassergewinnungsanlage Rasseln

Die Wassergewinnungsanlage Rasseln erschließt die quartäre Hauptterrasse des Rheins (Horizont 16) mit einem sowie den Neurather Sand (Horizont 6D) mit vier weiteren Brunnen. Am Gewinnungsstandort stellt der Neurather Sand das dritte lokale Grundwasserstockwerk dar. Allerdings streichen die stockwerkstrennenden Reuvertone B und C (Horizonte 11C und 11E) innerhalb des weiteren Einzugsgebietes aus, so dass eine direkte hydraulische Verbindung zum oberflächennahen Grundwasser besteht. Aus der Hauptkies-Serie (Horizont 8), die ebenfalls zum lokalen dritten Grundwasserstockwerk gehört, wird keine Wassergewinnung mehr betrieben.

#### 3.13.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser, das aus der quartären Rhein-Hauptterrasse (Horizont 16) gefördert wird, enthält etwa 75 mg/l Nitrat. Dieser Wert ist seit Beginn der Datenreihe im Jahr 2006 stabil (ohne Abbildung). Das aus dem marinen Neurather Sand (Horizont 6D) geförderte Wasser ist nitratfrei, wie die exemplarisch für den Brunnen 10 in Abbildung 56 dargestellten Daten zeigen.

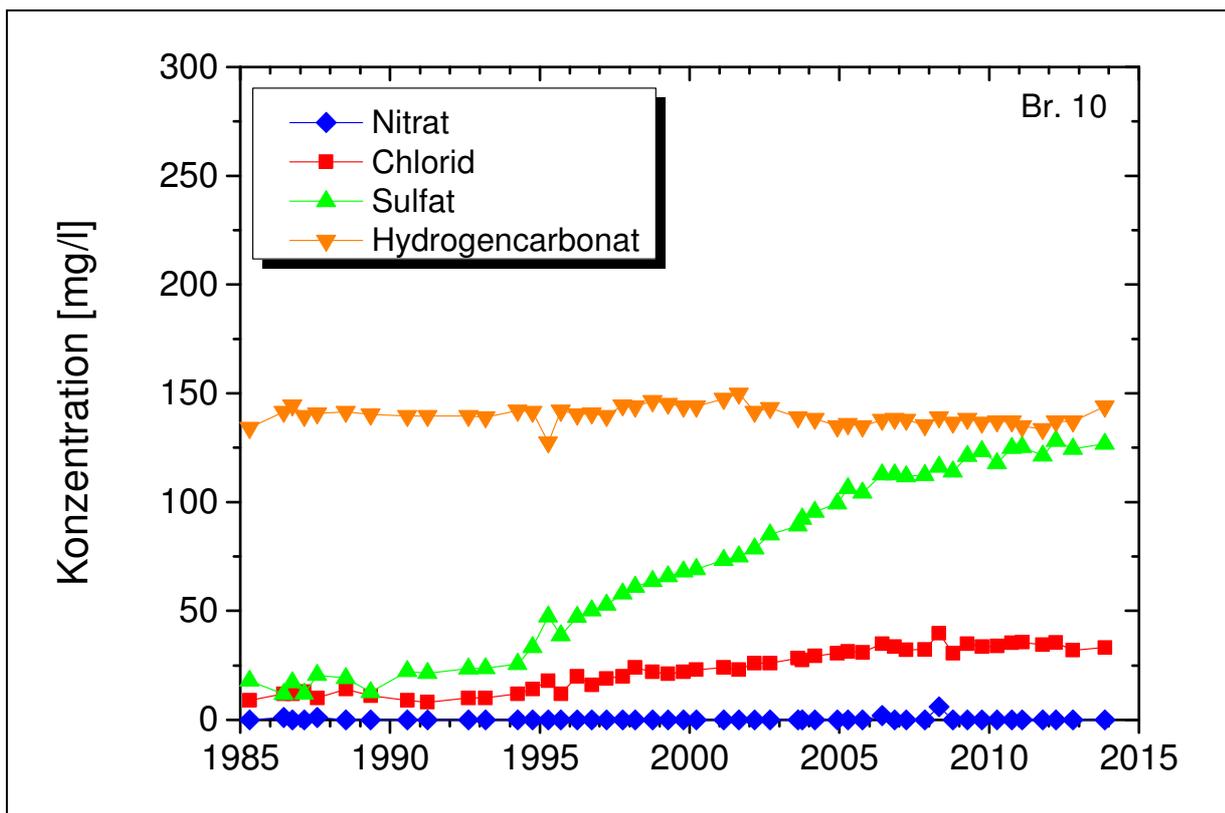


Abbildung 56: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 10 der Wassergewinnungsanlage Rasseln.

Im Horizont 8 haben sich Nitratkonzentrationen zwischen 60 und 70 mg/l eingestellt (ohne Abbildung), nachdem die Förderung aufgrund hoher Nickel-, Sulfat- und Nitratwerte beendet worden war.

### 3.13.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im oberflächennahen Grundwasser der Horizonte 16 und 11D ergibt sich anhand aktueller Analysen aus Proben von 15 Grundwassermessstellen ein Mittelwert von 75 mg/l Nitrat und somit eine Entsprechung zum Nitratwert des Rohwassers aus dem Horizont 11D. Für den Horizont 8 liegen Daten aus sieben Messstellen mit einer mittleren Nitratkonzentration von 61 mg/l vor, wobei der Horizont 8 teilweise ebenfalls dem obersten Grundwasserstockwerk zuzuordnen ist. Die beiden im Horizont 6D (Neurather Sand) verfilterten Messstellen liefern nitratfreie Grundwasserproben.

### 3.13.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für den landwirtschaftlich genutzten Großteil des Einzugsgebietes der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Rasseln gibt das Forschungszentrum Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). Lokal wird am Nordrand des Einzugsgebietes nur von Werten zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat ausgegangen, obwohl die Flächennutzung und Böden gleich sind. Unter den städtischen Bereichen von Hardt bzw. im Hardter Wald liegen die Nitratkonzentrationen unter 50 mg/l.

### 3.13.4.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im quartären Horizont 16 (Hauptterrasse) und im pliozänen Horizont 11D (Reuver-Serie) findet keine Nitratreduktion in den Grundwasserleitern statt. Die Nitratkonzentrationen entsprechend weitgehend den Eingangswerten und die zeitliche Entwicklung der Nitratwerte ist der des Chlorids und Nitrats vergleichbar. Da Nitrat, Chlorid und Sulfat meist in einheitlichen Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, sprechend diese Erkenntnisse gegen einen Nitratabbau.

Im Horizont 8 sind die hydrogeochemischen Prozesse basierend auf Daten zur Grundwasserbeschaffenheit und zur Sedimentchemie bekannt (Cremer 2002). In einer Zustrommesstelle werden seit Jahren nahezu unveränderte Konzentrationen des Nitrats mit 105 mg/l und des Sulfats mit 111 mg/l nachgewiesen (Abbildung 57a). Das Grundwasser enthält außerdem 7,5 mg/l gelösten Sauerstoff. Verglichen mit den Zustromwerten liegen in der Multilevel-Messstelle am Top des Horizonts 8 verminderte Nitratkonzentrationen um 60 mg/l vor, während an der Horizontbasis gar kein Nitrat mehr nachweisbar ist (Abbildung 57b). Darüber hinaus ergab die Beprobung der Multilevel-Messstelle über die gesamte Tiefe einheitliche Werte der elektrischen Leitfähigkeit sowie der Chlorid-, Calcium-, und Gesamt-CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, die jeweils dem Niveau in der Zustrommesstelle entsprechen. Aufgrund der einheitlichen Gesamtmineralisation können Alters- oder Verdünnungseffekte ebenso ausgeschlossen werden wie eine Nitratreduktion durch organischen Kohlenstoff, weil die CO<sub>2</sub>-Werte ansonsten hätten steigen müssen (Kapitel 2.3.1).

Auffällig ist die Tiefenverteilung der Sulfatkonzentrationen (Abbildung 57c), die im gleichen Maß ansteigen, wie die Nitratwerte abnehmen (Abbildung 57b). Der Anstieg von 111 mg/l im Zustrom auf bis zu 250 mg/l in der Multilevel-Messstelle kann nur durch die Bildung von Sulfat im Grundwasserleiter erklärt werden. Der gegensätzliche Verlauf der Nitrat- und Sulfat-

werte zeigt an, dass eine Nitratreduktion durch reduzierte Schwefelverbindungen (hier: Pyrite) abläuft (Kapitel 2.3.2). Weitere schwefelhaltige Mineralphasen als potenzielle Sulfatquelle kommen in den tertiären Sedimenten am Niederrhein nicht vor. Geht man davon aus, dass die Konzentrationsunterschiede des Nitrats zwischen Grundwasserzustrom und Multilevel-Messstelle durch die chemo-lithotrophe Denitrifikation zustande kommen, ergibt sich die berechnete Sulfat-Tiefenverteilung in Abbildung 57c. In den dargestellten Werten ist auch eine Sulfatfreisetzung von rechnerisch 13 mg/l durch die Reduktion des gelösten Sauerstoffs enthalten. Die Zunahme der Sulfatwerte mit der Tiefe über den Ausgangswert hinaus belegt bei gleichzeitiger Abnahme der Nitratwerte die Sulfatbildung durch die chemo-lithotrophe Denitrifikation. Die hervorragende Übereinstimmung der berechneten Werte mit den Messwerten zeigt, dass die hydrochemischen Veränderungen entlang des Fließweges anhand dieses Prozesses vollständig beschrieben werden können.

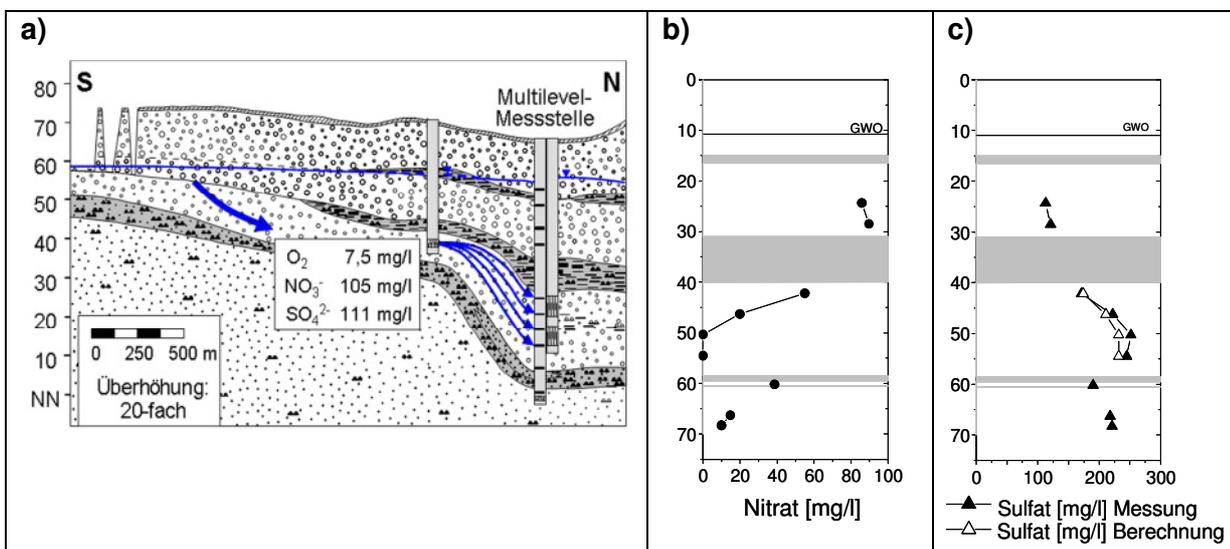


Abbildung 57: Geologisches Profil durch das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rasseln mit Darstellung des Zustroms nitrathaltigen oberflächennahen Grundwassers in den Horizont 8 (a) sowie tiefenspezifische Entwicklung der Nitrat- (b) und der Sulfatkonzentrationen (c).

Im Horizont 6D finden ebenfalls definitiv Nitratabbauprozesse statt. Anhand des zunehmenden anthropogenen Einflusses, der u. a. an steigenden Chloridwerten abzulesen ist (Abbildung 56), kann davon ausgegangen werden, dass das in den Neurather Sand einströmende Grundwasser Nitrat enthält. Dies gilt insbesondere dort, wo der überlagernde Horizont 8 Teil des obersten Grundwasserstockwerks ist und mit über 60 mg/l nitrathaltiges Grundwasser enthält (Kapitel 3.13.4.2). Der anthropogene Stoffeintrag führt nicht zu einem Anstieg der Nitratkonzentrationen (Abbildung 56), woraus eindeutig eine Denitrifikation abgeleitet werden kann.

Die Kohlendioxid- bzw. Hydrogencarbonatkonzentrationen bleiben während des gesamten Messzeitraums auf einem einheitlichen Niveau (Abbildung 56) oder sinken sogar leicht, so dass sich keine Hinweise auf einen Nitratabbau durch organische Substanzen im Grundwasserleiter ergeben.

Dieser Entwicklung steht ein deutlicher Anstieg der Sulfatkonzentrationen gegenüber (Abbildung 56). Da für den Horizont 8 eine Sulfatmobilisation aufgrund einer chemo-lithotrophen Denitrifikation, d. h. infolge eines Nitratabbaus durch reduzierte Schwefelverbindungen (Kapitel 2.3.2), nachgewiesen ist, muss von einem erhöhten Sulfateintrag aus dem Horizont 8 in den Horizont 6D ausgegangen werden. Um diesen Anteil zu quantifizieren, werden zunächst die Chloridkonzentrationen als nicht reaktive Substanz, die in einem gleichbleibenden Verhältnis zum Sulfat in das Grundwasser eingetragen wird, betrachtet. Die Chloridwerte liegen als Mittelwert der vier im Horizont 6D verfilterten Brunnen bei 32 mg/l, was auch dem im Rohwasser des Brunnens 10 gemessenen Wert entspricht (Abbildung 56). In der Hauptkies-Serie (Horizont 8) wurden vor Einstellung der Förderung im Jahr 2008 mittlere Chloridkonzentrationen von 66 mg/l gemessen. Unter Berücksichtigung einer Chlorid-Hintergrundkonzentration von etwa 8 mg/l entstammt damit ein Anteil von rechnerisch 41 % des aus dem Horizont 6D geförderten Wassers einem Zustrom aus der Hauptkies-Serie. Da die Chloridwerte in den letzten Jahren im Horizont 8 tendenziell leicht gesunken sind und von einer zeitlichen Verzögerung beim Zustrom auszugehen ist, kann ein Zustromanteil von rund 40 % für das Jahr 2012 angesetzt werden. Bei Vorgängeruntersuchungen von Mäurer & Wisotzky (2008) wurde für das Jahr 2005 ein Anteil von 30 % ermittelt, was die Zunahme des Zustroms aus dem Horizont 8 in den Horizont 6D in den letzten acht Jahren erkennen lässt.

Basierend auf dem dargestellten Ergebnis kann der Anteil des Sulfats abgeleitet werden, der mit dem zuströmenden Wasser in den Horizont 6D gelangt und nicht durch hydrochemische Prozesse in diesem Horizont entstanden sein kann. Ausgehend von mittleren Sulfatwerten im Horizont 8 von etwa 150 mg/l und einer Hintergrundkonzentration um 10 mg/l Sulfat, stammen etwa 56 mg/l – entsprechend 40 % von 140 mg/l - der im Horizont 6D vorhandenen Sulfatkonzentrationen aus dem Zustrom. Rechnet man die Hintergrundkonzentration hinzu, wären bei einem konservativen Transport aus dem Horizont 8 in den Horizont 6D Sulfatkonzentrationen um 66 mg/l zu erwarten. Tatsächlich betragen die Werte aber bis zu 128 mg/l, was die Mobilisation von Sulfat und damit die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) belegt. Stellt man die Chlorid- und Sulfatkonzentrationen aus den Horizonten 8 und 6D gegenüber, ist in beiden Horizonten eine positive Korrelation bei hohen Korrelationskoeffizienten, aber auf unterschiedlichen Niveaus erkennbar (Abbildung 58). Die Differenz kommt durch die Nitratreduktion und die damit verbundene Sulfatfreisetzung zustande. Bei vergleichbaren Chloridkonzentrationen liegen die Sulfatwerte im Horizont 6D um etwa 70 mg/l höher als im Horizont 8. Dieser Unterschied ist durch die Reduktion von etwa 60 mg/l Nitrat durch Sulfidminerale erklärbar und entspricht der Nitratkonzentration in mehreren im Horizont 8 verfilterten Brunnen sowie dem Nitratmittelwert des Grundwassers aus der Hauptkies-Serie.

#### 3.13.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Rassel und Helenabrunn wird seit 1992 im Rahmen einer Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft an einer Verringerung der landwirtschaftlichen Stoffeinträge gearbeitet.

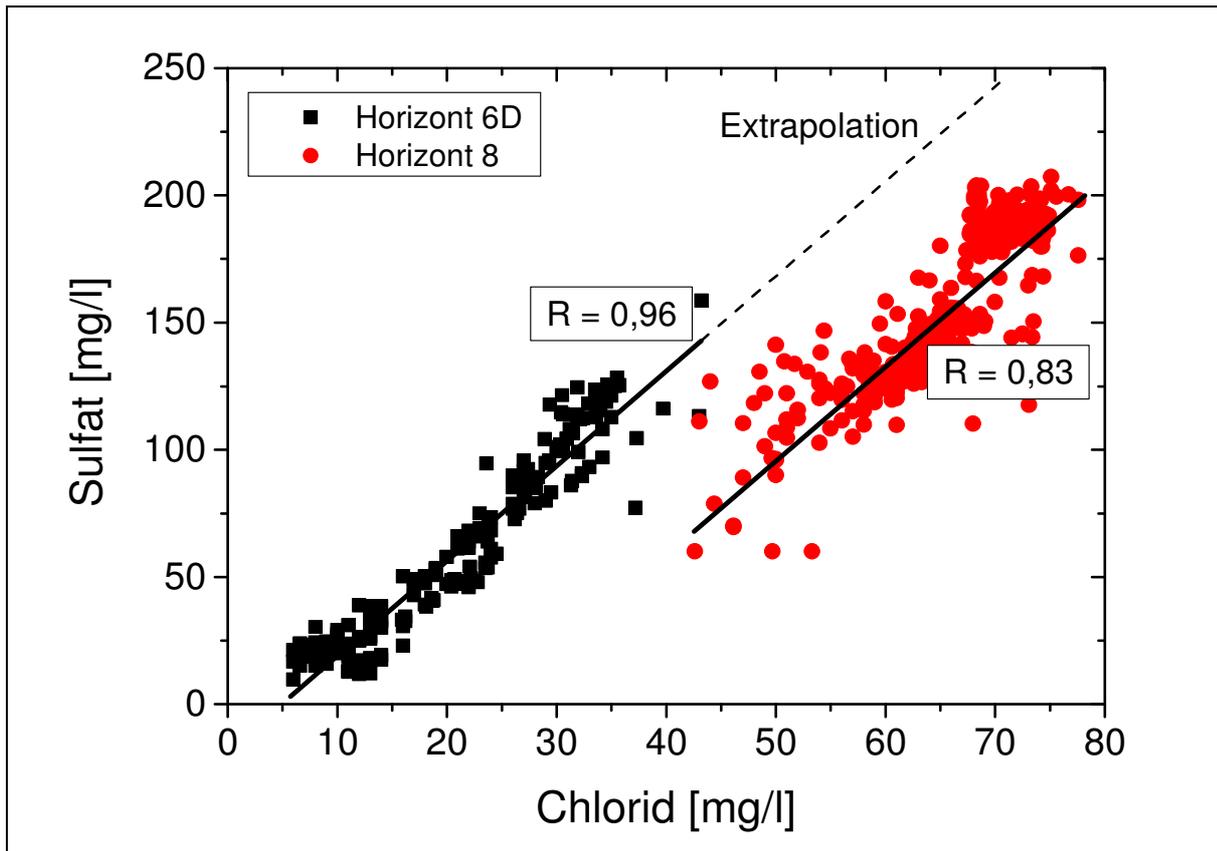


Abbildung 58: Zusammenhang zwischen den Chlorid- und den Sulfatkonzentrationen in den Rohwasserproben aus den Horizonten 8 und 6D der Wassergewinnungsanlage Rasseln;  $R$  = Korrelationskoeffizient nach Pearson.

### 3.13.5 Wassergewinnungsanlage Reststrauch

Die Wassergewinnungsanlage Reststrauch erschließt die Hauptkies-Serie (Horizont 8) mit zwei Vertikalfilterbrunnen. Die Hauptkies-Serie bildet am Gewinnungsstandort das lokale dritte Grundwasserstockwerk, in Teilen des Einzugsgebietes auch das lokale vierte Stockwerk. Von den grundwasserstauenden Tonen der Reuver- (Horizonte 11E und 11C) und der Rotton-Serie (Horizont 9) ist allerdings nur der Reuerton B (Horizont 11C) so weit verbreitet, dass ihm eine echte stockwerkstrennende Funktion zukommt. Lediglich im weiteren Vorfeld weist auch dieser Ton ein „Fenster“ auf.

#### 3.13.5.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser beider Tiefbrunnen ist nitratfrei, wie die Daten des Tiefbrunnens 1 exemplarisch belegen (Abbildung 59).

#### 3.13.5.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Das oberflächennahe Grundwasser wird in weiten Teilen des Einzugsgebietes durch die Infiltrationsmaßnahmen der RWE Power AG zur Stützung der Grundwasserstände beeinflusst. Daher liegen ganz überwiegend niedrige Nitratkonzentrationen im Bereich der Bestim-

mungsgrenze vor, die aber nicht der Eintragsituation aufgrund der Flächennutzung entsprechen. Lediglich zwei Grundwassermessstellen zeigen keine Infiltrationswassereinflüsse. Hier betragen die Nitratwerte 50 bis 60 mg/l. Vor Beginn der infiltrationsmaßnahmen wurden in den übrigen Messstellen meist Nitratkonzentrationen um 50 mg/l beobachtet, vereinzelt auch Werte bis 100 mg/l. Aufgrund der räumlichen Nähe zum Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Wiedbusch erfolgt für den obersten quartären Grundwasserleiter und den Horizont 11D eine gemeinsame Betrachtung (vgl. Kap. 3.13.13.2).

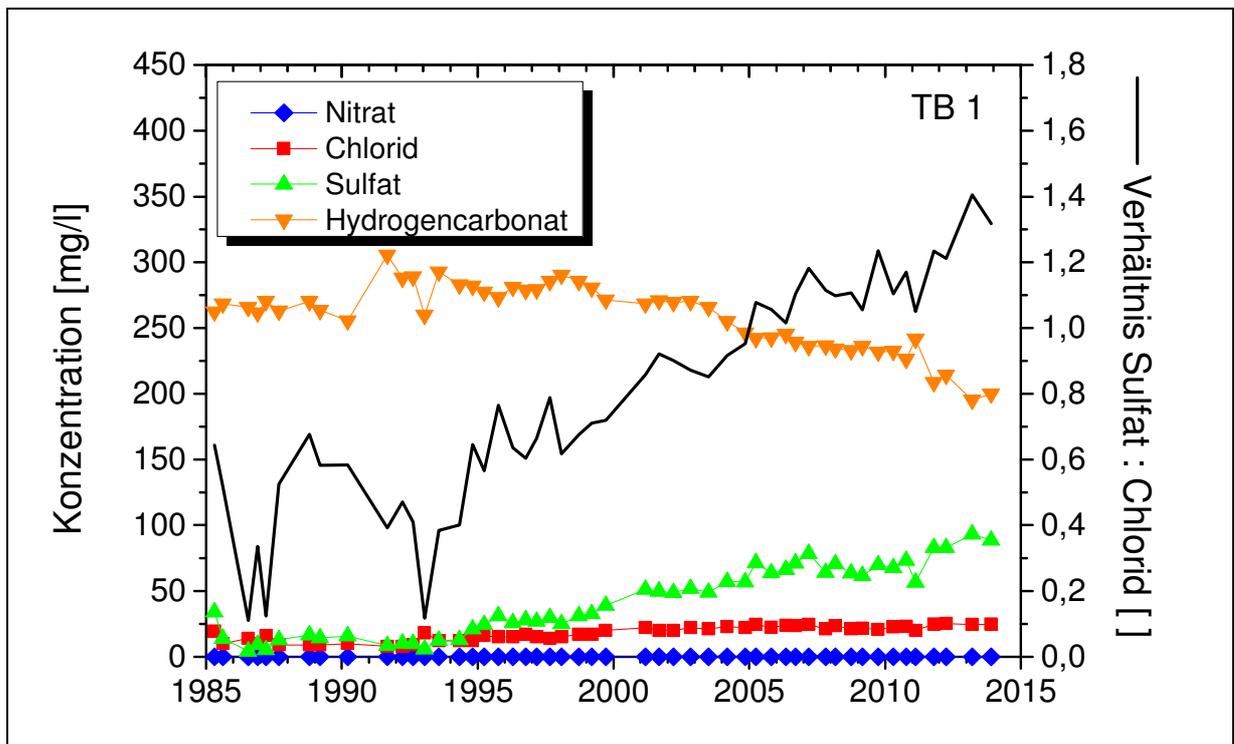


Abbildung 59: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Tiefbrunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Reststrauch.

Im Horizont 11D sind lediglich zwei Messstellen verfiltert, die nitratfreie Grundwasserproben liefern.

Das Grundwasser im Horizont 8 ist ebenfalls weitestgehend nitratfrei. Lediglich in zwei der acht Messstellen, zu denen aktuelle Analysen vorliegen, wurden geringe Nitratkonzentrationen bestimmt, die jedoch weniger als 5 mg/l betragen.

### 3.13.5.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für den landwirtschaftlich genutzten Teil des Einzugsgebiets, der einen Flächenanteil von etwa 60 % einnimmt, werden seitens des Forschungszentrums Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l angegeben (Wendland et al. 2010). Für die städtisch genutzten Bereiche, die etwa 30 % ausmachen, ist demnach von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 25 und 50 mg/l auszugehen.

#### 3.13.5.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk liegen keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse vor. Ein Abgleich zwischen den Sickerwasserkonzentrationen und der Grundwasserbeschaffenheit ist aufgrund der Überprägung durch das nitratfreie Infiltrationswasser nur an wenigen Standorten möglich und nur bedingt aussagekräftig. Die Ganglinien der Grundwasserbeschaffenheit zeigen aber eindeutig an, dass kein Nitratabbau stattfindet, weil sich die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen auf einem regional typischen Niveau befinden und sich in gleicher Weise entwickeln, d. h. Konzentrationsanstiege oder –rückgänge erfolgen zeitgleich, ohne Hinweise auf Überprägungen durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation.

Im Horizont 11D ist ein anthropogener Einfluss deutlich erkennbar, ohne dass das Grundwasser Nitrat enthält. Somit liegt ein eindeutiger Indikator für einen Nitratabbau vor, weil ein erhöhter Chlorid- und Sulfateintrag, anhand dessen der anthropogene Einfluss nachgewiesen wird, unter den vorherrschenden landwirtschaftlichen Nutzflächen nicht ohne die gleichzeitige Zufuhr von Nitrat erfolgen kann. Die Daten der wenigen Messstellen lassen allerdings keine Rückschlüsse auf die Art der Nitratabbaureaktion zu.

Im Horizont 8 ist diese Argumentation ebenfalls anwendbar. In fünf der acht Messstellen mit aktuellen Analysen sind anthropogene Einflüsse erkennbar. Diese sind teilweise größer als im Horizont 11D, was im Wesentlichen mit der geringen Zahl vorliegender Analysen im Horizont 11D und einer damit verbundenen geringeren Aussagegenauigkeit zu begründen ist. Die Chloridwerte der zugehörigen Grundwasserproben betragen zwischen 20 und 60 mg/l, wobei im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Reststrauch ab 15 mg/l ein anthropogener Einfluss als gesichert gelten kann. Ohne das Auftreten von Nitratabbauprozessen wären zwingend auch erhöhte Nitratwerte zu erwarten.

Hinweise auf die Art der Denitrifikationsreaktion geben die Ganglinien zweier Messstellen, von denen eine exemplarisch vorgestellt wird (Abbildung 60). Die Messstelle 908593 in Günhoven zeigte zu Beginn der Messreihe ein anthropogen unbeeinflusstes Grundwasser mit niedrigen Sulfat- und Chloridkonzentrationen. Ab 1994 erfolgte ein Anstieg dieser Werte, verbunden mit einem erhöhten Zustrom höher mineralisierten oberflächennahen Grundwassers. Dieser wird hauptsächlich durch die Sümpfungsmaßnahmen des Braunkohlenbergbaus angetrieben, die am Messstellenstandort eine Absenkung von etwa 6 m hervorgerufen haben sowie in geringerem Umfang durch die Entnahmen zur Wasserversorgung.

Die sinkenden Hydrogencarbonatwerte geben bei nahezu stabilen pH-Werten einen Hinweis, dass keine chemo-organotrophe Denitrifikation stattfindet, d. h. kein Nitratabbau durch Oxidation organischer Substanz erfolgt, weil ansonsten steigende Konzentrationen des gelösten anorganischen Kohlenstoffs zu erwarten gewesen wären (Kapitel 2.3.1).

Dagegen lässt sich eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. ein Nitratabbau durch Oxidation von Sulfidmineralen (Kapitel 2.3.2) mit hoher Wahrscheinlichkeit belegen. Vergleicht man zunächst das Sulfat-Konzentrationsniveau in der Hauptkies-Serie mit dem obersten Grundwasserstockwerk, fällt auf, dass Werte um 200 mg/l Sulfat ausschließlich im Horizont 8 gemessen werden. Diese hohen Konzentrationen können somit nicht allein durch einen kon-

servativen Zustrom von oben, sondern nur durch eine zusätzliche Mobilisation von Sulfat im Grundwasserleiter begründet werden. Aufgrund dessen ist ein Nitratabbau durch reduzierte Schwefelverbindungen wahrscheinlich, deren Existenz im Horizont 8 unter vergleichbaren geologischen Randbedingungen z. B. für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rasseln durch direkte Messungen belegt ist (Kapitel 3.13.4.4) oder indirekt aus den hydrogeochemischen Reaktionen in verschiedenen Einzugsgebieten abgeleitet werden kann.

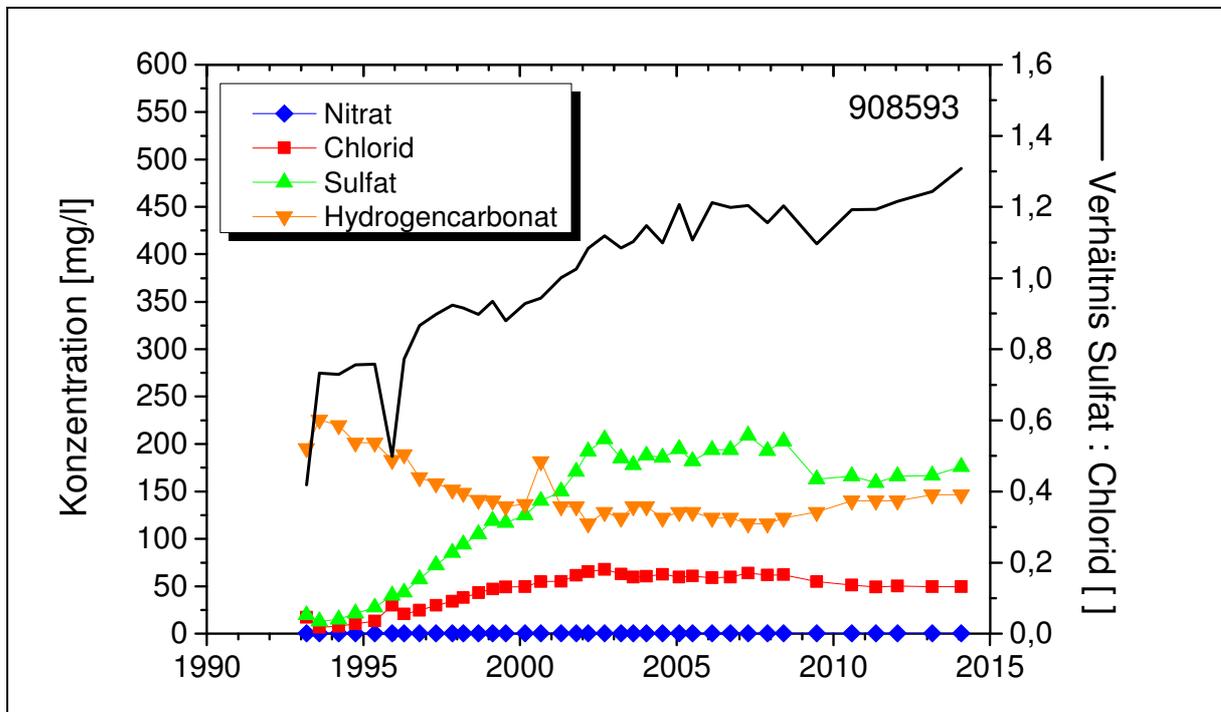


Abbildung 60: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 908593 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Reststrauch.

Ein Vergleich der Ionenverhältnisse von Sulfat zu Chlorid liefert einen weiteren Beleg für den Nitratabbau durch Sulfidminerale. In der im obersten Grundwasserstockwerk verfilterten Messstelle 908591 beträgt das Verhältnis der Sulfat- zu den Chloridkonzentrationen konstant etwa 0,78. Daraus folgt, dass pro mmol/l Chlorid (entsprechend 35,5 mg/l) etwa 0,78 mmol/l Sulfat (entsprechend 75 mg/l) im Grundwasser gelöst sind. Zu Beginn der Messreihe in der Messstelle 908593 im Horizont 8 ist dieses Verhältnis identisch, beginnt dann mit dem Zustrom oberflächennahen Grundwassers zu steigen und erreicht bis heute Werte von 1,31. Das bedeutet, dass pro mmol/l Chlorid (35,5 mg/l s. o.) jetzt 1,31 mmol/l oder 126 mg/l Sulfat gelöst sind. Die Sulfatwerte sind also absolut und in Relation zum Chlorid deutlich gestiegen, obwohl oberflächennah kein höherer Sulfatanteil im Grundwasser gelöst ist. Bei aktuell 50 mg/l oder 1,41 mmol/l Chlorid im Horizont 8 wären bei einem nicht reaktiven Transport nur 106 mg/l Sulfat im Horizont 8 zu erwarten, während 176 mg/l Sulfat gemessen werden. Um diese Differenz von 70 mg/l Sulfat rein aus dem Nitratabbau zu erklären, müssten entsprechend der Reaktionsgleichung 2 in Kapitel 2.3.2 etwa 63 mg/l Nitrat reduziert werden. Diese Größenordnung erscheint angesichts der im obersten Stockwerk gemessenen Werte

realistisch, zumal die Chloridwerte im Horizont 8 den im obersten Leiter gemessenen Werten entsprechen und somit nicht von einer Verdünnung auszugehen ist.

Eine vergleichbare Entwicklung zeigen die Rohwasserdaten des Brunnens 1 (Abbildung 59). Hier liegt zwar ein geringeres Konzentrationsniveau vor, aber das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid ist von 0,78 im Jahr 1997 mit dem steigenden anthropogenen Einfluss auf 1,40 im Jahr 2013 angestiegen, was ebenfalls auf eine Sulfatmobilisation hindeutet.

Der Nitratreduktionsprozess ist derzeit auf die Teile des Einzugsgebiets beschränkt, in denen ein Zustrom oberflächennahen Grundwassers in den Horizont 8 erfolgt. Nahezu die Hälfte aller Messstellen innerhalb der Hauptkies-Serie ist gänzlich frei von anthropogenen Einflüssen.

In einem Fall ist mit der Zufuhr hoch mineralisierten Grundwassers auch ein Nitratdurchbruch verbunden. Die Daten der Messstelle 805482 in Wetschewell zeigen zwischen 2007 und 2011 einen gleichzeitigen Anstieg der Chlorid-, Sulfat- und Nitratkonzentrationen, wobei die Nitratwerte maximal 43 mg/l erreichen (ohne Abbildung). Hier wird deutlich, dass im Horizont 8 lokal kein Nitratbaupotenzial vorliegt. Da der Nitratdurchbruch zeitgleich mit dem Auftreten der übrigen Indikatoren anthropogener Beeinflussung erfolgt, ist davon auszugehen, dass am Messstellenstandort natürlicherweise kein Abbaupotenzial ausgebildet ist.

#### 3.13.5.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Reststrauch, Rheindahlen und Gatzweiler wird seit 1992 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel betrieben, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu vermindern.

### 3.13.6 Wassergewinnungsanlage Rheindahlen

Die Wassergewinnungsanlage Rheindahlen bewirtschaftet sowohl die quartäre Ältere Hauptterrasse (Horizont 14) als auch die Hauptkies-Serie (Horizont 8) mit jeweils zwei Vertikalfilterbrunnen. Die Hauptkies-Serie stellt am Gewinnungsstandort das lokale dritte Grundwasserstockwerk dar. In Teilen des Einzugsgebietes kann der Horizont 8 auch das lokale vierte Grundwasserstockwerk bilden. Von den grundwasserstauenden Tonen der Reuver- (Horizonte 11E und 11C) und der Rotton-Serie (Horizont 9) sind sowohl der Reuver-Ton B (Horizont 11C) als auch der Rotton flächenhaft als Grundwasserstockwerksbildner verbreitet, weisen aber jeweils mehrere „Fenster“ auf, so dass hydraulische Wegsamkeiten vorhanden sind. Die Wassergewinnungsanlage Rheindahlen betreibt mit den beiden Tiefbrunnen eine unterirdische Enteisung und Entmanganung.

#### 3.13.6.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser aus dem quartären Grundwasserleiter weist Nitratkonzentrationen zwischen 60 mg/l (Brunnen 3) und 73 mg/l (Brunnen 4), die seit Jahren annähernd konstant sind (ohne Abbildung). Das Rohwasser beider im Horizont 8 verfilterten Brunnen ist nitratfrei, wie exemplarisch an den Analysen des Brunnens 7 gezeigt werden kann (Abbildung 61).

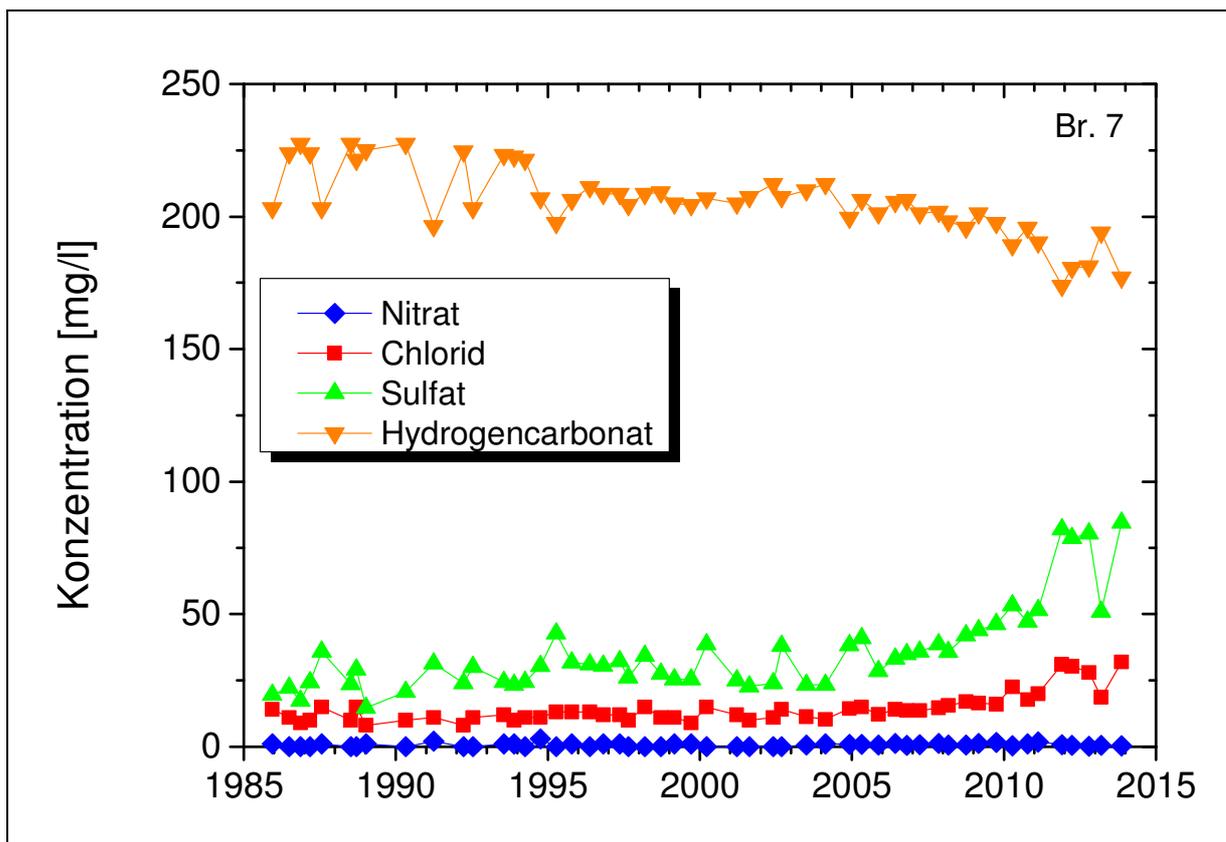


Abbildung 61: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen 7 der Wassergewinnungsanlage Rheindahlen.

### 3.13.6.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im obersten Grundwasserstockwerk liegen aktuelle Grundwasseranalysen zu insgesamt neun Grundwassermessstellen vor, von denen eine durch Infiltrationsmaßnahmen überprägt ist und nicht weiter behandelt wird. Von den übrigen acht Messstellen sind drei in den quartären Horizonten 16 bzw. 14 verfiltert. Die Grundwasserproben weisen hier jeweils Nitratkonzentrationen zwischen 70 und 80 mg/l auf.

Die übrigen Messstellen erschließen ebenfalls das oberste Grundwasserstockwerk, wobei die Filterpositionen unmittelbar oberhalb des Reuver-B-Tons (11C) liegen und somit dem sandigen Zwischenmittel der pliozänen Reuver-Serie (11D) zuzuordnen sind. Befinden sich diese Messstellen am Verbreitungsrand des Reuver-C-Tons (11E), kann von der Ausbildung dieses Tons auch dann eine hydraulische Wirkung ausgehen, wenn der Ton lokal nicht vorhanden ist. Die Nitratwerte liegen hier auf einem geringeren Niveau von im Mittel etwa 15 mg/l. Die Einzelwerte schwanken zwischen Null und 55 mg/l Nitrat.

Von den sechs im Horizont 8 verfilterten Messstellen mit aktuellen Grundwasseranalysen sind fünf nitratfrei. Lediglich in einer Messstelle werden Nitratkonzentrationen um 30 mg/l gemessen.

### 3.13.6.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich gibt für die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter landwirtschaftlicher Nutzfläche im Einzugsgebiet Werte zwischen 75 und 100 mg/l an (Wendland et al. 2010), die den im oberflächennahen Grundwasser gemessenen Nitratkonzentrationen entsprechen. Für die geringen Anteile mit städtischer Nutzung werden Nitratwerte zwischen 25 und 50 mg/l ausgewiesen.

### 3.13.6.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Grundwasser der Horizonte 16 und 14 liegen keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse vor. Die im oberflächennahen Grundwasser auftretenden Nitratkonzentrationen entsprechen den Werten des Sickerwassers. Außerdem gibt die zeitliche Parallelität der Entwicklung der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen deutliche Hinweise auf einen konservativen Transport ohne Beeinflussung durch hydrochemische Prozesse wie die Denitrifikation.

Separat zu betrachten sind Messstellen, die zwar dem obersten Grundwasserstockwerk zuzuordnen sind, hier aber die Verfilterung im pliozänen Horizont 11D aufweisen und gleichzeitig in der Nähe der Verbreitungsgrenze des Reuver-C-Tons (11E) liegen. Hier bestehen offensichtlich sowohl aus geochemischer Sicht, d. h. hinsichtlich des Nitratabbaupotenzials als auch bezüglich der Grundwasserhydraulik andere Verhältnisse als im quartären Teil des obersten Stockwerks. An mehreren Stellen des Horizonts 11D findet ein Nitratabbau statt, was an gleichbleibend niedrigen Nitratkonzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze bei gleichzeitig leicht erhöhten Chloridwerten erkennbar ist (Abbildung 62). Rückschlüsse auf die Art des Abbauprozesses sind anhand der Daten nicht möglich.

Im Horizont 8 ist ebenfalls sicher von einem Nitratabbau auszugehen. Fehlende Nitratnachweise bei gleichzeitig erhöhten Chloridkonzentrationen und somit eindeutig erkennbarem anthropogenen Einfluss belegen eine Denitrifikation (Abbildung 63). Da nur wenige langjährige Ganglinien vorliegen, sind die nachfolgenden Aussagen zu den Nitratabbauprozessen mit Unsicherheiten behaftet. Die Höhe der Sulfatkonzentrationen mit zeitweise über 200 mg/l (Abbildung 63) weist auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch Sulfidminerale hin (Kapitel 2.3.2). Entsprechend hohe Sulfatwerte werden im oberflächennahen Grundwasser nicht beobachtet, was auf eine Sulfatfreisetzung aus dem Aquifermaterial hindeutet. Außerdem ist das molare Sulfat : Chlorid-Verhältnis der betrachteten Messstelle 813802 von 0,79 zu Beginn der Messreihe auf 1,22 im Jahr 2012 gestiegen. Die Größenordnung um 0,79 ist typisch für oberflächennahe Grundwässer ohne Beeinflussung durch hydrogeochemische Reaktionen und wurde in nahezu identischer Größe im Einzugsgebiet der benachbarten Wassergewinnungsanlage Reststrauch gefunden (Kapitel 3.13.5.4). Der Anstieg bedeutet, dass bei gleicher Menge gelösten Chlorids mehr Sulfat im Wasser vorkommt, was ebenfalls auf eine Sulfatmobilisation hindeutet, zumal in der Wassergewinnungsanlage Reststrauch bei einer insgesamt größeren und besseren Datengrundlage ein Anstieg in exakt dieser Höhe festgestellt wurde und dort die chemo-lithotrophe Denitrifikation eindeutig nachweisbar war (Kapitel 3.13.5.4). Somit ergeben sich mehrere Hinweise auf einen Nitratabbau durch Sulfide, sind aber aufgrund der geringeren Zahl an Messstellen und vorliegenden Analysen weniger belastbar, als an der Wassergewinnungsanlage Reststrauch.

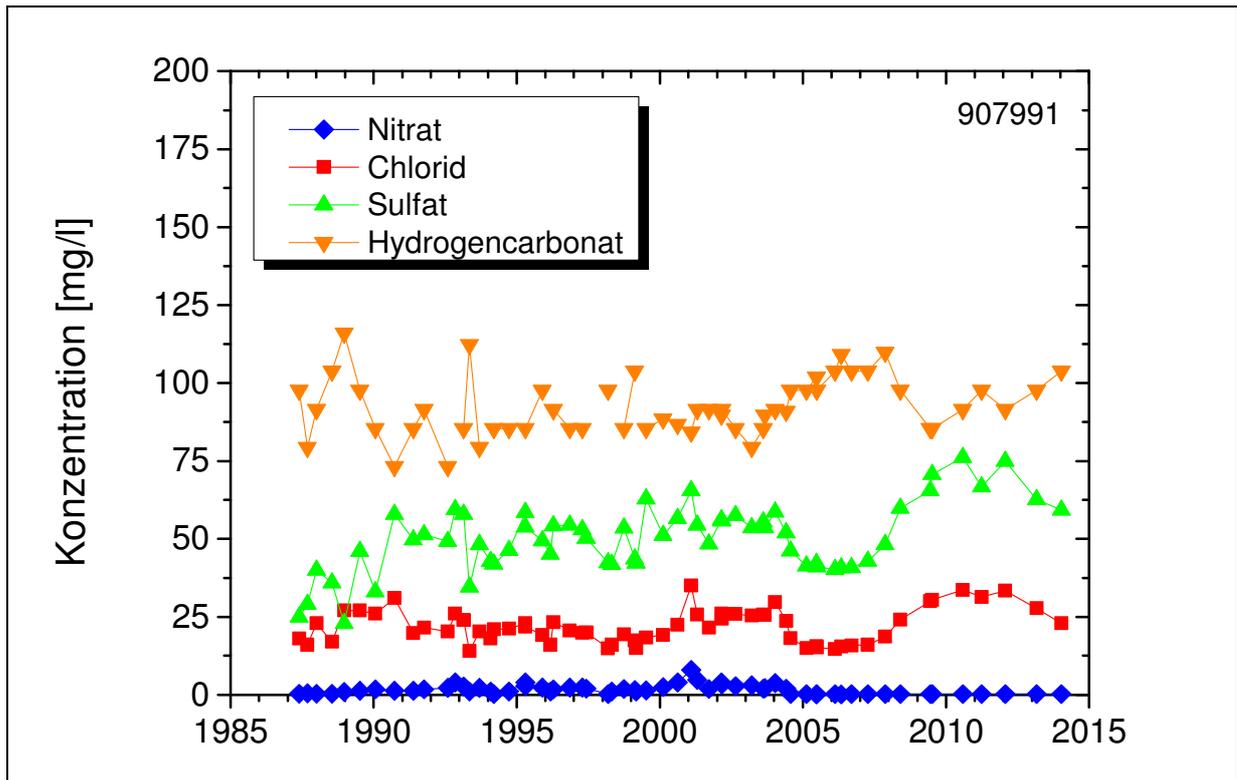


Abbildung 62: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen in der Grundwassermessstelle 907991 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rheindahlen.

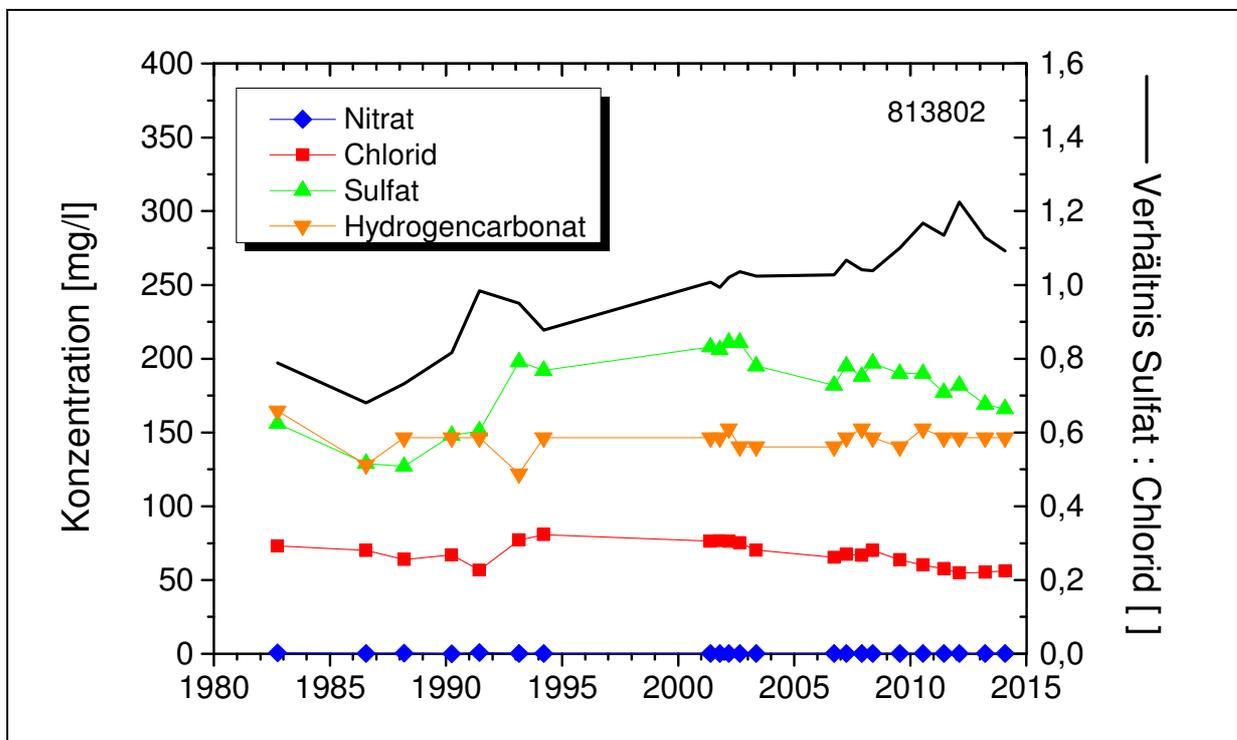


Abbildung 63: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 813802 im im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rheindahlen.

### 3.13.6.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Rheindahlen, Gatzweiler und Reststrauch wird seit 1992 eine gemeinsame Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, deren vordringliches Ziel die Verringerung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser darstellt.

### 3.13.7 Wassergewinnungsanlage Viersen

Die Wassergewinnungsanlage Viersen bewirtschaftet sowohl die quartäre Ältere Hauptterrasse (Horizont 14) mit einem Vertikalfilterbrunnen - ein weiterer Brunnen ist noch betriebsbereit, ohne dass derzeit eine Förderung erfolgt - und erschließt auch die Hauptkies-Serie (Horizont 8) mit weiteren vier Brunnen. Die Hauptkies-Serie stellt am Gewinnungsstandort das lokale zweite Grundwasserstockwerk dar. Stockwerksbildender Horizont ist der Reuver-B-Ton (Horizont 11C), der mit Ausnahme des Nord- und des Südrands des Einzugsgebiets durchgängig verbreitet ist. Die übrigen Reuver-bzw. Rottone sind nur sehr lokal ausgebildet.

#### 3.13.7.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Im Rohwasser des oberflächennah im Quartär verfilterten Brunnens 2 liegen die Nitratkonzentrationen bei etwa 70 mg/l. Der 2009 außer Betrieb genommene Brunnen 3, der innerhalb desselben Horizonts aber noch einige Meter höher ausgebaut war, lieferte zu diesem Zeitpunkt Nitratwerte um 110 mg/l.

Im Horizont 8 nehmen die Nitratkonzentrationen der Brunnen von Nordosten nach Südwesten ab, weil in dieser Richtung die Entfernung von der Verbreitungsgrenze des Reuver-B-Tons (Horizont 11C) zunimmt. Abbildung 64 zeigt die Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Rohwasser von drei Brunnen, die sich in zunehmenden Entfernungen zum Rand der Tonverbreitung befinden. Der vierte Brunnen (Brunnen 10) weist bei einem noch etwa 100 m größeren Abstand zum Tonverbreitungsrand ebenso wie der Brunnen 9 Nitratwerte im Bereich der Bestimmungsgrenze auf, so dass aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine Darstellung verzichtet wurde.

- Brunnen 8 (08/658034) - 300 m vom Tonverbreitungsrand entfernt – blaue Linie
- Brunnen 7 (08/658033) - 400 m vom Tonverbreitungsrand entfernt – rote Linie
- Brunnen 9 (08/658278) - 500 m vom Tonverbreitungsrand entfernt – grüne Linie

#### 3.13.7.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im obersten Grundwasserstockwerk, zu dem hier alle Horizonte im Hangenden des Reuver-B-Tons (Horizont 11C) zusammengefasst wurden, liegen zu Proben aus insgesamt 13 Messstellen aktuelle Grundwasseranalysen vor. Der Mittelwert der Nitratkonzentrationen beträgt 101 mg/l. Von wenigen Ausnahmen abgesehen liegen die Nitratwerte sehr gleichmäßig in der genannten Größenordnung.

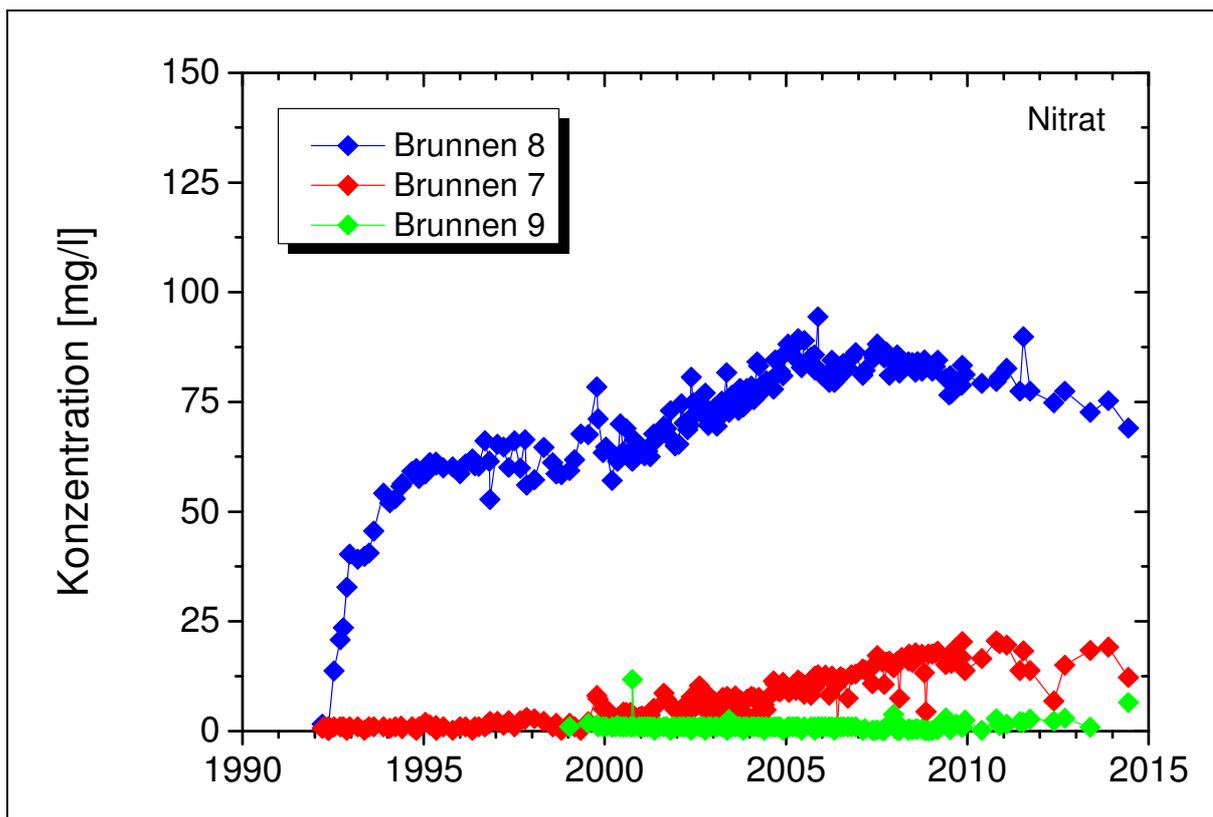


Abbildung 64: Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Rohwasser verschiedener Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Viersen.

In den Horizonten 11B und 8, die als gemeinsames zweites Stockwerk betrachtet werden, beträgt die mittlere Nitratkonzentration 33 mg/l, basierend auf Daten aus 20 Messstellen. Hier liegt eine größere Streuung der Werte zwischen Null und etwa 120 mg/l Nitrat vor, wobei erhöhte Werte über 50 mg/l die Ausnahme darstellen und die Messstellen sich dann meist am Nordrand des Einzugsgebiets befinden.

### 3.13.7.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter landwirtschaftlicher Nutzfläche im Einzugsgebiet betragen nach Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich zwischen 75 und 100 mg/l (Wendland et al. 2010). Für den auf Mönchengladbacher Stadtgebiet gelegenen Teil der landwirtschaftlich bewirtschafteten Fläche werden niedrige Werte unter 50 mg/l Nitrat im Sickerwasser genannt, was mit der aufgrund des hohen Versiegelungsgrades unrealistischen Datenlage zu den Stickstoffüberschüssen zusammenhängen dürfte, die auf Gemeindebasis vorliegen. Unter städtisch genutzten Flächen an den Rändern des Einzugsgebiets weisen das Sickerwasser demnach Nitratwerte zwischen 25 und 50 mg/l auf.

### 3.13.7.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk, d. h. im Hangenden des Reuver-B-Tons, liegen keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse vor. Die im Grundwasser gemessenen Nitratkonzentrationen sind in weiten Teilen des Einzugsgebiets höher als die für das Sickerwasser angegebene.

nen Nitratwerte. Die Ganglinien der Anionen Nitrat, Chlorid und Sulfat, die oft in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, entwickeln sich in gleicher Weise, d. h. es finden sich keine Anzeichen für eine Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit infolge hydrogeochemischer Prozesse wie des Nitratabbaus.

Im tieferen Grundwasser der Horizonte 11B und 8 lässt sich ein Nitratabbau ebenso eindeutig belegen wie eine mindestens lokale Erschöpfung des Nitratabbaupotenzials. Gleichbleibend niedrige Nitratkonzentrationen bei einem anhand steigender Chlorid- und Sulfatwerte erkennbar zunehmenden anthropogenen Einfluss belegen den Nitratabbau. Im oberflächennahen Grundwasser gehen steigende Chlorid- und Nitratkonzentrationen unter landwirtschaftlich genutzten Flächen immer mit einem Nitratintrag einher. Finden sich im tieferen Grundwasser nur erhöhte Chlorid- und Sulfatkonzentrationen, ohne dass Nitrat nachweisbar ist, kann diese Entwicklung nicht ohne eine Denitrifikation erklärt werden. Diese Situation trifft beispielsweise auf den Brunnen 9 zu, in dessen Rohwasser die Chlorid- und Sulfatkonzentrationen seit Förderbeginn im Jahr 1998 kontinuierlich steigen, ohne dass Nitrat in Konzentrationen über 5 mg/l nachweisbar ist (Abbildung 65).

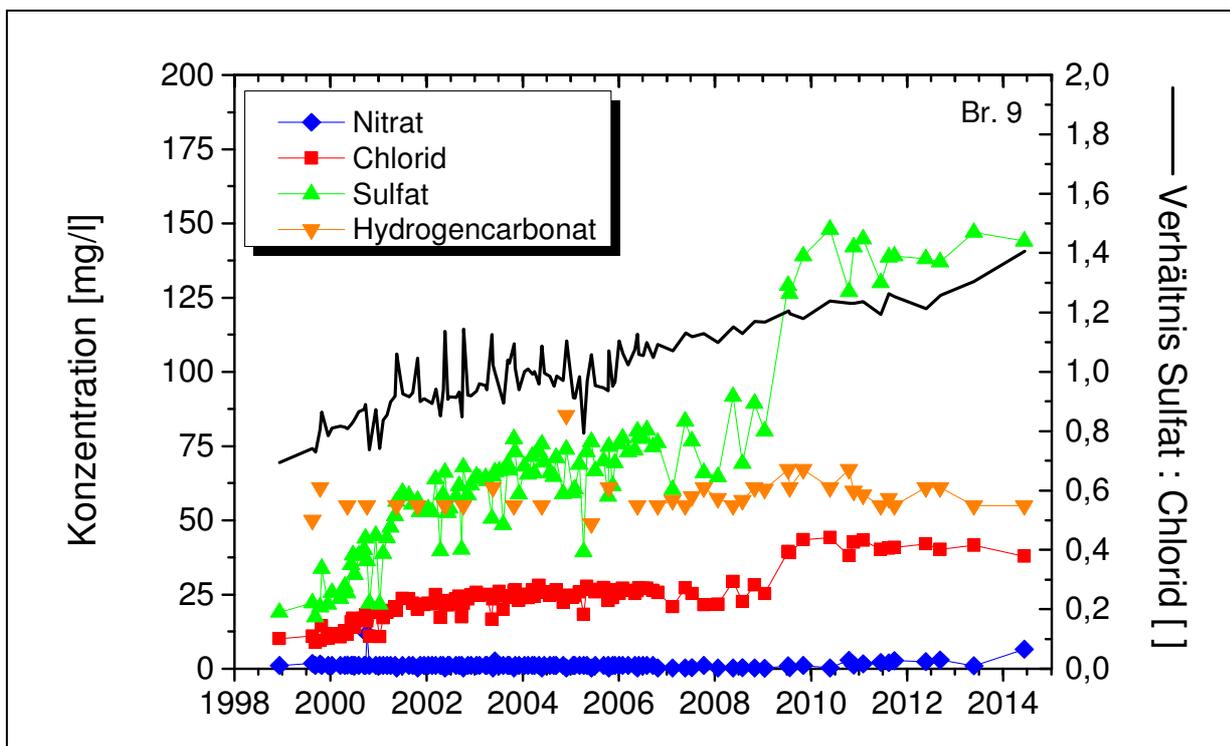


Abbildung 65: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 9 der Wassergewinnungsanlage Viersen.

Die bei gleichbleibenden pH-Werten konstant niedrigen Hydrogencarbonatkonzentrationen zeigen an, dass kein Nitratabbau durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) stattfindet. Bei einer chemo-lithotrophen Denitrifikation, d. h. einem Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) müsste eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment des Grundwasserleiters erkennbar sein. Hinweise hierauf geben zunächst die Gangli-

nien der Rohwasserbeschaffenheit (Abbildung 65). Zwischen 2002 und 2006 sind die Sulfatkonzentrationen trotz konstanter Chloridwerte, die als nicht reaktiver Tracer ein Maß für die Höhe des anthropogenen Stoffeintrags darstellen, angestiegen. Dies deutet ebenso auf eine Mobilisation von Sulfat hin wie der Konzentrationsprung im Jahr 2009. Eindeutig belegt wird der Prozess durch einen Vergleich der Konzentrationsverhältnisse von Sulfat zu Chlorid. Zu Beginn der Messreihe liegt das molare Sulfat : Chlorid-Verhältnis bei Werten zwischen 0,69 und 0,81 und damit in einem Bereich, der typisch für landwirtschaftliche Prägung ohne Überlagerung durch hydrogeochemische Prozesse ist (Abbildung 65) und in dieser Größenordnung im oberflächennahen Grundwasser auftritt. Das Verhältnis steigt dann kontinuierlich auf einen aktuellen Wert von 1,40 an. Das bedeutet, dass das Rohwasser in Relation zum Chlorid immer höhere Sulfatkonzentrationen aufweist. Während ein Liter Grundwasser anfänglich pro mmol Chlorid - entspricht 35,45 mg – 0,81 mmol Sulfat (78 mg) enthielt, waren es aktuell bereits 1,40 mmol oder 134 mg Sulfat. Dieser Anstieg kann im vorliegenden Grundwasserleiter nur über den Prozess des Nitratabbaus durch reduzierte Schwefelverbindungen erklärt werden.

Allerdings zeigen sich auch in mehreren Messstellen und Brunnen zunehmende Nitratkonzentrationen im Horizont 11B / 8. Aus dieser Entwicklung ist ableitbar, dass sich das Nitratabbaupotenzial im Zustrombereich zum Förderhorizont 8 erschöpft. Dies belegt insbesondere der im Rohwasser des Brunnens zu beobachtende Verlauf der Nitratwerte, die anfänglich einen Abbau erkennen lassen, der dann ab 1999 nachlässt, so dass die Nitratkonzentrationen auf bis zu 20 mg/l ansteigen konnten (Abbildung 64).

#### 3.13.7.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Viersen wird seit 1996 eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation betrieben, um die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu begrenzen.

### 3.13.8 Wassergewinnungsanlagen Amern I und II

Die Wassergewinnungsanlagen Amern I und II betreiben insgesamt fünf Brunnen, die die Horizonte 11B / 8 bewirtschaften. Die Brunnen sind im lokalen dritten Grundwasserstockwerk verfiltert, wobei die stockwerkstrennenden Tone der Reuver-Serie (Horizonte 11E und 11C) jeweils im Vorfeld der Gewinnungsanlagen austreichen. Die Rottone sind lückenhaft verbreitet und besitzen keine nennenswerte hydraulische Funktion.

#### 3.13.8.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen in Amern Brunnen ist überwiegend nahezu nitratfrei. Im Brunnen 2 des Standorts Amern sind in den letzten Jahren jedoch vermehrt Nitratdurchbrüche aufgetreten, die zu Konzentrationen bis zu 95 mg/l Nitrat geführt haben. Im Brunnen 3 werden in einzelnen Proben Nitratkonzentrationen im einstelligen Milligrammbereich gemessen.

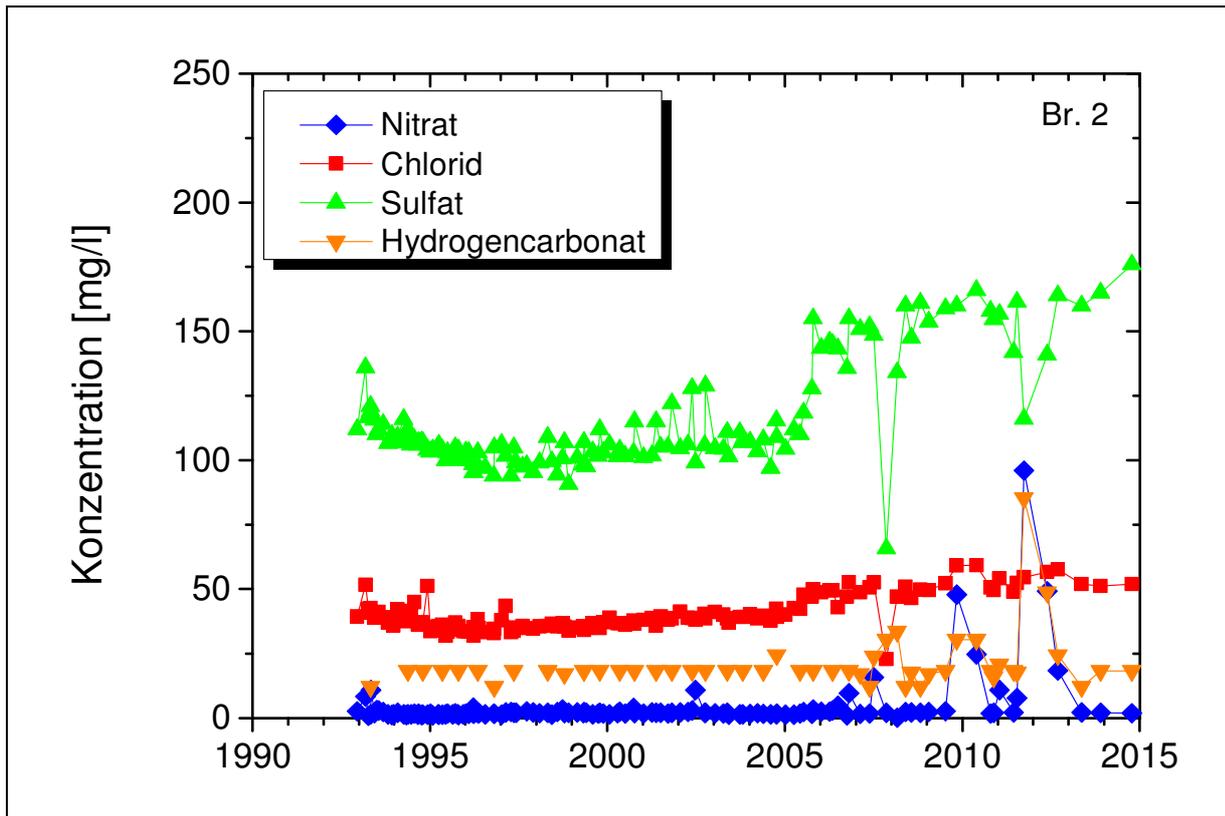


Abbildung 66: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Amern II.

### 3.13.8.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im obersten Grundwasserstockwerk im Hangenden des Reuver-C-Tons (Horizont 11E) betragen die Nitratkonzentrationen in nahezu allen 15 Messstellen, zu denen aktuelle Analysen vorliegen, mehr als 100 mg/l. Der Mittelwert liegt bei 123 mg/l.

Im Horizont 11D, der bei Verbreitung des Reuver-B-Tons (Horizont 11C) das zweite lokale Grundwasserstockwerk aufbaut, liegen zu acht Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor. Hier werden mittlere Nitratwerte von 88 mg/l gemessen, wobei die Konzentrationen zur Tonverbreitungsgrenze hin zunehmen und dreistellige Konzentrationswerte erreichen.

Im Horizont 11B / 8, der das dritte lokale Grundwasserstockwerk darstellt, werden in den vorliegenden 21 Messstellen überwiegend niedrige bis fehlende Nitratkonzentrationen bestimmt, wobei immer ein anthropogener Einfluss feststellbar ist. Betrachtet man die 18 Messstellen, die sich im Verbreitungsgebiet des Reuver-B-Tons befinden, beträgt der Nitratmittelwert 19 mg/l. Zieht man die drei außerhalb der Tonverbreitung gelegenen Messstellen hinzu, die mit einer Ausnahme dreistellige Nitratkonzentrationen aufweisen, steigt der Mittelwert auf 27 mg/l Nitrat.

### 3.13.8.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Amern I und II betragen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter landwirtschaftlicher Nutzfläche nach Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich durchgängig mehr als 100 mg/l (Wendland et al. 2010). Da sich im Einzugsgebiet nur wenige Ortschaften und ein kleines Waldgebiet im Bereich der Fassungsanlagen befinden, existieren nur wenige „Verdünnungsflächen“ mit einem geringeren Nitratreintrag.

### 3.13.8.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk, d. h. im Hangenden des Reuver-C-Tons (Horizont 11E), liegen keine Hinweise auf Nitrat-Abbauprozesse vor. Die Nitratkonzentrationen des Grundwassers entsprechen denen des Sickerwassers. Auch aus der zeitlichen Entwicklung der Nitrat-, Chlorid- und Sulfationen, die in der Regel in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, lässt sich ableiten, dass ein konservativer Transport erfolgt, der bezüglich des Nitrats nicht durch Abbauprozesse überprägt wird.

Auch im Horizont 11D ergeben sich keine Belege für Denitrifikationsreaktionen. Die Konzentrationen der Anionen Nitrat, Chlorid und Sulfat zeigen vergleichbare Entwicklungstrends, die Abbauprozesse nicht plausibel erscheinen lassen. In der Regel werden durch einen zunehmenden Zustrom oberflächennahen hoch mineralisierten Grundwassers steigende Konzentrationen beobachtet. Außerdem ändert sich bei einem Konzentrationsanstieg das Verhältnis der Sulfat- zu den Chloridionen, die meist in gleichbleibenden Relationen in das Grundwasser eingetragen werden, nicht. Dieses Verhältnis bleibt beispielsweise in der Messstelle 908292 bei Boisheim über einen Messzeitraum von über 20 Jahren auf einem Niveau von etwa 0,75 stabil (ohne Abbildung). Dieser Wert ist für ein oberflächennahes Grundwasser in dem Betrachtungsraum typisch. Bei einem Nitrat-Abbau durch Sulfide würde der Anteil der im Grundwasser gelösten Sulfationen in Relation zu den Chloridkonzentrationen ansteigen (Kapitel 3.13.7.4).

Im Horizont 11B / 8 finden eindeutig Nitrat-Abbaureaktionen statt. Ein an zunehmenden Chlorid- und Sulfatwerten erkennbarer Anstieg des anthropogenen Einflusses bei gleichbleibend niedrigen bis fehlenden Nitratkonzentrationen ist hierfür ein deutlicher Beleg und an zahlreichen Messstellen und Brunnen nachweisbar. Da mit dem offensichtlichen Nitrat-Abbau keine Konzentrationsänderungen des gelösten anorganischen Kohlenstoffs ergeben – die Hydrogencarbonatwerte und die pH-Werte bleiben in allen vorliegenden hydrochemischen Ganglinien jeweils stabil – ist eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.1), d. h. ein Nitrat-Abbau durch organische Substanz, auszuschließen. Belege für eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) finden sich an zahlreichen Messstellen und Brunnen. Im Brunnen 3 wird beispielsweise ein deutlicher Anstieg der Sulfatkonzentrationen auf punktuell über 200 mg/l gemessen (Abbildung 67). Vergleichbar hohe Sulfatwerte über 200 mg/l treten im oberflächennahen Grundwasser nicht auf und deuten daher auf eine Sulfatmobilisation aus dem Sediment des Grundwasserleiters hin.

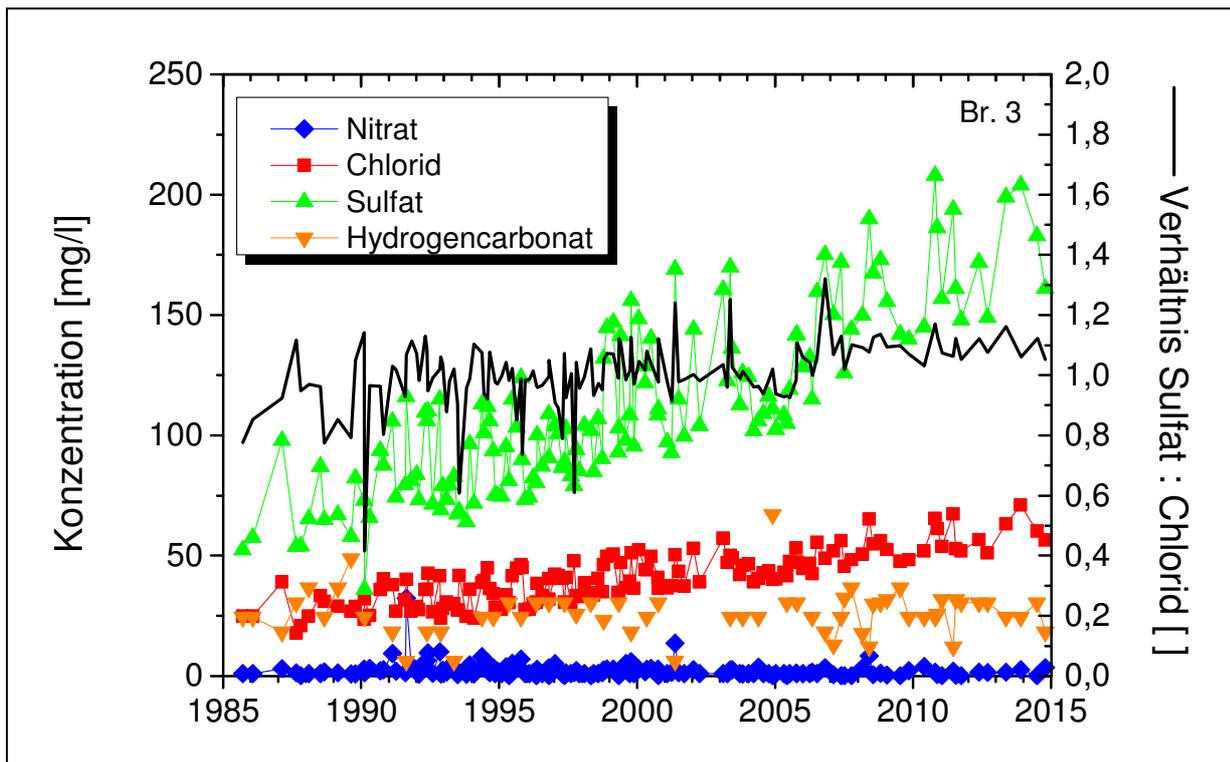


Abbildung 67: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat:Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Amern I.

Außerdem ist das molare Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid bei allerdings deutlichen Schwankungen im Verlauf der Messreihe leicht gestiegen (Abbildung 67). Der Anstieg des Konzentrationsverhältnisses weist auf einen in Relation zu den Chloridwerten stärkeren Anstieg der Sulfatkonzentrationen aufgrund einer Freisetzung durch den Nitratabbau hin. Hierbei ist zu beachten, dass das Sulfat : Chlorid-Verhältnis im oberflächennahen Grundwasser meist Werte um 0,75 aufweist (s.o., dieses Kapitel). Vergleichbar niedrige Verhältnisse traten auch zu Beginn der Messreihe im Brunnen 3 nicht auf, weil hier offensichtlich bereits eine Beeinflussung durch die chemo-lithotrophe Denitrifikation vorlag, die sich in einem Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis um 0,9 äußerte, um bis heute auf Werte um 1,1 anzusteigen. Daher ist der Trend weniger eindeutig als beispielsweise im Rohwasser der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Viersen, wo ebenfalls im Grundwasserleiter 11B / 8 derselbe Nitratabbau abläuft (Kapitel 3.13.7.4).

An einigen Stellen des Einzugsgebiets zeigt sich im Förderhorizont eine Erschöpfung des Nitratabbaupotenzials, erkennbar an Durchbrüchen hoher Nitratkonzentrationen. Exemplarisch ist dies im Rohwasser des Brunnens 2 mehrfach aufgetreten (Abbildung 66), aber auch in mehreren Messstellen zu belegen. Die Nitratkonzentrationen von 95 mg/l im Rohwasser Ende 2011 gehen außerdem mit einem deutlichen Rückgang der Sulfatkonzentrationen einher (Abbildung 66), weil die Sulfatmobilisation durch den Nitratabbau in der vorliegenden Probe geringer ausgefallen ist. Der Nitratabbau durch die reduzierten Schwefelverbindungen wird dadurch grundsätzlich ein weiteres Mal bestätigt.

### 3.13.8.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Amern I und II wird seit 1998 insbesondere mit dem Ziel betrieben, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu vermindern.

## 3.13.9 Wassergewinnungsanlage Boisheim

In der Wassergewinnungsanlage Boisheim werden die Reuver-Serie (Horizont 11D) mit zwei Brunnen und die Hauptkies-Serie (Horizont 8) mit drei Brunnen bewirtschaftet. Am Gewinnungsstandort bilden die Förderhorizonte das lokale zweite und dritte Grundwasserstockwerk. Im weiteren Vorfeld streichen erst der Reuverton C (Horizont 11E) und der weiter verbreitete Reuverton B (11C) aus.

### 3.13.9.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das aus dem Horizont 11D geförderte Rohwasser weist Nitratkonzentrationen zwischen 90 mg/l (Brunnen 2) und 120 mg/l (Brunnen 4) auf, wobei sich in den beiden Brunnen seit Jahren stabile Konzentrationsniveaus zeigen (ohne Abbildung). Im Horizont 8 sind die Rohwässer der beiden nördlichen Brunnen 1 und 6 vollkommen anthropogen unbeeinflusst. Die geförderten Wässer besitzen eine geringe Mineralisation und enthalten kein Nitrat, während im Rohwasser des südlichsten Brunnens 5 seit 2006 Durchbrüche höher mineralisierten oberflächennahen Grundwassers zu erkennen sind (Abbildung 68). Diese sind mit punktuellen Anstiegen der Nitratkonzentrationen auf bis zu 130 mg/l verbunden, gehen zwischenzeitlich aber auch immer wieder auf ein Niveau unter 10 mg/l zurück.

### 3.13.9.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Das oberflächennahe Grundwasser oberhalb des Reuvertons C (11E) weist mittlere Nitratkonzentrationen von 135 mg/l auf, ermittelt aus Analysen von vier Grundwassermessstellen.

Im Horizont 11D, der das lokale zweite Stockwerk aufbaut und am Verbreitungsrand des Reuvertons C (11E) einen direkten hydraulischen Kontakt zum oberflächennahen Grundwasser aufweist, werden an sieben Messstellen gemittelte Nitratwerte von 95 mg/l bestimmt.

Im Horizont 11B / 8 sind die Nitratkonzentrationen mit gemittelten 43 mg/l geringer, basierend auf den Daten aus vier Messstellen. Die Einzelwerte unterliegen großen Schwankungen zwischen Null und über 100 mg/l Nitrat.

### 3.13.9.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Boisheim weist eine stark landwirtschaftliche Prägung auf, die lediglich im Bereich Boisheimer Nette durch einen schmalen Streifen mit Bebauung unterbrochen wird. Die Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich weisen für die landwirtschaftlichen Flächen überwiegend Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von über 100 mg/l aus (Wendland et al. 2010). In den Auengebieten an der Nette

sind die Werte aufgrund des Nitratabbaupotenzials der dort anstehenden Gleyböden mit unter 10 mg/l Nitrat gering, aber lokal begrenzt.

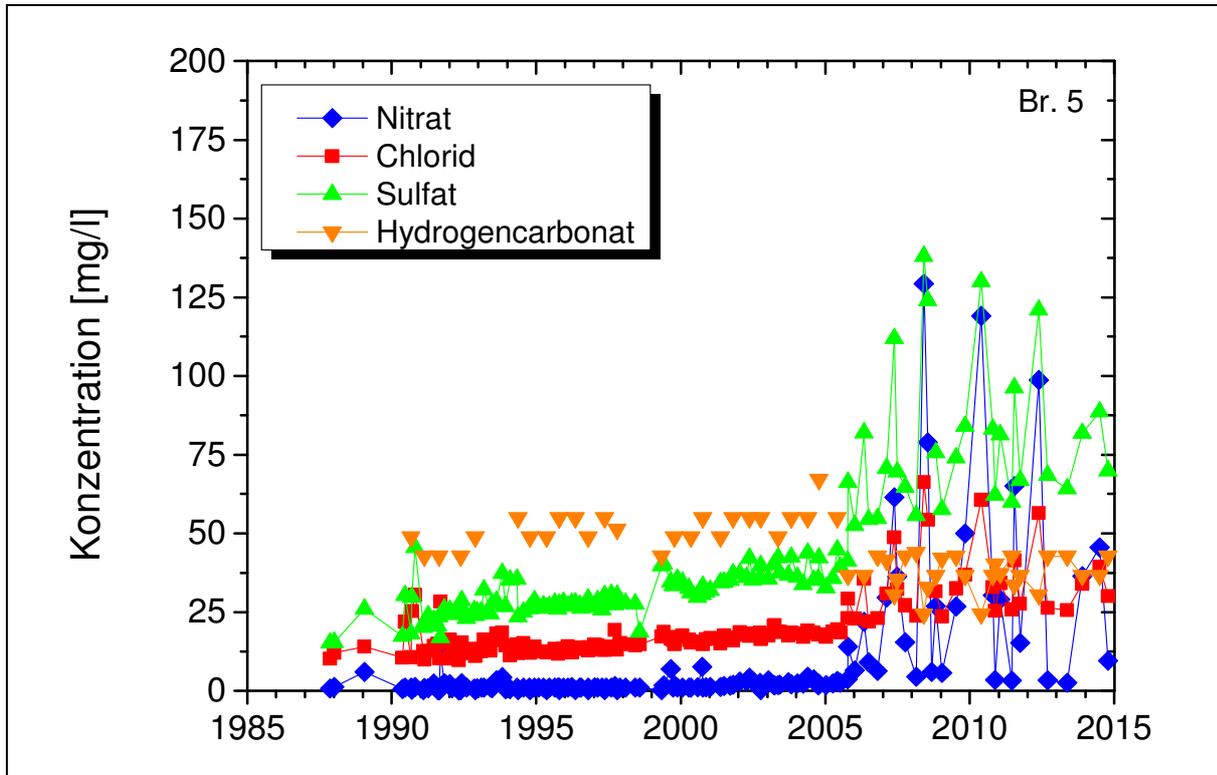


Abbildung 68: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 5 der Wassergewinnungsanlage Boisheim.

#### 3.13.9.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk und im Horizont 11D liegen keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse vor. Die im oberflächennahen Grundwasser gefundenen Nitratkonzentrationen entsprechen den Werten des Sickerwassers (Kapitel 3.13.9.3). Die Konzentrationen sind in den meisten Messstellen seit Jahren gleichbleibend. Das im Horizont 11D gegenüber dem oberflächennahen Grundwasser geringere Konzentrationsniveau erklärt sich durch die Verbreitung des Reuvertons C (Horizont 11E), der den Zustrom nitratreichen Wassers teilweise verhindert oder verzögert und nicht durch Nitratreduktion.

Im Horizont 11B / 8 liegen eindeutige Belege für einen Nitratabbau vor, die allerdings nicht auf das gesamte Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Boisheim zu beziehen sind. In zwei von vier Messstellen zeigen die Analysen im Horizont 11B / 8 einen deutlichen anthropogenen Einfluss, erkennbar an erhöhten Chlorid- und Sulfatkonzentrationen. Da Chlorid und Sulfat unter landwirtschaftliche Nutzflächen immer in Vergesellschaftung mit Nitrat in das Grundwasser eingetragen werden, wäre in dieser Situation ohne Denitrifikationsreaktionen auch von erhöhten Nitratkonzentrationen auszugehen. Die geringen bis fehlenden Nitratkonzentrationen belegen hier einen Nitratabbau.

Die hydrochemischen Daten legen nahe, dass im Grundwasserleiter chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2) abläuft, d. h. dass reduzierte Schwefelverbindungen am Nitratabbauprozess beteiligt sind. Der Prozess ist anhand der zeitlichen Entwicklung der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen der exemplarisch betrachteten Messstelle 659818 belegbar (Abbildung 69).

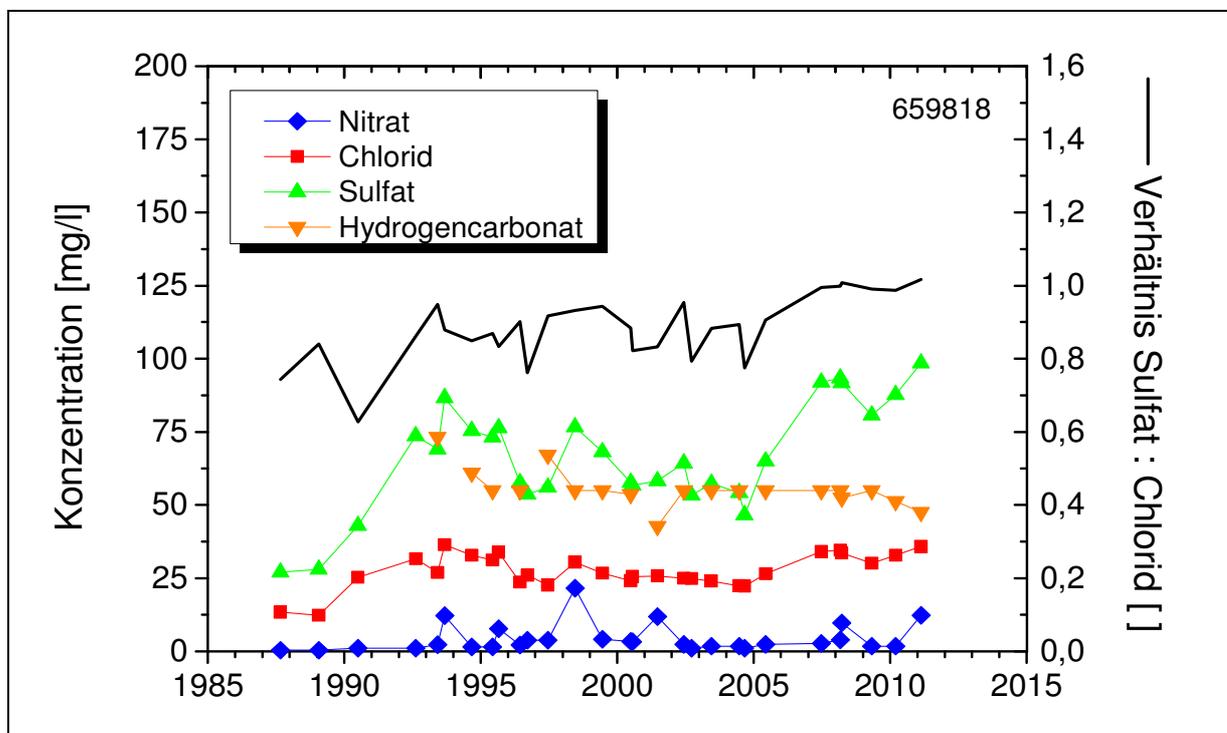


Abbildung 69: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 659818 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Boisheim.

Während die Chloridwerte seit Beginn der 1990er Jahre zwischen 25 und 35 mg/l schwanken, sind die Sulfatwerte insbesondere in den letzten Jahren deutlich auf annähernd 100 mg/l angestiegen (Abbildung 69). Da Sulfat und Chlorid meist in einem gleichbleibenden Konzentrationsverhältnis in das Grundwasser eingetragen werden, weist der überproportionale Anstieg der Sulfatkonzentrationen auf eine Sulfatmobilisation aus dem Sediment des Aquifers hin, die nur auf den Prozess des Nitratabbaus durch Sulfidminerale zurückgehen kann. Hierfür spricht auch, dass das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid. Dieses Verhältnis weist im oberflächennahen Grundwasser an zahlreichen Standorten Werte um 0,75 auf (vgl. Kapitel 3.13.8.4). Nachdem dieser Wert auch am Beginn der Messreihe und in den 1990er Jahren mehrfach ermittelt wurde, ist das Konzentrationsverhältnis bis zum Jahr 2011 auf über 1,0 angestiegen und verdeutlicht die Sulfatfreisetzung (Abbildung 69).

In einer weiteren Messstelle zeigen sich zu Beginn der Messreihe Anstiege der Chlorid- und Sulfatwerte, während die Nitratwerte im Bereich der Bestimmungsgrenze bleiben (Abbildung 70). Auch hier ist bis 1992 von einer Denitrifikation auszugehen. Anschließend belegt der deutliche Anstieg der Nitratkonzentrationen auf über 60 mg/l im Jahr 1993 an, dass das Ni-

tratabbaupotenzial verbraucht ist (Abbildung 70). In einer weiteren Messstelle und im Förderbrunnen 5 (Abbildung 68 in Kapitel 3.13.9.1) zeigt sich, dass das Sediment keine nennenswerte Nitrat-abbaukapazität aufweist, so dass hier die Nitratwerte zeitgleich mit dem ersten Anstieg der Chlorid- und Sulfatwerte zunehmen.

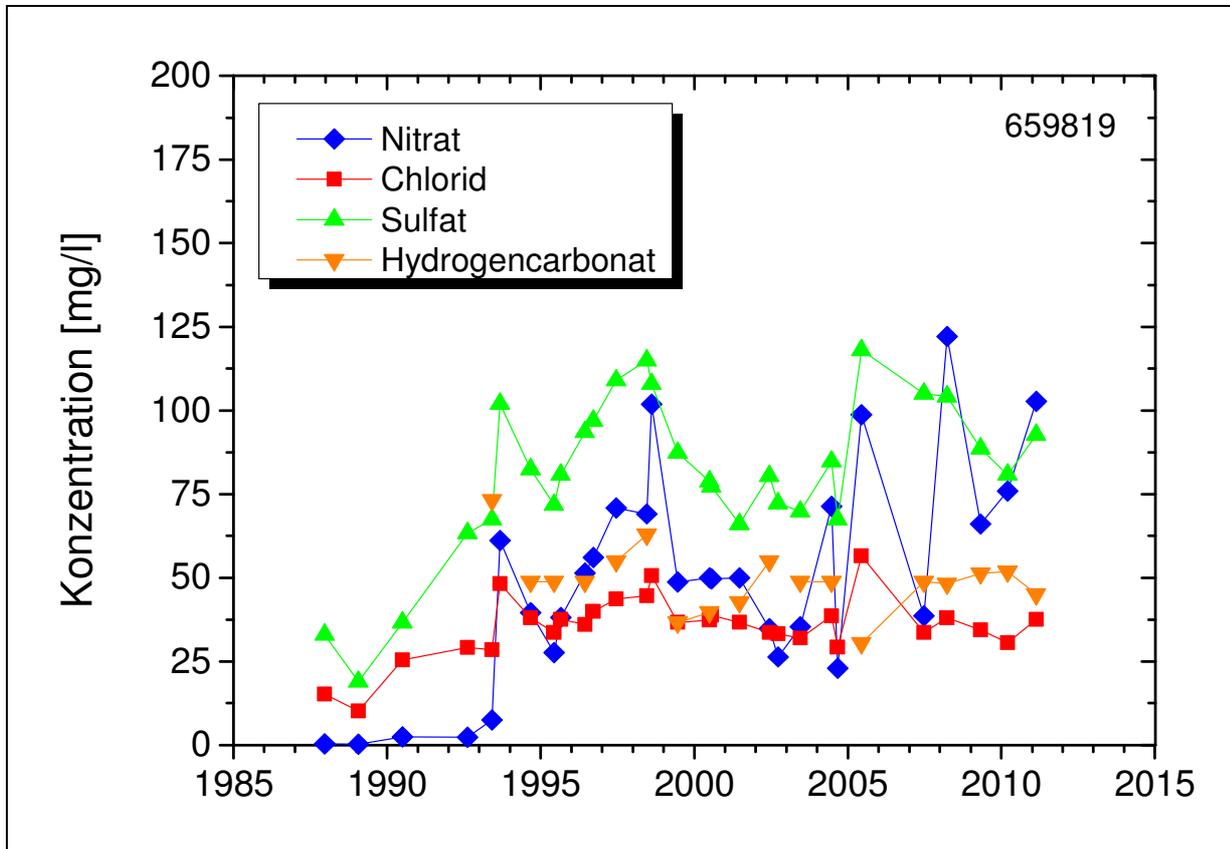


Abbildung 70: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 659819 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Boisheim.

Die konstanten bis leicht fallenden Hydrogencarbonatkonzentrationen weisen bei gleichbleibenden pH-Werten darauf hin, dass im Grundwasserleiter kein anorganischer Kohlenstoff mobilisiert wird. Daraus ist abzuleiten, dass kein Nitrat-abbau durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) stattfindet, weil dieser Prozess mit einer Freisetzung anorganischen Kohlenstoffs in Form von Kohlendioxid bzw. Hydrogencarbonat verbunden ist.

### 3.13.9.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Dülken Boisheim wird gemeinsam eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um u. a. die hohen Nitratreinträge in das Grundwasser zu verringern. Diese wurde 1994 gegründet.

### 3.13.10 Wassergewinnungsanlage Fuchskuhle

Die Wassergewinnungsanlage Fuchskuhle betreibt drei Vertikalfilterbrunnen, die die quartäre Hauptterrasse (Horizont 16) erschließen.

#### 3.13.10.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der drei Brunnen weist Nitratkonzentrationen zwischen 30 und 45 mg/l auf, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 4 mit den geringsten Nitratwerten (Abbildung 71). In allen Brunnen lagen die Nitratkonzentrationen in den 1980er und 1990er Jahren noch über 50 mg/l und sind in den letzten Jahren gesunken.

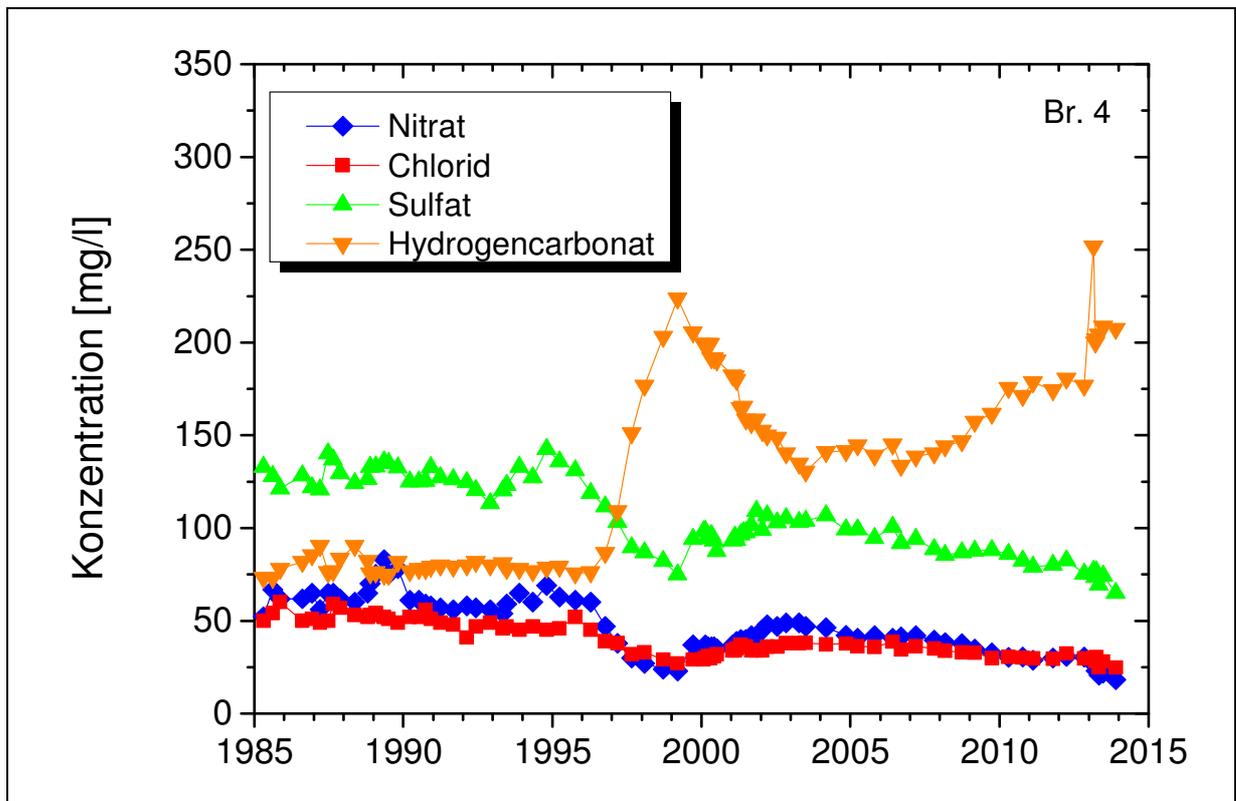


Abbildung 71: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Fuchskuhle.

#### 3.13.10.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers wird in weiten Teilen des Einzugsgebiets durch die Infiltrationsmaßnahmen der RWE Power AG zur Stützung der Grundwasserstände überprägt. Daher sind die Nitratkonzentrationen überwiegend gering und liegen im Bereich der Bestimmungsgrenze, womit sie aber nicht der Eintragungssituation aufgrund der Flächennutzung entsprechen. Von den vier im obersten Grundwasserstockwerk verfilterten Grundwassermessstellen ist lediglich in zwei Messstellen kein Infiltrationswassereinfluss nachweisbar. Die Nitratkonzentrationen betragen hier jeweils um 50 mg/l.

### 3.13.10.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für den landwirtschaftlich genutzten Teil des Einzugsgebiets, der einen Flächenanteil von etwa 60 % einnimmt, gibt das Forschungszentrum Jülich auf Basis von Modellrechnungen überwiegend die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers mit 75 bis 100 mg/l an (Wendland et al. 2010). Sofern Pseudogleye im Einzugsgebiet verbreitet sind, wird von einem erhöhten Nitratabbau Potenzial im Bodenbereich ausgegangen, so dass die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers meist nur mit 10 bis 25 mg/l angesetzt werden. Hier wird der nitratreduzierende Einfluss der Böden überschätzt, wie die Nitratkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser zeigen (Kapitel 3.13.10.2). Für die städtisch genutzten Bereiche ist von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 25 und 50 mg/l auszugehen.

### 3.13.10.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk ergeben sich keine Hinweise auf Nitratbauprozesse. Der oft aussagekräftige Vergleich zwischen den Nitratkonzentrationen des Sickerwassers und des Grundwassers ist aufgrund der Einflüsse durch das nitratfreie Infiltrationswasser nur an wenigen Standorten möglich. Die Ganglinien der Grundwasserbeschaffenheit zeigen aber eindeutig an, dass kein Nitratabbau stattfindet, weil sich die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen auf einem regional typischen Niveau befinden und sich in gleicher Weise entwickeln, d. h. Konzentrationsanstiege oder -rückgänge erfolgen zeitgleich, ohne Hinweise auf Überprägungen durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation.

Im Rohwasser des Brunnens 4 zeigen sich bereits seit 1997 Einflüsse des Infiltrationswassers, dessen Beschaffenheit durch fehlende Nitratkonzentrationen sowie geringe Chlorid- und Sulfatwerte bei gleichzeitig hohen Hydrogencarbonatkonzentrationen gekennzeichnet ist (Kapitel 3.10.4.1). Der Zustrom dieses Wassers, mit dessen Infiltration im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Fuchskuhle 1995 begonnen wurde, ist im Brunnen 4 seit 1997 insbesondere an steigenden Hydrogencarbonatwerten nachweisbar, äußert sich aber auch an zeitgleich sinkenden Chlorid-, Sulfat- und Nitratkonzentrationen (Abbildung 71). Außerdem ist von einem Rückgang der Nitratwerte aufgrund der Kooperationsarbeit auszugehen. Auch im Brunnen 2 sind in den letzten Jahren geringe Infiltrationswassereinflüsse nachweisbar (ohne Abbildung), d. h. auch hier gehen die Rückgänge der Nitratkonzentrationen nicht auf Denitrifikationsreaktionen zurück, sondern sind das Resultat der Maßnahmen zur Stützung der Grundwasserstände bzw. der wasserwirtschaftlich-landwirtschaftlichen Kooperationen.

### 3.13.10.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Rheindahlen, Gatzweiler, Reststrauch und Fuchskuhle wird seit 1992 eine gemeinschaftliche Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel betrieben, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu vermindern.

### 3.13.11 Wassergewinnungsanlage Lodshof

Die Wassergewinnungsanlage Lodshof erschließt die quartäre Mittelterrasse des Rheins (Horizont 18) mit vier Vertikalfilterbrunnen.

#### 3.13.11.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das aus dem quartären Horizont 18 gewonnene Rohwasser ist in allen vier Brunnen nitratfrei, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 4 in Abbildung 72.

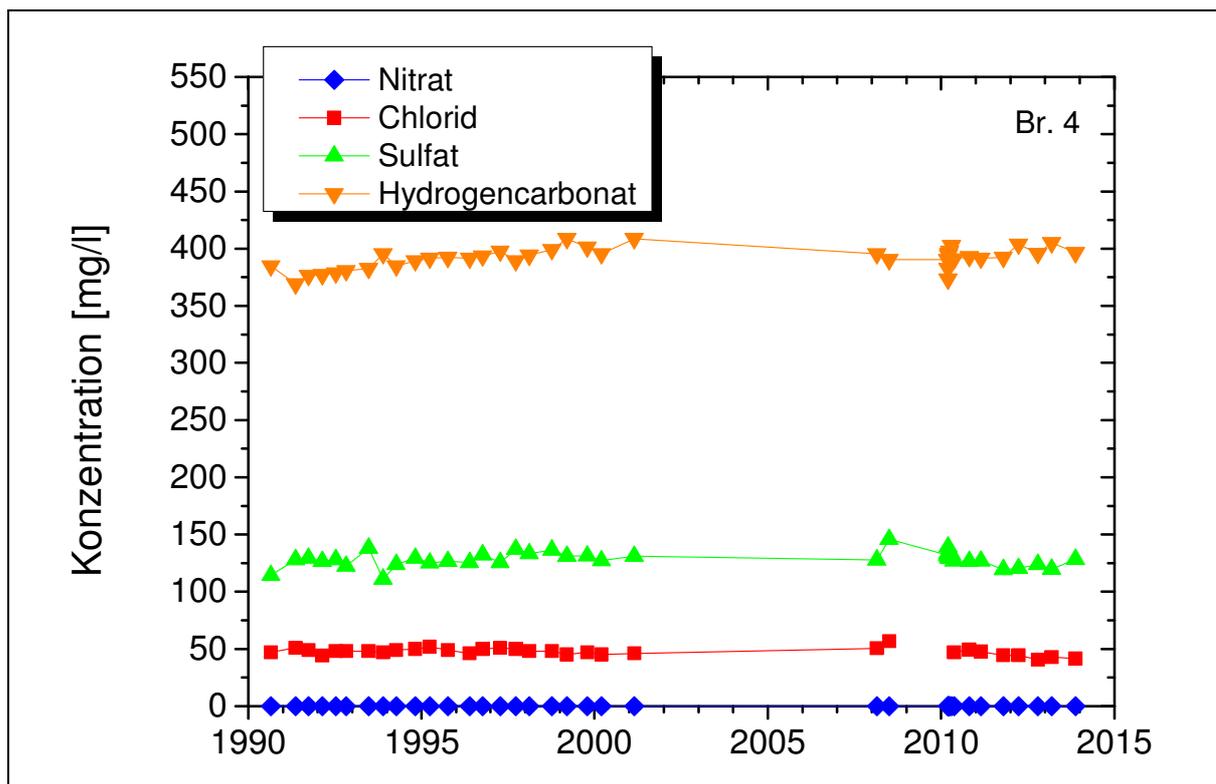


Abbildung 72: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Lodshof.

#### 3.13.11.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage liegen zu neun Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze maximal 55 mg/l. Hierbei fällt auf, dass alle an der Terrassenbasis verfilterten Messstellen nitratfreie Wasserproben liefern und die höchsten Nitratkonzentrationen im Bereich der Grundwasseroberfläche auftreten. Mittelt man den Nitratwert über die genannten neun Messstellen, liegt er bei 14 mg/l.

#### 3.13.11.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich hat die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers auf Basis von Modellrechnungen ermittelt (Wendland et al. 2010). Im nördlichen und östlichen Teil des

Einzugsgebiets herrschen bei geringen Flurabständen Gleyböden vor, die meist ein hohes Nitratabbaupotenzial besitzen. In deren Verbreitungsgebiet werden die Nitratwerte des Sickerwassers mit  $< 10$  mg/l angegeben. Im übrigen Gebiet ist von Eintragungswerten zwischen 10 und 50 mg/l auszugehen, wobei Werte über 25 mg/l mit landwirtschaftlicher Nutzung zusammenhängen und solche mit 10 bis 25 mg/l im städtisch geprägten Gebieten liegen.

#### 3.13.11.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Grundwasserleiter des Einzugsgebietes der Wassergewinnungsanlage Lodshof finden eindeutig Denitrifikationsprozesse statt. Über das Sickerwasser wird mindestens in Teilen des Einzugsgebietes Nitrat in den Grundwasserleiter eingetragen (Kapitel 3.13.11.3), was die Analysen der Proben aus den oberflächennah verfilterten Grundwassermessstellen mit Nitratkonzentrationen bis zu 55 mg/l bestätigen (Kapitel 3.13.11.2). Da sich der Grad des anthropogenen Einflusses über die Tiefe des Grundwasserleiters nicht nennenswert unterscheidet – die Chlorid- und Sulfatwerte liegen auf einem vergleichbaren Niveau – würde das tiefere Grundwasser ohne Denitrifikationsreaktionen ebenfalls Nitrat enthalten. Die Grund- und Rohwasserbeschaffenheit weist seit Jahrzehnten eine gleichbleibende Zusammensetzung auf, so dass sich aus den Zeitreihen keine Hinweise auf die Art des Nitratabbauprozesses ergeben. Auch Vergleiche der Konzentrationshöhen potenzieller Reaktionsprodukte des Nitratabbaus lassen keine Rückschlüsse zu, ob organische Substanzen (Kapitel 2.3.1) oder reduzierte Schwefelverbindungen (Kapitel 2.3.2) als Reduktionsmittel wirken.

Aufgrund der weiten Verbreitung von Gleyböden und der geringen Flurabstände in Teilen des Einzugsgebietes finden in der Bodenzone Nitratabbaureaktionen statt (Kapitel 2.4).

#### 3.13.11.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Für die Einzugsgebiete der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Lodshof einschließlich der derzeit nicht in Betrieb befindlichen Wassergewinnungsanlage Waldhütte und der Wassergewinnungsanlage Hoppbruch besteht seit 1992 eine gemeinsame Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft zur Verringerung der landwirtschaftlichen Stoffeinträge.

### 3.13.12 Wassergewinnungsanlage Rickelrath

Die Wassergewinnungsanlage Rickelrath erschließt die Hauptkies-Serie (Horizont 8), die am Gewinnungsstandort das dritte lokale Grundwasserstockwerk darstellt, mit einem Brunnen. Die Reuvertone C (Horizont 11E) und B (Horizont 11C) sind jeweils in weiten Teilen des Einzugsgebietes vorhanden, wobei lokal durch Erosionsrinnen bzw. geologische „Fenster“ hydraulische Kontakte zwischen den Grundwasserstockwerken möglich sind.

#### 3.13.12.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das aus der Hauptkies-Serie (Horizont 8) geförderte Rohwasser ist nicht nur nitratfrei, sondern lässt angesichts geringer Chlorid- und Sulfatwerte kaum anthropogene Einflüsse erkennen (Abbildung 73).

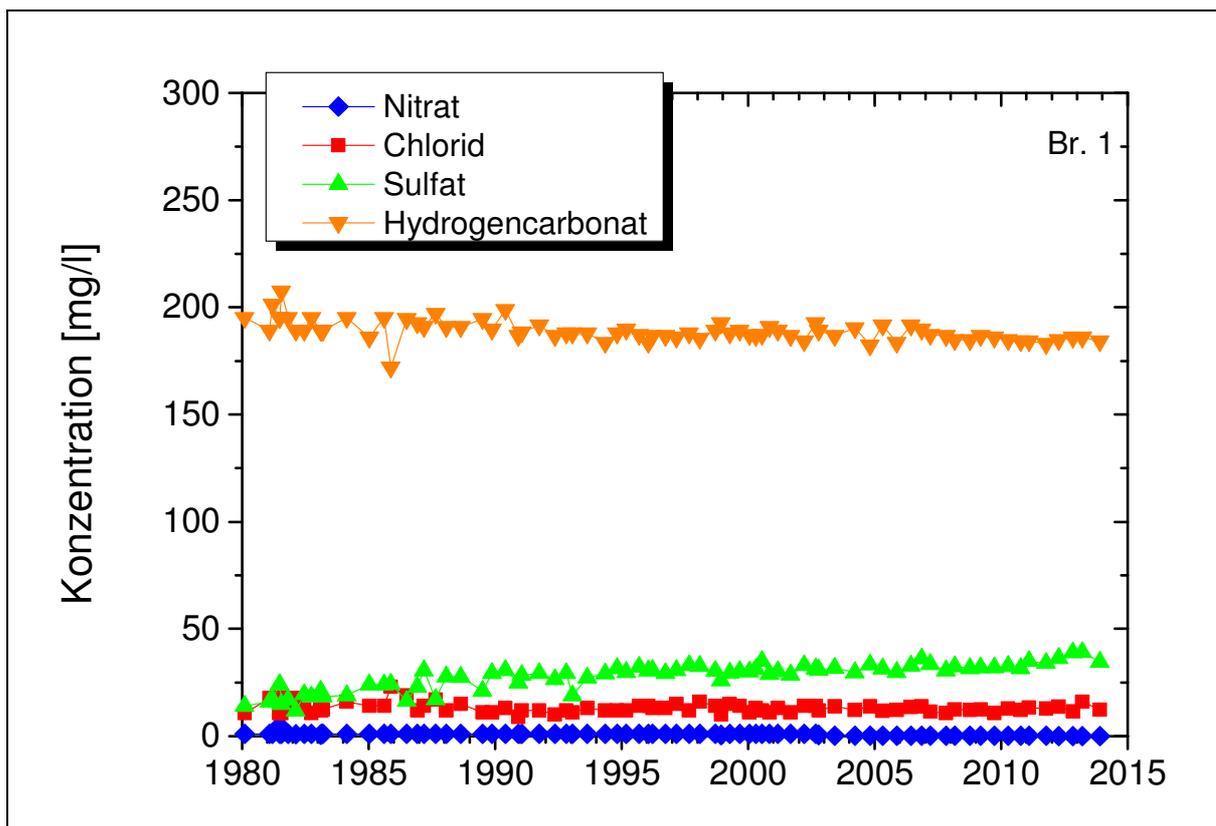


Abbildung 73: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Rickelrath.

### 3.13.12.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das oberflächennahe Grundwasser der Horizonte 16 und 11D liegen aktuelle Analysen zu insgesamt 12 Grundwassermessstellen vor. Der Mittelwert der Nitratkonzentrationen beträgt 95 mg/l bei Maximalwerten von 190 mg/l.

Im Horizont 8 ergeben die hydrochemischen Daten aus fünf Grundwassermessstellen einen Nitratmittelwert von aktuell 2 mg/l, wobei in vier der betrachteten Messstellen nitratfreie Wässer vorliegen.

### 3.13.12.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Neben kleineren Waldgebieten am Mühlenbach, am Knippertzbach und im Bereich des ehemaligen Hauptquartiers der britischen Streitkräfte bzw. der NATO (JHQ Rheindahlen) werden die Flächen im Einzugsgebiet nahezu ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Für die Waldstandorte gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Basis von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von <10 bis maximal 25 mg/l an (Wendland et al. 2010). Unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen wird überwiegend von Nitratwerten zwischen 75 und 100 mg/l ausgegangen, im Nahbereich des Brunnens sogar von Werten über 100 mg/l Nitrat.

### 3.13.12.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

In den Horizonten 16 und 11D findet kein Nitrat-Abbau statt. Die Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rickelrath unterscheiden sich nicht von den Eintragskonzentrationen über das Sickerwasser (Kapitel 3.13.12.3). Die zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen folgt denen des Chlorids und Sulfats und zeigt an, dass die Entwicklung der Stoffeinträge hierfür maßgeblich ist. Eine Denitrifikationsreaktion ist anhand der vorliegenden hydrochemischen Daten nicht erkennbar.

Die im Horizont 8 verfilterten Messstellen zeigen überwiegend geringe anthropogene Einflüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit. Bezüglich der Nitratkonzentrationen bedeutet dies, dass niedrige Werte nicht auf Abbaureaktionen hinweisen, sondern darauf, dass noch kein nitrat- und sulfathaltiges oberflächennahes Grundwasser den Förderhorizont erreicht hat.

In den wenigen Fällen, in denen die Wasserchemie einen anthropogenen Einfluss erkennen lässt, sind Nitrat-Abbaureaktionen allerdings eindeutig nachweisbar. Die Proben der brunnen-nahen Messstelle 40321 zeigen seit Jahren ein nitratfreies Grundwasser bei leicht schwankenden Chloridkonzentrationen zwischen 25 und 30 mg/l, die einen anthropogenen Einfluss belegen (Abbildung 74).

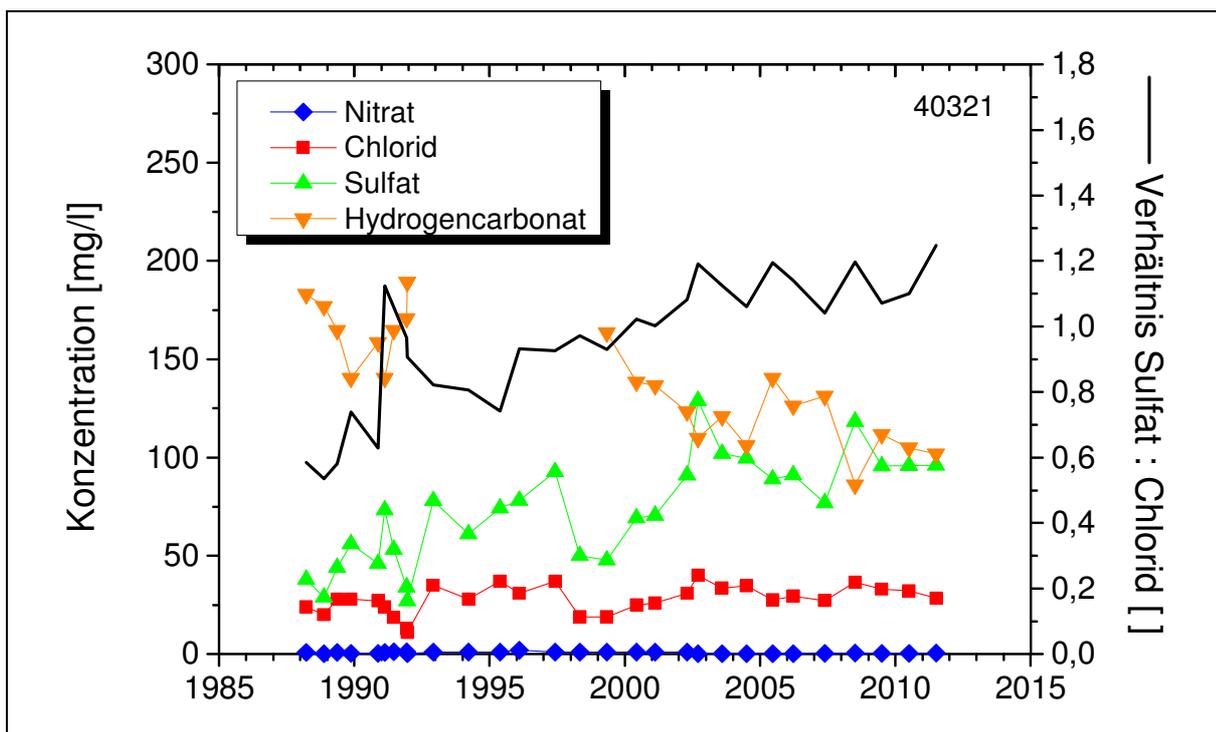


Abbildung 74: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 40321 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Rickelrath.

Ohne eine Denitrifikationsreaktion wäre in dem landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebiet von messbaren Nitratwerten im Grundwasser auszugehen. Die sinkenden Hydrogencar-

bonatwerte zeigen an, dass keine chemo-organotrophe Denitrifikation stattfindet (Abbildung 74), d. h. die Nitratreduktion nicht durch den Umsatz organischer Substanz aus dem Aquifer erfolgt (Kapitel 2.3.1). Demgegenüber weisen die steigenden Sulfatkonzentrationen bei stabilen Chloridwerten - ein verstärkter Sulfateintrag aus dem oberflächennahen Grundwasser scheidet als Ursache für den Konzentrationsanstieg aus, weil Chlorid und Sulfat unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden - auf eine Sulfatfreisetzung aus dem Grundwasserleiter hin. Dies wird durch den Anstieg des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses belegt, das von eintragungstypischen Werten um 0,75 auf Werte über 1,2 angestiegen ist und damit eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment belegt. Einzige mögliche Ursache hierfür ist ein Nitratabbau durch Sulfidminerale, d. h. die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2). Andeutungsweise zeigt sich ein Anstieg der Sulfatkonzentrationen bei sinkenden Hydrogencarbonat- sowie gleichbleibenden Chlorid- und fehlenden Nitratwerten auch im Rohwasser des im Horizont 8 verfilterten Förderbrunnens (Abbildung 73).

#### 3.13.12.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Rickelrath wird seit 1992 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um insbesondere die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern. Es handelt sich um eine gemeinschaftliche Kooperation in den Einzugsgebieten der Gewinnungsanlagen Rickelrath, Gatzweiler, Rheindahlen, Reststrauch, Fuchskuhle und Wiedbusch.

### 3.13.13 Wassergewinnungsanlage Wiedbusch

Die Wassergewinnungsanlage Wiedbusch betreibt drei Vertikalfilterbrunnen, die die Hauptkies-Serie (Horizont 8) erschließen. Die Hauptkies-Serie bildet am Gewinnungsstandort das lokale zweite Grundwasserstockwerk, in Teilen des Einzugsgebietes auch das lokale dritte Grundwasserstockwerk. Von den grundwasserstauenden Schichten der Reuver- und Rotton-Serien ist einzig der Reuerton B (Horizont 11C) durchgängig im Einzugsgebiet verbreitet.

#### 3.13.13.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der drei Brunnen ist nitratfrei, wie die Daten des Brunnens 3 exemplarisch zeigen (Abbildung 75).

#### 3.13.13.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im oberflächennahen Grundwasser herrschen überwiegend niedrige Nitratkonzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze vor. Diese entsprechen jedoch nicht der Eintragungssituation aufgrund der Flächennutzung, sondern hängen mit den Infiltrationsmaßnahmen der RWE Power AG zur Stützung der bergbaubedingt abgesenkten Grundwasserstände zusammen. Lediglich zwei von elf Grundwassermessstellen zeigen keine Infiltrationswassereinflüsse und weisen Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 60 mg/l auf. Vor Beginn der Infiltrationsmaßnahmen wurden in den übrigen Messstellen meist Nitratkonzentrationen um 50 mg/l beobachtet, vereinzelt auch Werte bis 100 mg/l. Aufgrund der räumlichen Nähe zum Ein-

zugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Reststrauch erfolgt für den obersten quartären Grundwasserleiter und den Horizont 11D eine gemeinsame Betrachtung (vgl. Kap. 3.13.5.2).

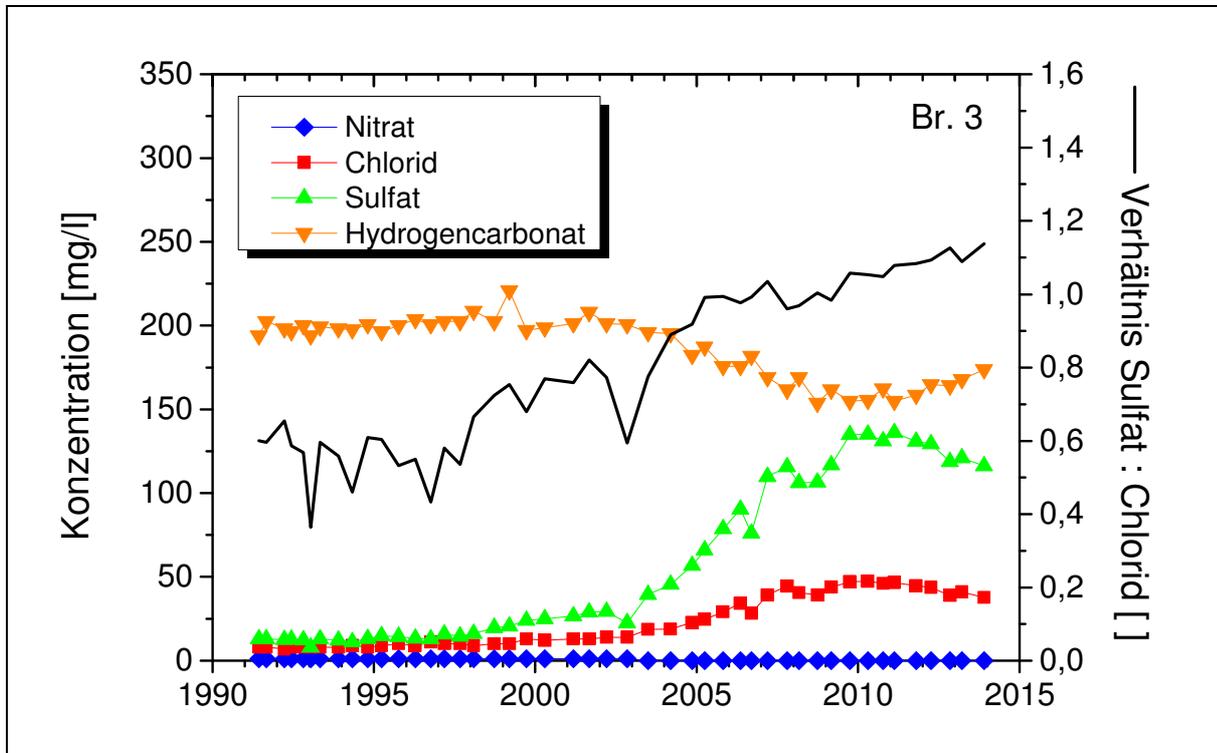


Abbildung 75: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Wiedbusch.

Im Horizont 11D sind lediglich zwei Grundwassermessstellen verfiltert, deren Proben nitratfreies Grundwasser liefern.

In der Hauptkies-Serie liegen zu acht Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor, die ebenfalls weitestgehend nitratfrei sind. Lediglich in zwei der acht Messstellen wurden im Förderhorizont mit Werten unter 5 mg/l geringe Nitratkonzentrationen bestimmt.

### 3.13.13.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für den landwirtschaftlich genutzten Teil des Einzugsgebiets werden seitens des Forschungszentrums Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l angegeben (Wendland et al. 2010). Für die städtisch genutzten Bereiche ist demnach von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 25 und 50 mg/l auszugehen.

### 3.13.13.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk ergeben sich keinerlei Hinweise auf Denitrifikationsprozesse. Da das oberflächennahe Grundwasser nahezu flächenhaft durch die Infiltrationswas-

sereinleitungen überprägt wird, ist ein Vergleich zwischen den Sickerwasserkonzentrationen und der Grundwasserbeschaffenheit nur vereinzelt möglich und wenig aussagekräftig. Die vorliegenden Informationen zur sumpfungswasserunbeeinflussten Grundwasserbeschaffenheit zeigen aber eindeutig an, dass kein Nitratabbau stattfindet, weil sich die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen auf einem regional typischen Niveau befinden und sich gleichsinnig zeitlich entwickeln, d. h. Konzentrationsanstiege oder –rückgänge erfolgen zeitgleich, ohne Hinweise auf Überprägungen durch hydrogeochemische Prozesse wie den Nitratabbau.

Das Grundwasser des Horizonts 11D zeigt anhand erhöhter Chlorid- und Sulfatwerte eindeutig eine anthropogene Beeinflussung an. Aufgrund der Kenntnisse zur Flächennutzung und der regionalen hydrochemischen Daten ist dieser Einfluss zwingend mit einem Nitratedeintrag in den Aquifer verbunden. Da das Grundwasser nitratfrei ist, liegt ein eindeutiger Indikator für einen Nitratabbau vor. Mit einem Eintrag von Infiltrationswasser aus dem oberen Stockwerk sind die Befunde im Horizont 11D nicht zu erklären. Die Daten der wenigen Messstellen lassen allerdings keine Rückschlüsse auf die Art der Nitratabbaureaktion zu.

Im Horizont 8 ist diese Argumentation ebenfalls anwendbar, wie bereits für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Reststrauch dargelegt wurde (Kap. 3.13.5.4). Aufgrund der räumlichen Nähe der beiden Gewinnungsstandorte grenzen die Einzugsgebiete direkt aneinander. Die Grundwassermessstelle 908593 liegt im Randbereich des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Reststrauch zu dem der Wassergewinnungsanlage Wiedbusch. Die dortige Interpretation der Grundwasserbeschaffenheitsdaten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eine chemo-organotrophe Denitrifikation - Nitratabbau durch organischen Kohlenstoff; Kap. 2.3.1 - ausschließt und mit hoher Wahrscheinlichkeit eine chemolithotrophe Denitrifikation - Nitratabbau durch Sulfidminerale; Kap. 2.3.2 - belegt (vgl. Kap. 3.13.5.4, Abbildung 60), wird für den Standort Wiedbusch übernommen.

Einen weiteren Hinweis auf eine Nitratreduktion durch reduzierte Schwefelverbindungen liefern die Rohwasserdaten, exemplarisch vorgestellt für den Brunnen 3 (Abbildung 75). Zu Beginn des anthropogenen Einflusses um das Jahr 2000 liegt hier ein Sulfat-Chlorid-Konzentrationsverhältnis vor, das Werte von etwa 0,8 zeigt. Hieraus folgt, dass pro 1 mmol/l Chlorid (entsprechend 35,5 mg/l) etwa 0,8 mmol/l Sulfat (entsprechend 77 mg/l) im Grundwasser gelöst sind. Bis ins Jahr 2012 ist dieses Verhältnis kontinuierlich angestiegen, um aktuell einen Wert von 1,14 zu erreichen. Daraus folgt, dass pro 1 mmol/l Chlorid (35,5 mg/l s.o.) jetzt 1,14 mmol/l Sulfat oder 109 mg/l gelöst sind. Die Sulfatwerte sind also bis 2011 absolut und bis zum Ende der Messreihe 2014 in Relation zum Chlorid deutlich gestiegen, obwohl oberflächennah nicht mehr Sulfat im Grundwasser analysiert wurde. Im obersten Grundwasserstockwerk liegt das molare Sulfat : Chlorid-Verhältnis bei einem Wert von 0,78. Bei aktuell 39 mg/l oder 1,1 mmol/l Chlorid im Horizont 8 wären bei einem konservativen Transport 83 mg/l Sulfat im Horizont 8 zu erwarten, während 116 mg/l Sulfat gemessen werden. Um die Differenz von 33 mg/l Sulfat rein aus dem Nitratabbau unter Berücksichtigung der Reaktionsgleichung 2 in Kapitel 2.3.2 zu erklären, ist die Reduktion von etwa 30 mg/l Nitrat erforderlich. Diese Größenordnung erscheint angesichts der im obersten Stockwerk gemessenen Werte realistisch, zumal die Chloridwerte im Horizont 8 näherungsweise den im obersten Leiter gemessenen Werten entsprechen und somit nicht von einer Verdünnung auszugehen ist.

Der Nitratreduktionsprozess ist derzeit auf die Teile des Einzugsgebiets beschränkt, in denen ein Zustrom oberflächennahen Grundwassers in den Horizont 8 erfolgt. Nahezu die Hälfte aller Messstellen innerhalb der Hauptkies-Serie ist gänzlich frei von anthropogenen Einflüssen.

#### 3.13.13.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen, Wiedbusch, Rheindahlen und Gatzweiler wird seit 1992 eine gemeinschaftliche Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel betrieben, die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu vermindern.

### 3.14 Gas- und Wasserwerk Grevenbroich GmbH

Die Gas- und Wasserwerk Grevenbroich GmbH (GWG) betreibt die Wassergewinnungsanlage Zweifaltern (Kapellen), die über ein Wasserrecht in Höhe von 0,700 Mio. m<sup>3</sup>/a verfügt.

#### 3.14.1 Wassergewinnungsanlage Zweifaltern

Die Wassergewinnungsanlage Zweifaltern verfügt über einen Vertikalfilterbrunnen, der den obersten Grundwasserleiter, bestehend aus der quartären Jüngeren Mittelterrasse, bewirtschaftet. Die Wassergewinnungsanlage Zweifaltern ist durch Grundwasserabsenkungen im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau betroffen. Die sumpfungsbedingten Absenkungen durch den Tagebau Garzweiler betragen bis zu 10 Meter, wodurch die Tiefenverlagerung von Stoffen beschleunigt wird, die mit dem neugebildeten Grundwasser eingetragen werden.

##### 3.14.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Brunnens weist aktuelle Nitratwerte um 15 mg/l auf, wobei Anfang der 2000er Jahre höhere Werte bis 40 mg/l gemessen wurden, punktuell auch darüber (Abbildung 76).

##### 3.14.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet des Brunnens liegen für drei Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor. Zu zwei weiteren Messstellen existieren ältere hydrochemische Daten aus den 1980er Jahren. Die aktuellen Nitratwerte liegen alle unter 10 mg/l. In den älteren Analysen wurden Nitratwerte bis 70 mg/l analysiert, wobei die nutzungsbedingte Eintragsituation (Kapitel 3.14.1.2) sowie die Lage der Messstellen bezüglich der im Einzugsgebiet verbreiteten Böden (Kapitel 2.4 und Kapitel 3.14.1.4) und die daraus resultierenden Nitratabbaubedingungen für die resultierenden Nitratkonzentrationen von wesentlicher Bedeutung ist. Das Alter der Analysen spielt eine eher untergeordnete Rolle.

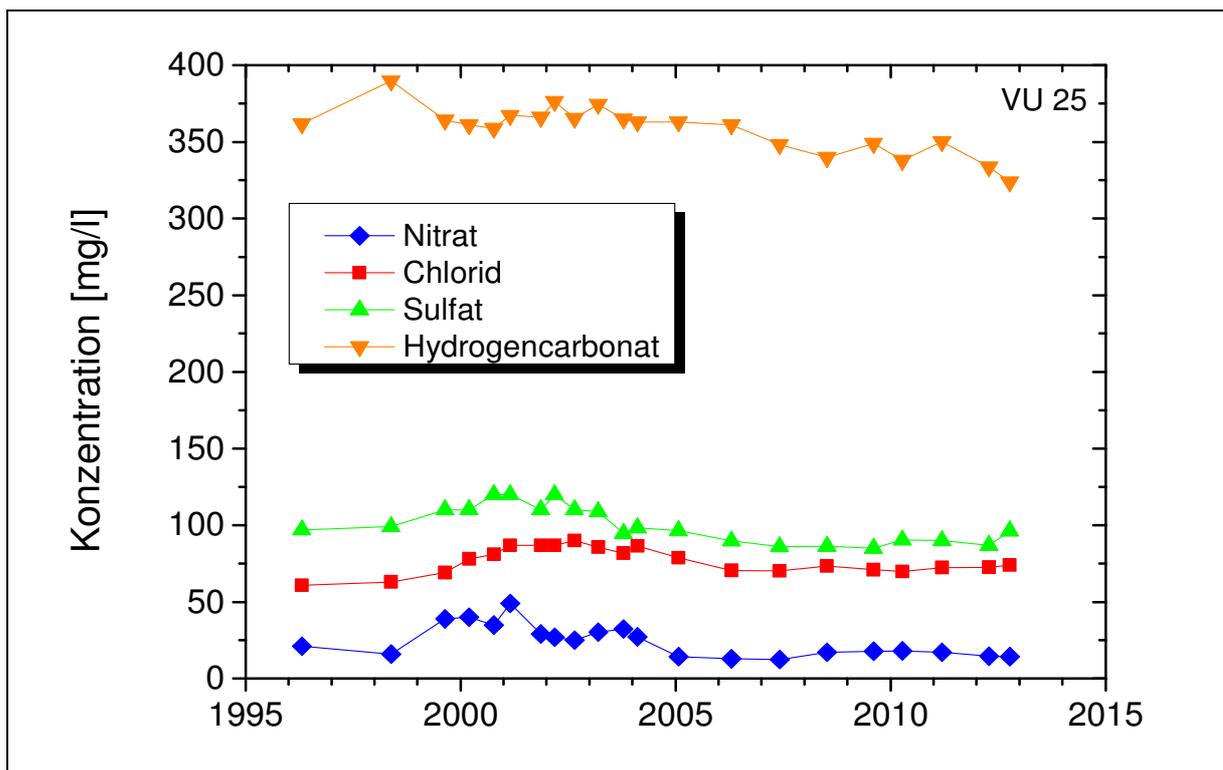


Abbildung 76: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen VU25 der Wassergewinnungsanlage Zweifaltern.

### 3.14.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet wird zu etwas mehr als 50 % landwirtschaftlich genutzt. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen überwiegend in der Nordwesthälfte des Einzugsgebietes, weil im südwestlichen Teil im Bereich der Erftauen ursprünglich – im bergbauunbeeinflussten Zustand – geringe Flurabstände vorherrschten. Die übrigen Flächen werden zu vergleichbar großen Anteilen forstlich bzw. städtisch genutzt. Für die landwirtschaftlichen Nutzflächen gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Grundlage von Modellrechnungen, die Wendland et al. 2010 durchführten, überwiegend Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 75 mg/l an. Im Verbreitungsgebiet von Gleyen, die nahezu die gesamte südwestliche Hälfte des Einzugsgebietes bedecken, geben die Autoren für das Sickerwasser unabhängig von der Flächennutzung Nitratwerte unter 10 mg/l an.

### 3.14.1.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen werden Nitrat, Chlorid und Sulfat meist in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen (vgl. Abbildung 10 in Kapitel 3.1.1.4 und Abbildung 33 in Kapitel 3.8.1.4). Daher lassen die Chlorid- und meist auch die Sulfatwerte eintragsseitig ein bestimmtes Nitratniveau erwarten. Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Zweifaltern sind die Nitratwerte sowohl des Grund- als auch des Rohwassers allerdings deutlich niedriger, was Nitratbaureaktionen im Grundwasserleiter bzw. im Boden nahelegt. Bedingt durch die großflächige Verbreitung der Gleye im südwestlichen

Teil des Einzugsgebietes kann bei geringen Flurabständen bereits im Bereich der Böden von einem Nitratabbau ausgegangen werden. Hierbei dient den Mikroorganismen, die den Prozess katalysieren, in der Regel organische Substanz als Reduktionsmittel. Aus Anstiegen der Sulfatkonzentrationen bei Grundwasserabsenkungen kann außerdem auf das Vorhandensein von Sulfidmineralen – im Bodenbereich handelt es sich meist um Eisenmonosulfide, FeS – geschlossen werden, die ebenfalls ein Nitratabbaupotenzial darstellen. Die hydrochemischen Daten erlauben keinen genauen Aufschluss über die Art der ablaufenden Denitrifikationsreaktionen.

#### 3.14.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet des Brunnens der Wassergewinnungsanlage Zweifaltern wird seit 1997 eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben, die u. a. eine Verringerung der Stickstoffeinträge in den Untergrund zum Ziel hat.

### 3.15 Currenta GmbH & Co. OHG

Die Currenta GmbH & Co. OHG betreibt die Wassergewinnungsanlage Tannenbusch mit einem Wasserrecht in Höhe von 2,000 Mio. m<sup>3</sup>/a. Da die Wassergewinnungsanlage Tannenbusch den selben Grundwasserleiter (Niederterrasse) wie die nahegelegene Wassergewinnungsanlage Hackenbroich der Energieversorgung Dormagen GmbH evd (Kapitel 3.16.1) bewirtschaftet und eine gemeinsame Schutzzone besteht, werden die beiden Gewinnungsstandorte hinsichtlich der Zusammenhänge der Nitrateinträge und des Nitratabbaus gemeinsam betrachtet.

#### 3.15.1 Wassergewinnungsanlage Tannenbusch

Die Wassergewinnungsanlage Tannenbusch gewinnt das Wasser mittels sieben Vertikalfilterbrunnen, die im obersten Grundwasserleiter, bestehend aus der Rhein-Niederterrasse, verfiltert sind. Ebenfalls die Niederterrasse bewirtschaften die Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hackenbroich der evd (Kapitel 3.16.1).

##### 3.15.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen weist Nitratkonzentrationen zwischen etwa 5 und 25 mg/l auf, wobei das mittlere Konzentrationsniveau um 20 mg/l Nitrat beträgt und die Werte um oder sogar unter 5 mg/l des Brunnens 6 als Ausnahme anzusehen sind. Einen typischen Konzentrationsverlauf geben die Daten des Brunnens 3 wieder (Abbildung 77).

##### 3.15.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen liegen für drei Grundwassermessstellen im westlichen Teil des Einzugsgebietes aktuelle Analysen vor. Zu mehreren weiteren Messstellen im Nahbereich der Fassungsanlagen existieren ältere hydrochemische Daten aus den 1970er Jahren.

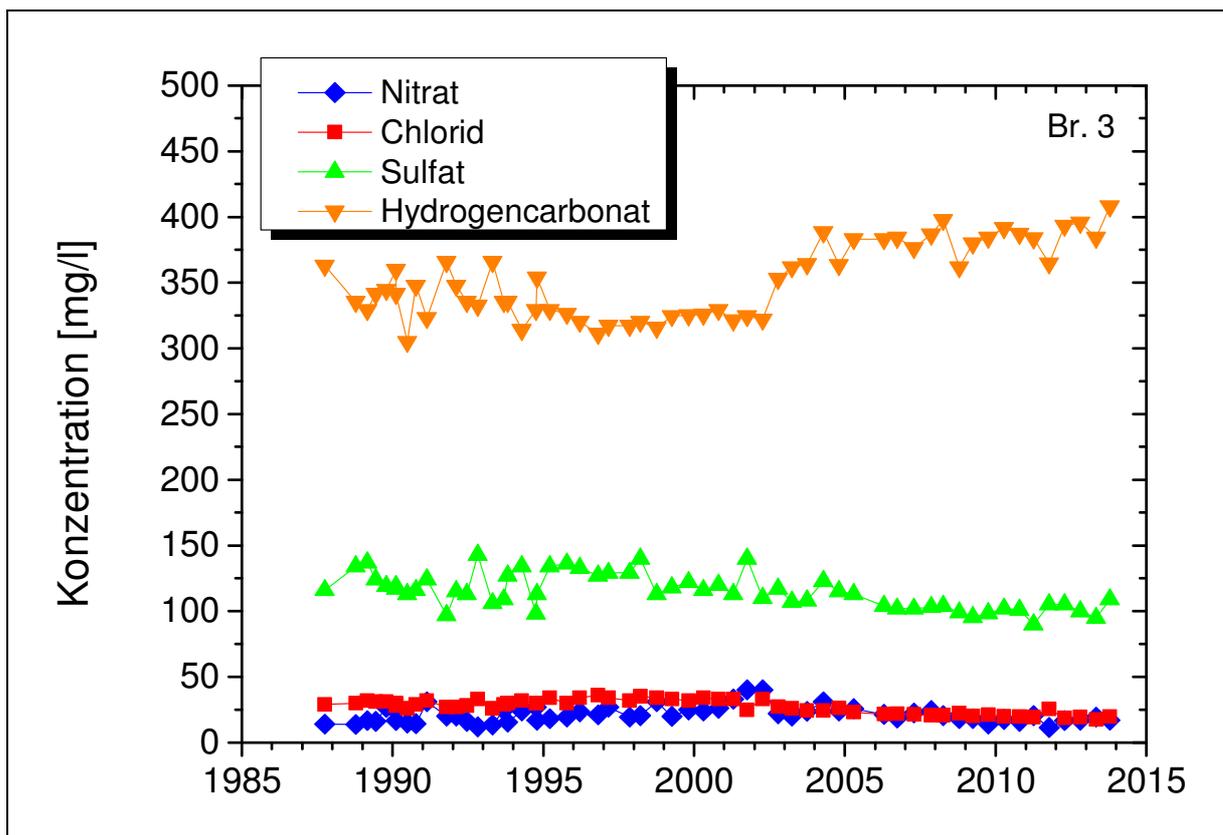


Abbildung 77: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Tannenbusch.

Die Analysen zeigen für zwei Messstellen ein nitratfreies Grundwasser und in einem Fall Nitratwerte um 35 mg/l bei starken Schwankungen und Maximalwerten von 95 mg/l Mitte der 2000er Jahre. Die älteren Daten belegen ein Nitratniveau zwischen 20 und 60 mg/l im östlichen Teil des Einzugsgebietes. Hinsichtlich der Konzentrationsverteilung des Nitrats sind die nutzungsbedingte Eintragungssituation (Kapitel 3.15.1.3) sowie die Lage der Messstellen bezüglich der im Einzugsgebiet verbreiteten Böden (Kapitel 2.4 und Kapitel 3.15.1.4) und das daraus resultierende Nitratbaugeschehen für die resultierenden Nitratkonzentrationen von wesentlicher Bedeutung.

### 3.15.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet wird zu annähernd 50 % landwirtschaftlich genutzt. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen überwiegend rund um den Dormagener Stadtteil Delhoven im östlichen Teil des Einzugsgebietes. Für diesen Bereich weist das Forschungszentrum Jülich auf der Basis von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l aus (Wendland et al. 2010). Zweithäufigste Flächennutzungsform ist der Wald mit etwa einem Drittel der Einzugsgebietsfläche. Hier wird von Nitratwerten des Sickerwassers bis zu 25 mg/l ausgegangen, meist jedoch weniger als 10 mg/l. Das übrige, städtisch genutzte Gebiet entspricht dem Ortsteil Delhoven mit Nitratwerten des Sickerwassers von 25 bis 50 mg/l.

#### 3.15.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Tannenbusch sind die Nitratkonzentrationen sowohl des Grund- als auch des Rohwassers im Mittel niedriger, als dies anhand der Höhe des anthropogenen Einflusses, der durch die Chlorid- und teilweise auch die Sulfatkonzentrationen belegt wird, zu erwarten wäre. Hierdurch ist mindestens in Teilen des Einzugsgebietes ein gesicherter Rückschluss auf Nitratabbauvorgänge im Grundwasserleiter möglich.

Die Verbreitung von Gleyen und Niedermoorböden im westlichen Teil des Einzugsgebietes bedingt bereits im Bodenbereich verstärkte Nitratabbaureaktionen. Hier ist das Grundwasser meist nitratfrei, wobei im hier vorherrschend verbreiteten Wald auch nur geringe Stickstoffeinträge in den Untergrund erfolgen. Aber auch unter landwirtschaftlichen Nutzflächen werden Nitratabbauvorgänge nachgewiesen, ohne dass die hydrochemischen Daten einen genauen Aufschluss über die Art der ablaufenden Denitrifikationsprozesse erlauben.

#### 3.15.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Tannenbusch wird gemeinsam mit den Wassergewinnungsanlagen Hackenbroich der Energieversorgung Dormagen GmbH und Butzheim der Kreiswerke Grevenbroich GmbH seit 2001 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. mit dem Ziel der Reduzierung von Stickstoffeinträgen in das Grundwasser betrieben.

### 3.16 Energieversorgung Dormagen GmbH

Die evd Energieversorgung Dormagen GmbH betreibt die Wassergewinnungsanlage Hackenbroich mit einem Wasserrecht von 0,750 Mio. m<sup>3</sup>/a und die Wassergewinnungsanlage Chorbusch, an der jährliche Entnahmen von 1,500 Mio. m<sup>3</sup>/a bewilligt sind.

#### 3.16.1 Wassergewinnungsanlage Hackenbroich

Die Wassergewinnungsanlage Hackenbroich verfügt über zwei Vertikalfilterbrunnen, die im obersten Grundwasserleiter verfiltert sind. Dieser setzt sich aus den Ablagerungen der Niederterrasse des Rheins zusammen. Bezüglich der Aussagen zum Nitrateintrag und -abbau wird eine gemeinsame Betrachtung mit der Wassergewinnungsanlage Tannenbusch der Currenta GmbH & Co. OHG (Kapitel 3.15) vorgenommen, weil beide Gewinnungsstandorte nur wenige hundert Meter voneinander entfernt liegen, einen gemeinsamen Grundwasserleiter bewirtschaften und eine gemeinsame Schutzzone besitzen.

##### 3.16.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen in Hackenbroich ist durch Nitratkonzentrationen um 10 mg/l gekennzeichnet, die ein konstantes Niveau aufweisen, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 4 (Abbildung 78).

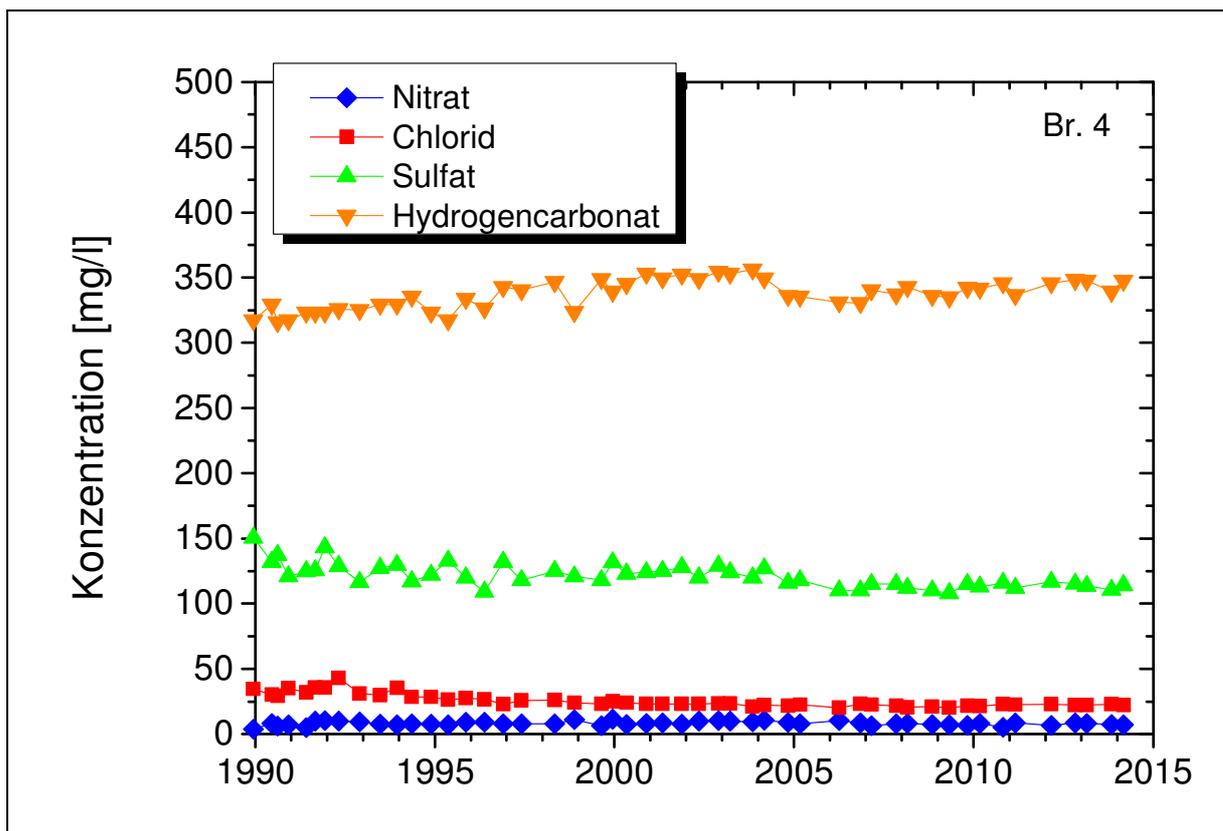


Abbildung 78: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Hackenbroich.

### 3.16.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Aufgrund der gemeinsamen Betrachtung der Wassergewinnungsanlagen Hackenbroich und Tannenbusch gelten hier die im Kapitel 3.15.1.2 genannten Werte Angaben zur räumlichen Verteilung, die eine heterogenes Bild mit Nitratkonzentrationen zwischen Null und 60 mg/l erkennen lässt.

### 3.16.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Auch hier wurde die Eintragungssituation im entsprechenden Unterkapitel 3.15.1.3 dargelegt. Die Sickerwasserkonzentrationen erreichen unter der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach modellbasierten Aussagen des Forschungszentrums Jülich 50 bis 75 mg/l Nitrat (Wendland et al. 2010).

### 3.16.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Die Aussagen zum Nitrat-Abbau werden aus dem Kapitel 3.15.1.4 übernommen. Während ein Nitrat-Abbau sicher nachgewiesen wird, sind Aussagen zum konkreten Abbauprozess – chemo-organotroph (Kapitel 2.3.1) durch organische Substanz oder chemo-lithotroph (Kapitel 2.3.2) durch reduzierte Schwefelminerale – nicht möglich.

### 3.16.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hackenbroich wird gemeinsam mit den Wassergewinnungsanlagen Tannenbusch der Currenta GmbH & Co. OHG und Butzheim der Kreiswerke Grevenbroich GmbH seit 2001 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um u. a. die Stickstoffeinträge in den Untergrund zu minimieren.

## 3.16.2 Wassergewinnungsanlage Chorbusch

Die Gewinnungsanlage Chorbusch betreibt drei Vertikalfilterbrunnen, die jeweils in der Rhein-Niederterrasse und somit im obersten Grundwasserleiter verfiltert sind. Das Einzugsgebiet befindet sich ebenfalls im Verbreitungsbereich der Niederterrasse.

### 3.16.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Chorbuscher Brunnen ist nitratarm mit Konzentrationen unter 10 mg/l, wie die Ganglinien ausgewählter Parameter des Brunnens 1 zeigen (Abbildung 79).

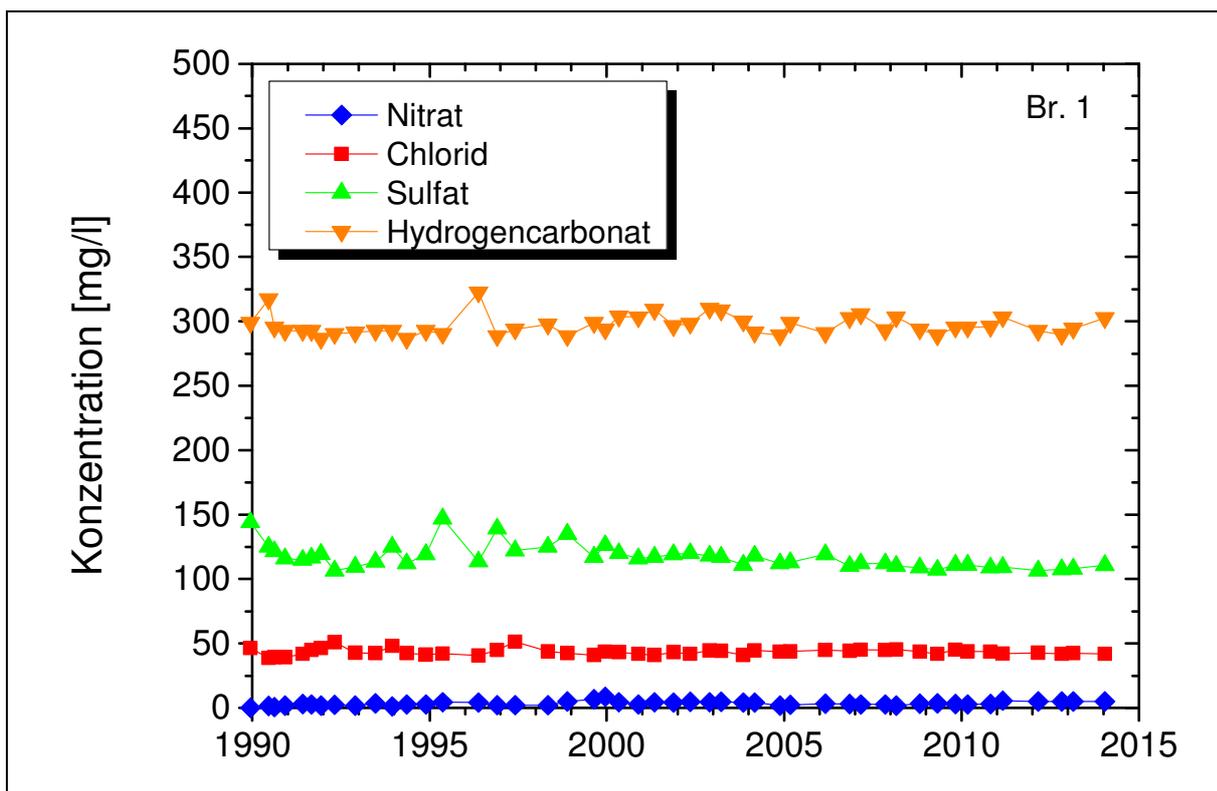


Abbildung 79: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Chorbusch.

### 3.16.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet befinden sich keine Messstellen, zu denen aktuelle Analysen vorliegen. Daher werden die Daten von drei Grundwassermessstellen herangezogen, die sich im

Randbereich der Einzugsgebietsgrenze befinden, um die hydrogeologisch-hydrochemische Situation sowie die Stoffeinträge abzubilden. Die gemessenen Nitratkonzentrationen liegen in einer Spanne zwischen Null und 35 mg/l, wobei innerhalb des letzten Jahrzehnts vereinzelt auch Werte bis 70 mg/l Nitrat gemessen wurden.

### 3.16.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für den südlichen, überwiegend landwirtschaftlich genutzten Teil des Einzugsgebietes gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Grundlage von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 25 und 50 mg/l an (Wendland et al. 2010). Im nördlichen Einzugsgebietsteil, der von Wald bestanden ist, kann von niedrigen Nitratwerten unter 10 mg/l im Sickerwasser ausgegangen werden.

### 3.16.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Da Nitrat, Chlorid und auch Sulfat unter landwirtschaftlichen Nutzflächen oft in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, kann beispielsweise anhand der sich konservativ verhaltenden Chloridionen ein realistisches Niveau der Nitratwerte abgeleitet werden. Im Bereich der Wassergewinnungsanlage sind die Nitratwerte im Roh- und Grundwasser deutlich geringer, als dies das Ausmaß des anthropogenen Einflusses auf die Grundwasserbeschaffenheit erwarten lässt. Daher kann sicher von einem Nitratabbau im Einzugsgebiet ausgegangen werden.

Auf die Art des Denitrifikationsprozesses ergeben sich Hinweise, ohne dass diese als gesichert anzusehen sind. Am Beispiel einer der betrachteten Grundwassermessstellen ist erkennbar, dass die Chloridkonzentrationen über den gesamten Messzeitraum nahezu konstant geblieben und die Sulfatwerte nach einem zwischenzeitlichen leichten Anstieg wieder zurückgegangen sind (Abbildung 80). Sulfat ist ein wesentliches Reaktionsprodukt der chemo-lithotropen Denitrifikation, d. h. des Nitratabbaus durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2). Dieser Reaktionspfad ist jedoch nahezu auszuschließen, denn ansonsten hätten die Sulfatwerte infolge des Nitratabbaus steigen oder mindestens erhöht sein müssen. Da das molare Sulfat-Chlorid-Konzentrationsverhältnis jedoch bei Werten um 0,75 stabil ist und damit eine Größenordnung aufweist, die am Niederrhein typisch für die Eintragsituation in das Grundwasser ohne Überprägung durch Nitratabbauprozesse ist, gibt es keine Hinweise auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation. Lediglich im Rohwasser der Brunnen ist das Verhältnis geringfügig erhöht, was eine Sulfatmobilisation andeutet. Diese kann aber auch andere Ursachen, wie eine Belüftung sulfidhaltiger Böden oder Sedimente als Folge der bergbaubedingten Grundwasserabsenkung im Einzugsgebiet haben.

Da die Nitratreduktion durch reduzierte Schwefelverbindungen weitgehend ausgeschlossen werden kann, ein Nitratabbau aber definitiv stattfindet, ergibt sich die chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. der Nitratabbau durch organischen Kohlenstoff (Kapitel 2.3.1), als wahrscheinliche Variante. Hierfür spricht außerdem, dass die Hydrogencarbonatkonzentrationen im Verlauf der Messreihe kontinuierlich gestiegen sind (Abbildung 80). Da anorganischer Kohlenstoff und somit Hydrogencarbonat ein Reaktionsprodukt des Nitratabbaus durch or-

ganische Substanz ist, deuten die Konzentrationsanstiege diese Form des Nitratabbaus an, sind aber kein sicherer Beweis, weil auch andere Faktoren die Hydrogencarbonatwerte beeinflussen können.

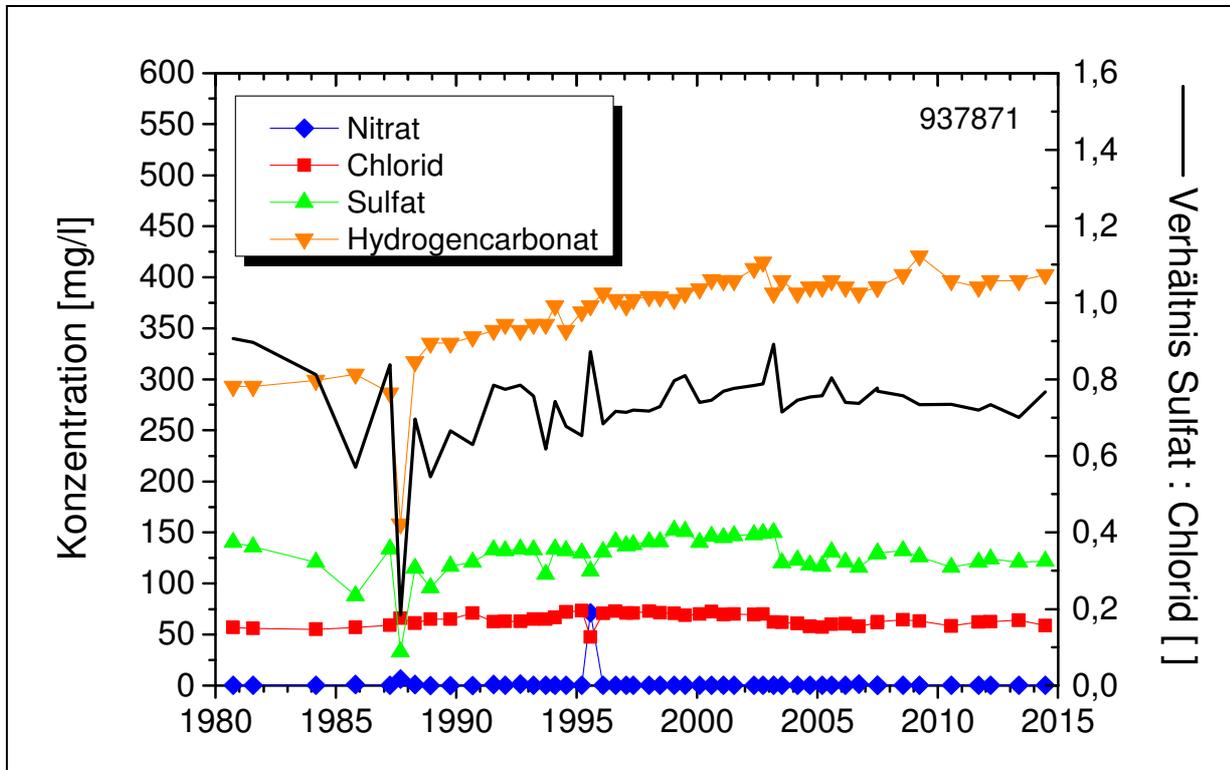


Abbildung 80: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat:Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 937871 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Chorbusch.

### 3.16.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die seit 2001 betriebene landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, die u. a. mit dem Ziel der Verringerung der Stickstoffeinträge in den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Tannenbusch der Currenta GmbH & Co. OHG, Hackenbroich der Energieversorgung Dormagen GmbH sowie Butzheim der Kreiswerke Grevenbroich GmbH betrieben wird, schließt auch das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Chorbusch ein.

## 3.17 RheinEnergie AG

Die RheinEnergie AG betreibt linksrheinisch im Tätigkeitsbereich des Erftverbands die beiden Wassergewinnungsanlagen Hochkirchen und Weiler. Der Standort Severin II wird darüber hinaus ausschließlich zur Aufbereitung und Verteilung des Wassers aus Hochkirchen und der Wassergewinnungsanlage Weißer Bogen betrieben. Insgesamt summieren sich die Wasserrechte für die öffentliche Trinkwasserversorgung im linksrheinischen Teil Kölns auf 76,000 Mio. m<sup>3</sup>/a.

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen mit Aufbereitung:

- Hochkirchen 20,000 Mio. m<sup>3</sup>/a
- Weiler 31,000 Mio. m<sup>3</sup>/a

Wasserrecht der Wassergewinnungsanlage ohne Aufbereitung:

- Weißer Bogen 25,000 Mio. m<sup>3</sup>/a

Die RheinEnergie AG besitzt weitere Wasserrechte für Betriebswasserlieferungen an Gewerbe- und Industrieunternehmen für die Gewinnungsanlagen Glanzstoff (12,000 Mio. m<sup>3</sup>/a, derzeit nicht genutzt), Niehler Bogen (4,950 Mio. m<sup>3</sup>/a) und einen aktuell nicht genutzten Anteil von 8,000 Mio. m<sup>3</sup>/a an dem insgesamt 35,000 Mio. m<sup>3</sup>/a umfassenden Wasserrecht der Brunnengalerie Langel / Worringen. Der Hauptanteil der in Langel / Worringen gewonnen Wassermenge wird im Bereich Köln-Esch im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Weiler zur Verbesserung der dortigen Rohwasserqualität versickert (Kapitel 3.17.2). Hierfür sind Mengen bis zu 27,000 Mio. m<sup>3</sup>/a wasserrechtlich abgesichert. Außerdem betreibt die RheinEnergie AG in Köln-Merkenich einen Brunnen für die Früh-Kölsch-Brauerei (Cölner Hofbräu P. Josef Früh KG) mit einem Wasserrecht in Höhe von 0,240 Mio. m<sup>3</sup>/a. Da es sich bei den genannten Gewinnungsstandorten nicht (unmittelbar) um Entnahmen zur öffentlichen Wasserversorgung handelt, werden diese hinsichtlich ihres Nitratabbauvermögens nicht näher betrachtet.

### 3.17.1 Wassergewinnungsanlage Hochkirchen

Die Wassergewinnungsanlage Hochkirchen betreibt eine Hebergalerie, die aus 22 Vertikalfilterbrunnen besteht. Diese sind in der Jüngeren Niederterrasse des Rheins (Horizont 19) verfiltert. Die Brunnen fördern sowohl landseitiges Grundwasser als auch Uferfiltrat, dessen Anteil in Abhängigkeit vom Wasserstand des Rheins schwankt und im Mittel etwa 40 % beträgt.

#### 3.17.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Die mittlere Nitratkonzentration des Rohwassers der 22 Brunnen beträgt ohne Berücksichtigung einer Mengengewichtung 22 mg/l. Die Verteilung über die Galerie lässt erkennen, dass die westlichsten Brunnen ein rein landseitiges Grundwasser mit hohen Nitratkonzentrationen von bis zu 49 mg/l bei gleichzeitig hohen Sulfatwerten bis zu 150 mg/l fördern (Abbildung 81). Mit dem in östliche Richtung zunehmenden Uferfiltrateinfluss gehen sowohl die Nitrat- als auch die Sulfatkonzentrationen zurück, so dass die Nitratwerte am Ostrand der Galerie mit 14 bis 18 mg/l nur wenig über denen des Rheinwassers von durchschnittlich 10 bis 12 mg/l Nitrat liegen.

Die Nitratkonzentrationen des landseitig zuströmenden Grundwassers lagen bereits 1980 auf einem Niveau, das mit den heutigen Werten vergleichbar ist (Abbildung 82). In den 1990er Jahren wurden mit Werten bis zu 70 mg/l Nitrat die Maximalkonzentrationen innerhalb des Messzeitraums analysiert.

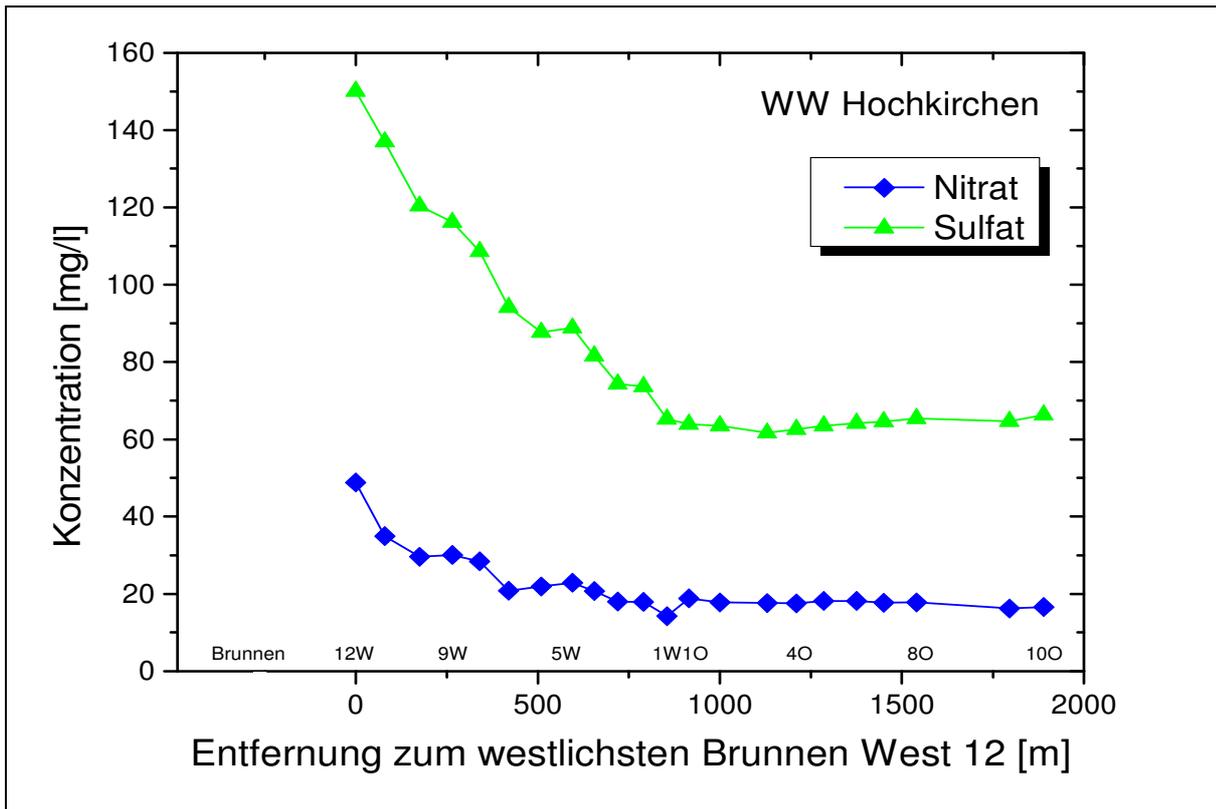


Abbildung 81: Räumliche Verteilung der Nitrat- und Sulfatkonzentrationen im Rohwasser der Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Hochkirchen.

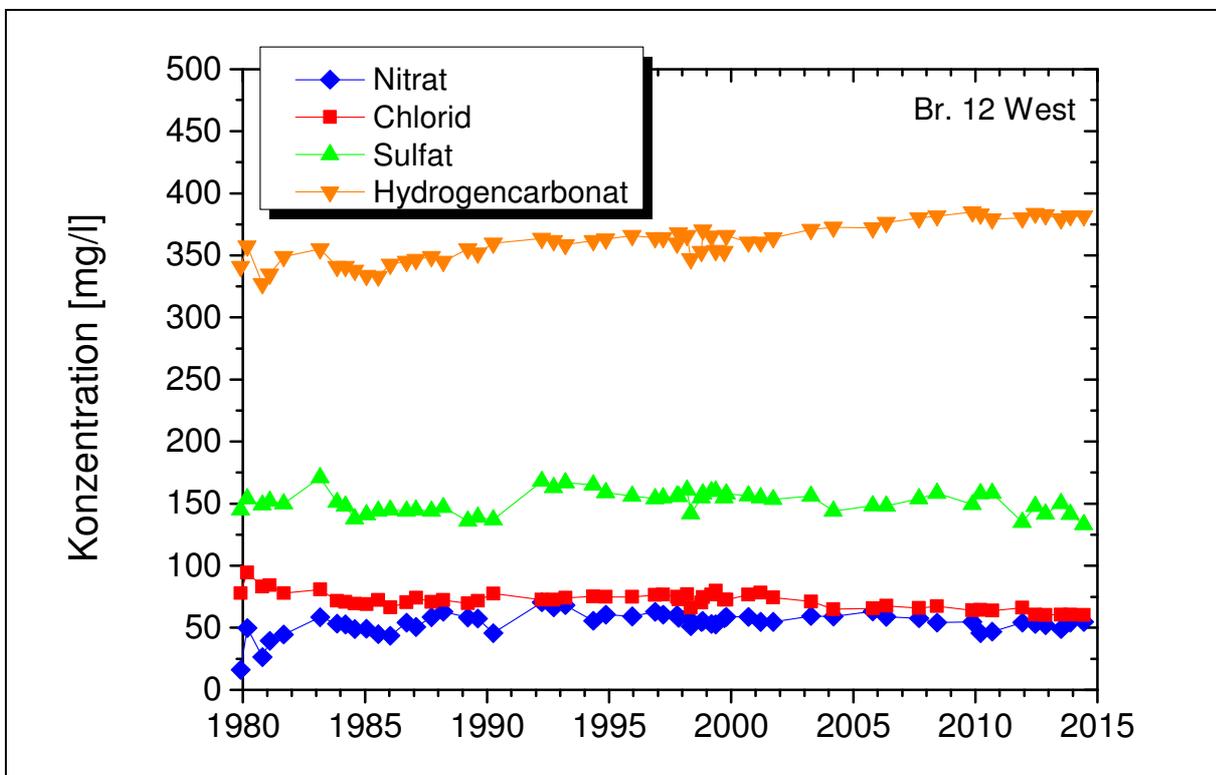


Abbildung 82: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen West 12 der Wassergewinnungsanlage Hochkirchen.

### 3.17.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hochkirchen liegen aktuelle Analysen aus 15 Grundwassermessstellen vor. In Rheinnähe sind diese uferfiltratbeeinflusst mit niedrigen Nitratkonzentrationen um oder unter 20 mg/l. Der Mittelwert der übrigen, landseitig geprägten Messstellen, beträgt 38 mg/l Nitrat, wobei Einzelwerte über 100 mg/l nachgewiesen werden.

### 3.17.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Basierend auf Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich ist für die landwirtschaftlich genutzten Teile des Einzugsgebietes, die etwa einem Flächendrittel entsprechen, von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 25 und 50 mg/l auszugehen (Wendland et al. 2010). Für die mit zwei Dritteln der Fläche dominierenden städtisch genutzten Bereiche gibt das Forschungszentrum Jülich Werte von 10 bis 25 mg/l Nitrat im Sickerwasser an.

### 3.17.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hochkirchen finden im quartären Grundwasserleiter nur in Ausnahmefällen Nitratabbauprozesse statt. In weiten Teilen ergeben sich keine entsprechenden Hinweise. Die Nitratkonzentrationen des nicht durch einen Uferfiltratzustrom beeinflussten Rohwassers und des Grundwassers entsprechen näherungsweise denen des Sickerwassers. Die fehlende Differenz zwischen den Eintragskonzentrationen über das Sickerwasser und den im Grundwasser gemessenen Werten weist auf einen konservativen Nitrattransport hin, der nicht durch hydrogeochemische Reaktionen überprägt wird. Darüber hinaus zeigen zahlreiche Ganglinien ein gleichbleibendes Nitratkonzentrationsniveau bei meist leicht sinkenden Sulfatkonzentrationen, was gegen eine chemolithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2), d. h. einen Nitratabbau durch reduzierte Schwefelminerale, spricht. Auch für den Nitratabbau durch organische Substanz (chemoorganotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) finden sich keine Belege.

Lokal sind dennoch Denitrifikationsreaktionen zu beobachten, die im Wesentlichen an zwei Einflussfaktoren gebunden sind. Erstens befinden sich im Einzugsgebiet zahlreiche Stillgewässer, die beispielsweise im Zusammenhang mit Abgrabungsvorhaben entstanden sind. In diesen Gewässern und ihren Uferzonen findet ein Nitratabbau statt, so dass die Nitratwerte im Abstrom der Seen niedriger als in deren Zustrom und im Gesamtgebiet sind. Hierfür finden sich mehrere Belege, wobei es sich nicht um Abbauprozesse innerhalb des Grundwasserleiters handelt, die eigentlich Gegenstand des Berichtes sind. Die Auswirkungen auf das Nitratniveau sind insgesamt eher unbedeutend und der genaue Abbauprozess nicht feststellbar.

Zweitens treten lokal in der Nähe der Quartärbasis feinsandige Horizonte innerhalb der Terrassenkiese auf, die häufig erhöhte Gehalte an organischer Substanz und / oder reduzierten Schwefelverbindungen und somit ein Nitratabbaupotenzial aufweisen. Exemplarisch ist hier die Messstelle 851051 bei Hermülheim zu nennen, deren Filter sich an der kiesigen Quartärbasis im Liegenden einer solchen fünf Meter mächtigen Feinsandschicht befindet. Das

Grundwasser ist nitratfrei und enthält über 100 mg/l Chlorid (Abbildung 83). Die Chloridwerte zeigen einen deutlichen anthropogenen Einfluss an, der sowohl in einem landwirtschaftlichen als auch einem städtischen Umfeld - im Vorfeld der Messstelle liegen beide Nutzungsarten vor - erhöhte Nitratwerte erwarten lässt. Eine Denitrifikation ist aufgrund der fehlenden Nitratbelastung des Grundwassers als gesichert anzusehen. Als Nitratbauprozess kommen sowohl die chemo-organotrophe – Reduktionsmittel: organische Substanz, Kapitel 2.3.1 - als auch die chemo-lithotrophe Denitrifikation – Reduktionsmittel: reduzierte Schwefelminerale, Kapitel 2.3.2 - in Betracht, weil sowohl die Sulfat- als auch die Hydrogencarbonatwerte als mögliche Reaktionsprodukte ansteigen. Der Abbauprozess ist somit nicht feststellbar und das Abbaupotenzial lokal begrenzt und demzufolge gering.

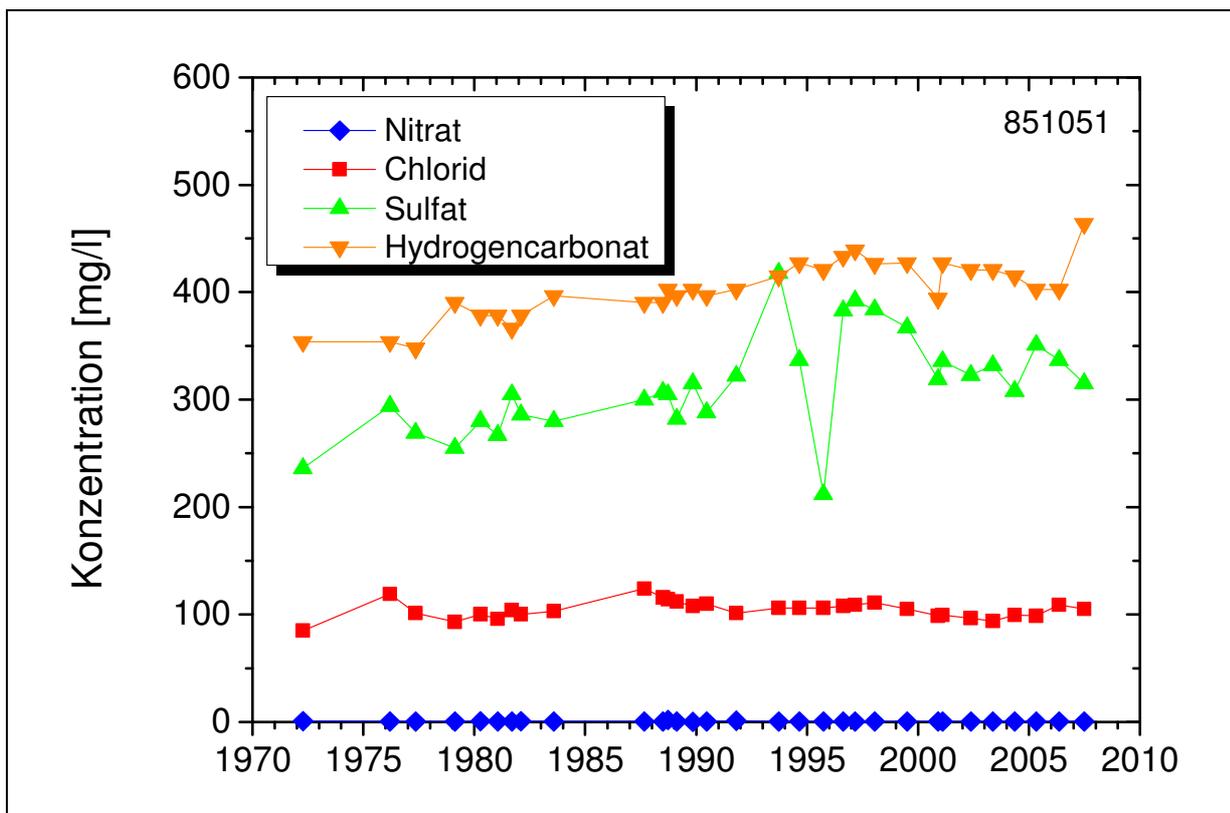


Abbildung 83: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 851051 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hochkirchen.

Eventuell in den tieferen Grundwasserleitern der Horizonte 4 und 2 stattfindende Nitratbauprozesse sind aufgrund der Aussickerungsverluste in diese tieferen Leiter für die Nitratsituation des quartären Grundwasserleiters ohne Bedeutung.

### 3.17.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Hochkirchen und Weißer Bogen wird seit 1992 im Rahmen einer Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft u. a. an einer Verringerung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser gearbeitet.

### 3.17.2 Wassergewinnungsanlage Weiler

Die Wassergewinnungsanlage Weiler betreibt 29 Vertikalfilterbrunnen, die den obersten Grundwasserleiter erschließen. Dieser setzt sich aus den Ablagerungen der Niederterrasse des Rheins (Horizont 19) zusammen. Im Vorfeld der Brunnen wird bei Köln-Esch Wasser über Sickerbecken in den Grundwasserleiter infiltriert, bei dem es sich um Uferfiltrat aus den Brunnen der Gewinnungsanlage Langel / Worringen handelt. Die Infiltrationsmengen lagen im Durchschnitt der letzten 20 Jahre bei 10,8 Mio. m<sup>3</sup>/a, was etwas mehr als der Hälfte der Fördermenge entspricht. Durch die Infiltration soll insbesondere die hohen Nitratkonzentrationen des Grundwassers im Einzugsgebiet gesenkt werden. Ebenfalls Auswirkungen sowohl auf die Wasserbilanz als auch die Grundwasserbeschaffenheit haben die Wassermengen von etwa 1,8 Mio. m<sup>3</sup>, die jährlich in der Großen Laache versickern. Hierbei handelt es sich um ein Feuchtgebiet, in dem das Wasser des Pulheimer Bachs versickert. In den Pulheimer Bach werden u. a. gereinigte Abwässer der Kläranlage Glessen des Erftverbands eingeleitet.

#### 3.17.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Die Nitratkonzentrationen des Rohwassers betragen als Mittelwert der 29 Förderbrunnen ohne Berücksichtigung einer Mengengewichtung 25 mg/l. Hierbei ist zu beachten, dass diese Werte mit Ausnahme der Brunnen am westlichen Rand der Galerie infiltrationswasserbeeinflusst sind (Abbildung 84).

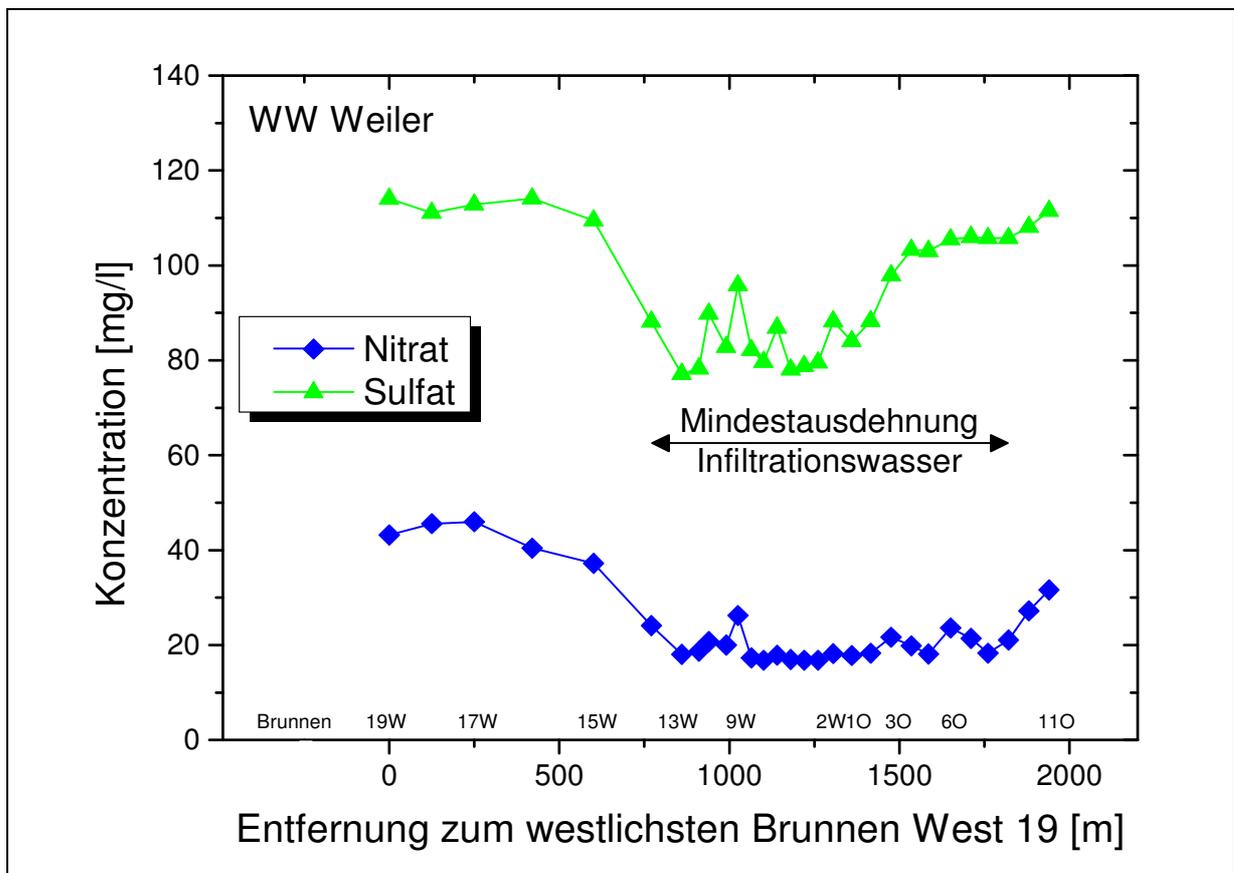


Abbildung 84: Räumliche Verteilung der Nitrat- und Sulfatkonzentrationen im Rohwasser der Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Weiler.

Bei dem infiltrierten Wasser handelt es sich um Uferfiltrat aus der Brunnengalerie Langel / Worringen, das sich wiederum zu über 90 % aus Rheinwasser zusammensetzt. Dessen Nitratwerte liegen bei durchschnittlich 10 bis 12 mg/l und haben sich in den letzten Jahren nur unwesentlich verändert. Das Uferfiltrat weist Nitratkonzentrationen um 15 mg/l und mittlere Sulfatwerte um 65 mg/l auf.

Die westlichsten Brunnen der Galerie mit den Bezeichnungen West 19 bis West 16 sind aktuell wahrscheinlich nicht vom Infiltrationswasser beeinflusst (Abbildung 84). Die starken Schwankungen der Rohwasserbeschaffenheit des Brunnens West 15 in den letzten Jahren deuten auf eine Lage am Rand der Infiltrationswasserfahne hin (ohne Abbildung). Die Ganglinien der Anionenkonzentrationen des Brunnens West 17 zeigen, dass die Nitratkonzentrationen bereits vor über 30 Jahren auf einem Niveau um 50 mg/l lagen, das auch heute nur knapp unterschritten wird (Abbildung 85). Bei den zwischenzeitlichen Rückgängen dürfte es sich um einen zeitlich begrenzten Zustrom von Infiltrationswasser handeln.

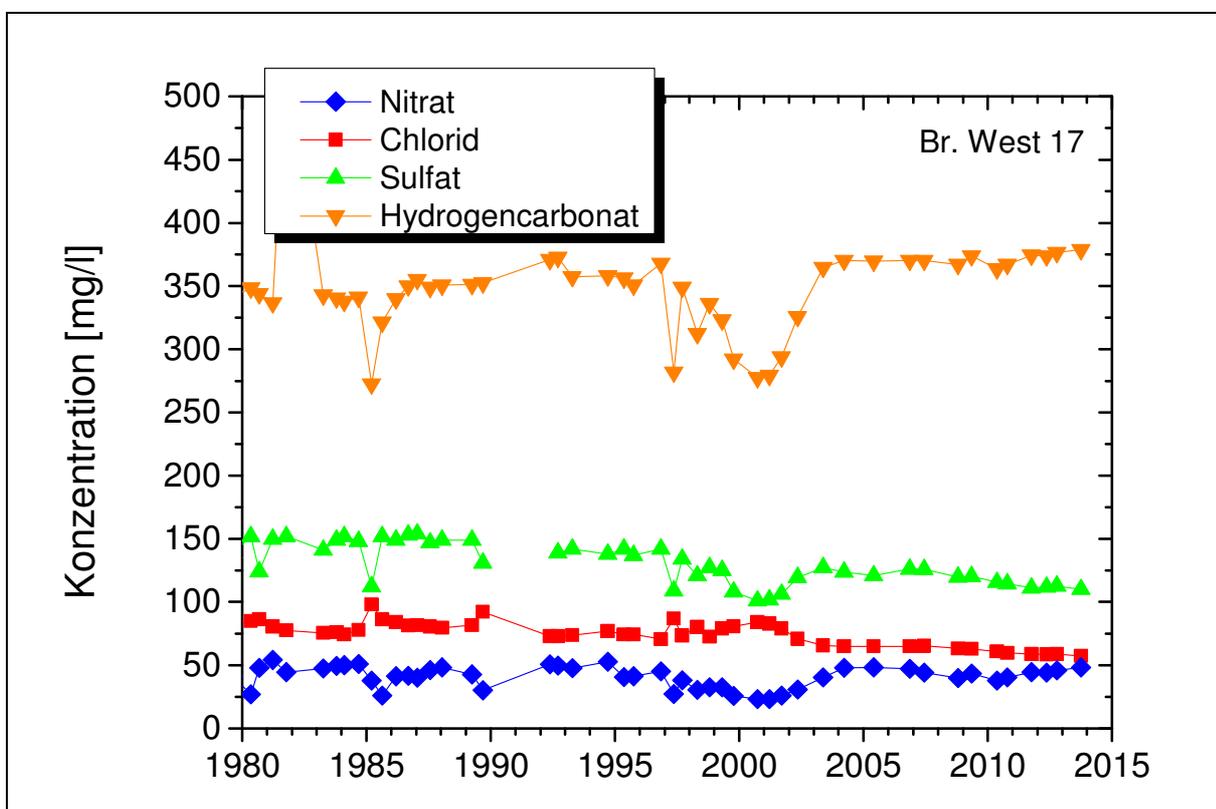


Abbildung 85: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen West 17 der Wassergewinnungsanlage Weiler.

### 3.17.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des Einzugsgebietes liegen aktuelle Analysen zu insgesamt 38 Grundwassermessstellen vor, die im obersten Grundwasserleiter verfiltert sind. Als Mittelwert ergibt sich eine Nitratkonzentration von 47 mg/l, die der Konzentration im Rohwasser der westlichsten, nicht vom Infiltrationswasser beeinflussten Brunnen entspricht. Hierbei sind mehrere Besonderheiten zu berücksichtigen.

Südwestlich von Auweiler liegen sechs eng benachbarte Messstellen mit hohen Nitratwerten von teilweise deutlich über 100 mg/l. Die hier analysierten Werte stellen die maximalen Nitratkonzentrationen des Grundwassers im Einzugsgebiet dar. Die Messstellen bilden aufgrund ihrer räumlichen Nähe nur ein kleines Gebiet ab, so dass die Analysen den Nitratmittelwert des gesamten Einzugsgebiets überproportional beeinflussen.

Weitere sechs Messstellen sind durch den Abstrom aus der Großen Laache und die dort ablaufenden Nitratreduktionsprozesse beeinflusst. Auch hier repräsentieren die Messwerte nur einen kleinen Teil des Einzugsgebiets. Die Denitrifikationsreaktionen werden in Kapitel 3.17.2.4 detailliert behandelt.

Eine Messstelle liegt im direkten Abstrom der Glessener Höhe und zeigt eine Grundwasserbeschaffenheit, die durch die Mobilisation von Pyritoxidationsprodukten überprägt ist. Die Grundwasserbeschaffenheit wird an diesem Standort hier nicht durch die aktuelle Flächennutzung geprägt, sondern durch die Abraumkippe bzw. den Braunkohlenbergbau.

### 3.17.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich gibt anhand von Modellrechnungen für die städtischen Bereiche des Einzugsgebiets, die etwa einem Drittel der Fläche entsprechen, Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 10 und 25 mg/l an (Wendland et al. 2010). Unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen, die nahezu den gesamten restlichen Teil des Einzugsgebiets bedecken, betragen die Sickerwasserwerte demnach zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat. Lediglich im Südwesten des Einzugsgebietes bei Glessen geht das Forschungszentrum Jülich von Nitratwerten des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l aus. Vergleiche mit der Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers lassen die Sickerwasserwerte etwas zu gering erscheinen. Eine mögliche Ursache sind die nur auf Gemeindeebene vorliegenden Daten zu den Stickstoffüberschüssen aus der Landwirtschaft, die eine wichtige Eingangsgröße für die Berechnungen darstellen.

### 3.17.2.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

In weiten Teilen des Einzugsgebietes zeigen sich keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen im obersten Grundwasserstockwerk und damit im Förderhorizont. Die Nitratkonzentrationen des Grundwassers – und der nicht von den Infiltrationsmaßnahmen beeinflussten Rohwässer aus den westlichen Brunnen der Galerie Weiler – entsprechen näherungsweise den Konzentrationen des Sickerwassers bzw. liegen sogar darüber. Zahlreiche Ganglinien der Grundwasserbeschaffenheit zeigen bei stabilen Nitratkonzentrationen gleichbleibende bis leicht sinkende Sulfatwerte, exemplarisch dargestellt für die Grundwassermessstelle 937841 (Abbildung 86), was gegen einen Nitrat-Abbau durch reduzierte Schwefelminerale – chemolithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2 – spricht. Die zeitgleich stabilen Hydrogencarbonatkonzentrationen geben auch keinen Hinweis auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.1), d. h. eine Nitratreduktion durch organische Substanz.

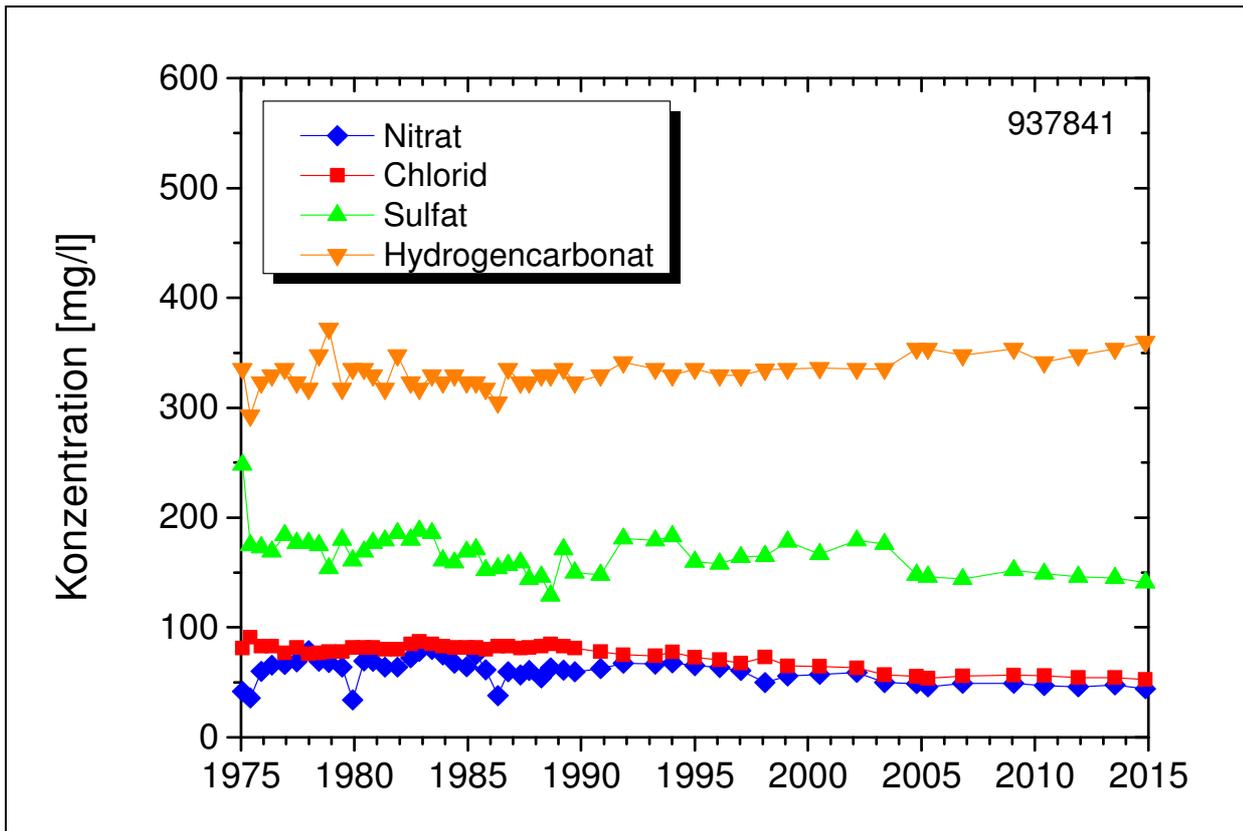


Abbildung 86: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 937841 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Weiler.

Im Gebiet der Großen Laache bei Pulheim finden Nitratabbauvorgänge statt. Das mit gereinigtem Abwasser aus der Kläranlage Glessen des Ertverbandes befrachtete Wasser des Pulheimer Bachs strömt mit mittleren Nitratkonzentrationen von 38 mg/l in das Feuchtgebiet ein, durchfließt mehrere Teiche und versickert dann im quartären Grundwasserleiter. Im letzten Ablaufteich beträgt die Nitratkonzentration 22 mg/l und in den Abstrommessstellen im Grundwasser 3 bis 16 mg/l Nitrat. Die Differenz ist nur durch Abbauvorgänge zu erklären, die allerdings nicht im Grundwasserleiter, sondern in den Teichen Uferbereichen stattfinden. Der genaue Prozess kann nicht ermittelt werden, aber ein Abbau durch die organische Substanz ist in einem Feuchtgebiet wahrscheinlich.

In einem Fall kann an der Basis des quartären Grundwasserleiters auf einen Nitratabbau durch reduzierte Schwefelverbindungen geschlossen werden. Es handelt sich hierbei um die Messstelle 355111 südwestlich von Auweiler. Hier belegen die niedrigen Nitratkonzentrationen unter 5 mg/l bei gleichzeitig hohen Chlorid- und Sulfatwerten eine Nitratreduktion. Die hydrochemischen Daten zeigen einen anthropogenen Einfluss deutlich an und würden ohne Abbauvorgänge erhöhte Nitratwerte erwarten lassen. Ein Vergleich mit dem oberflächennahen Grundwasser der nahegelegenen Messstelle 355112 lässt anhand der Sulfatkonzentrationen und des erhöhten Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses an der Quartärbasis eine chemo-lithotrophe Denitrifikation erkennen (ohne Abbildung), die allerdings als lokal begrenzt anzusehen ist.

Eventuell in den tieferen Grundwasserleitern 09, 07 und 05 stattfindende Abbauvorgänge sind aufgrund der bergbaubedingt nach unten gerichteten Grundwasserströmung für die Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Förderhorizont irrelevant.

### 3.17.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Weiler und Langel / Worringen wird seit 1992 gemeinsam eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

## 3.17.3 Wassergewinnungsanlage Weißer Bogen

In der Wassergewinnungsanlage Weißer Bogen werden 12 eigenbewirtschaftete Vertikalfilterbrunnen betrieben, deren Wasser mit dem aus den Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hochkirchen gemischt und vor Abgabe ins Netz in den Anlagen Hochkirchen bzw. Severin aufbereitet wird. Die Brunnen sind in der Niederterrasse des Rheins (Horizont 19) verfiltert und fördern aufgrund der Lage in einer Rheinschleife nahezu reines Uferfiltrat.

### 3.17.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Die Nitratkonzentration des Rohwassers der 12 Brunnen beträgt im Mittel ohne Berücksichtigung einer Mengengewichtung 18 mg/l. Da alle Brunnen aufgrund der Rheinnähe und der Lage in einer Rheinschleife nahezu ausschließlich Uferfiltrat fördern, ist die Verteilung der Nitratkonzentrationen über die Brunnengalerie mit Werten zwischen aktuell 14 und 24 mg/l sehr einheitlich. Der zeitliche Verlauf der Anionenkonzentrationen unterliegt ebenfalls nur geringen Schwankungen, wie die Daten des Brunnens 1 exemplarisch zeigen (Abbildung 87). Lediglich die Chloridwerte zeigen erhöhte Schwankungen und rückgängige Konzentrationen, weil die Chloridfracht des Rheinwassers in den letzten Jahrzehnten gesunken ist.

### 3.17.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des aufgrund des hohen Uferfiltratanteils kleinen Einzugsgebiets der Gewinnungsanlage Weißer Bogen liegen zu drei Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor. Die Beschaffenheit des Grundwassers entspricht der des Rohwassers. Die Nitratkonzentrationen betragen durchgängig um 20 mg/l.

### 3.17.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet weist eine gemischte Nutzung aus landwirtschaftlich, städtisch und forstlich geprägten Bereichen auf. Das Forschungszentrum Jülich gibt anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen weniger als 10 und 50 mg/l an (Wendland et al. 2010). Diese Daten sind jedoch für die Beschaffenheit des Grundwassers irrelevant, denn auch ohne eine Förderung würde die Rheinschleife vom Rheinwasser durchströmt, so dass die Flächennutzung hier nicht prägend für die Grundwasserbeschaffenheit ist, sondern die Rheinwasserbeschaffenheit die Grundwasserchemie bestimmt.

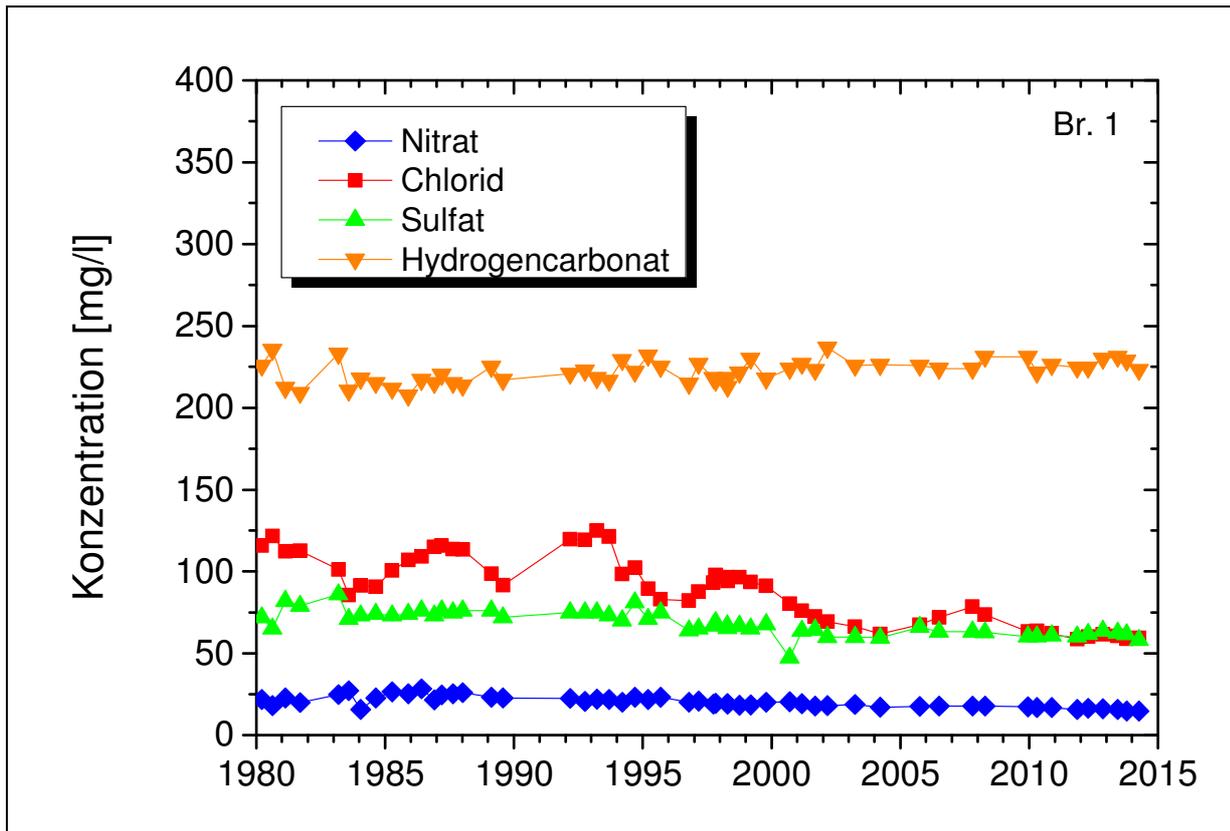


Abbildung 87: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen West 1 der Wassergewinnungsanlage Weißer Bogen.

#### 3.17.3.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Aufgrund der Prägung der Grundwasserbeschaffenheit durch den hohen Uferfiltratanteil ergeben sich keine Hinweise auf Nitrat-abbauereaktionen im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Weißer Bogen. Innerhalb der Kiese der Rhein-Niederterrasse sind diese allerdings auch nicht zu erwarten.

#### 3.17.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Weißer Bogen und Hochkirchen wird seit 1992 eine Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft betrieben, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.18 Stadtwerke Hürth AöR

Die Stadtwerke Hürth AöR betreiben die Wassergewinnungsanlage Efferen, die über eine wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von 4,900 Mio. m<sup>3</sup>/a verfügt.

### 3.18.1 Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen

Die Wassergewinnungsanlage Efferen verfügt über sieben Vertikalfilterbrunnen, die im Horizont 2 verfiltert sind. Wesentlicher Stockwerkstrenner ist der Ton 3, der in weiten Teilen des Einzugsgebietes verbreitet ist, so dass der Förderhorizont überwiegend das zweite lokale Grundwasserstockwerk aufbaut. Westlich der Fassungsanlagen ist zusätzlich der Ton 5 verbreitet, so dass der Förderhorizont hier lokal als drittes Grundwasserstockwerk anzusprechen ist. Am Nordrand des Einzugsgebietes streicht der Ton 3 aus, d. h. es besteht ein direkter hydraulischer Kontakt des Sandes 2 zum oberflächennahen quartären Grundwasserleiter.

#### 3.18.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser aus den sieben Brunnen ist nitratfrei, wie die exemplarische Darstellung der Anionenkonzentration des Brunnens 6 erkennen lässt (Abbildung 88).

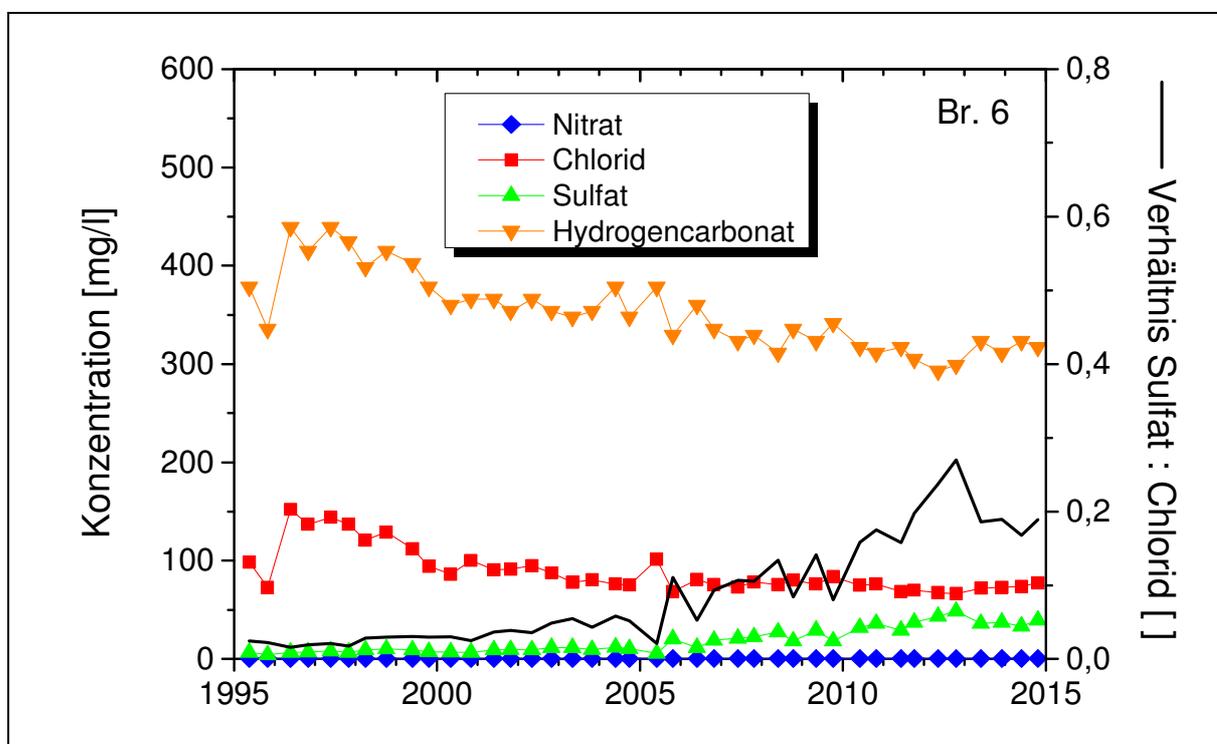


Abbildung 88: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen EB 6 der Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen.

#### 3.18.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im oberflächennahen Grundwasser liegen aktuelle Analysen von Proben aus 15 Grundwassermessstellen vor. Bei Schwankungen der Einzelwerte von Null bis 55 mg/l beträgt die mittlere Nitratkonzentration 25 mg/l.

Im Förderhorizont 2 umfasst der aktuelle hydrochemische Datenbestand ebenfalls 15 Messstellen. Der Nitrat-Mittelwert liegt bei 7 mg/l, wobei 12 der 15 in diesem Horizont ver-

filtrierten Messstellen nitratfreie Proben liefern. Die nitrathaltigen Grundwässer finden sich jeweils in Bereich mit geringmächtiger oder fehlender Verbreitung des hangenden Tons 3. Der Maximalwert von 66 mg/l Nitrat wird in einer Messstelle am Nordrand des Einzugsgebietes außerhalb der Tonverbreitung gemessen.

### 3.18.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen herrscht mit etwa 70 % eine überwiegend städtische Nutzung vor. Das Forschungszentrum Jülich gibt für diese Bereiche anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 10 bis 25 mg/l an (Wendland et al. 2010). Für den verbleibenden Flächenanteil von etwa 30 % mit landwirtschaftlicher Nutzung wird von Eintragskonzentrationen in das Grundwasser zwischen 25 und 50 mg/l ausgegangen.

### 3.18.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im obersten quartären Grundwasserleiter ergeben sich keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen. Die Nitratkonzentrationen liegen im Bereich der prognostizierten Eintragswerte. Da sich die zeitlichen Entwicklungen der Nitratwerte sowie der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen entsprechen, ist von einem konservativen Transport im Grundwasserleiter auszugehen, der nicht durch hydrogeochemische Reaktionen wie die Denitrifikation überprägt wird.

Die Analysen zahlreicher Proben aus dem Horizont 4 zeigen überwiegend geringe, aber nachweisbare Nitratkonzentrationen, die gemeinsam mit erhöhten Chloridwerten belegen, dass anthropogene Stoffeinträge diesen Horizont erreichen. Die erhöhten Chloridkonzentrationen sind hierbei nicht auf den Aufstieg hoch mineralisierten Tiefengrundwassers zurückzuführen, wie Vergleiche mit Analysen aus dem Horizont 09 zeigen. Die erhöhten Konzentrationen des Sulfats und Calciums zeigen einen Eintrag von der Geländeoberfläche an, die typisch für städtische Nutzungen ist und sich von der hydrochemischen Signatur tiefer Grundwässer unterscheidet. Die Mineralisation des Grundwassers im Horizont 4 ähnelt insgesamt der des quartären Grundwasserleiters, mit Ausnahme der geringeren Nitratwerte, was auf eine Denitrifikation hinweist. In einer Messstelle (957841, ohne Abbildung) belegen steigende Sulfatkonzentrationen bei gleichbleibend niedrigen Nitrat- und Chloridwerten eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch reduzierte Schwefelverbindungen (Kapitel 2.3.2). Ein Abbau in dieser Form ist für mehrere weitere Messstellen zu erwarten, aber nicht sicher nachzuweisen. Auch auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. eine Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1), ergeben sich an einigen Messstellen Hinweise in Form steigender Hydrogencarbonatwerte, aber auch dieser Abbauprozess ist nicht sicher zu belegen. In einer Messstelle fehlen die anthropogenen Einflüsse und in einem weiteren Fall ist kein Abbaupotenzial nachweisbar, so dass hier Nitratwerte bis zu 70 mg/l analysiert werden.

Bei der Interpretation der hydrochemischen Vorgänge im Förderhorizont 2 ist zu beachten, dass die Grundwasserbeschaffenheit in diesem Leiter durch Grundwasseraufstiege aus den tieferen Stockwerken beeinflusst wird. Bereits im nächst tieferen Aquifer, dem Horizont 09,

weist das Grundwasser Chloridkonzentrationen um 2.000 mg/l und Natriumwerte über 1.000 mg/l auf. Das molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis ist mit Werten unter 0,05 extrem niedrig und kann neben einer erhöhten Mineralisation zur Identifizierung von Tiefengrundwassereinflüssen herangezogen werden. Im oberflächennahen Grundwasser treten im städtischen Raum aufgrund von Streusalzeinträgen ebenfalls erhöhte Chlorid- und Natriumkonzentrationen auf, die aber von erhöhten Sulfatwerten begleitet werden, woraus molare Konzentrationsverhältnisse der Sulfat- zu den Chloridionen von  $> 0,6$  resultieren, die deutlich über denen des Tiefengrundwassers liegen, so dass auf diesem Weg eine Unterscheidung der verschiedenen Einflussfaktoren möglich ist.

Der Sand 2 weist im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen eine wannenartige Struktur auf, wobei die tiefsten Bereiche in der Nähe der Fassungsanlage liegen. Hier finden sich auch die deutlichsten Tiefengrundwassereinflüsse mit bis zu 150 mg/l Chlorid sowohl im Rohwasser als auch in Proben aus nahegelegenen Grundwassermessstellen. Ein anthropogener Einfluss ist nur in den Brunnen 4 und 6 anhand leicht erhöhter Sulfat : Chlorid-Verhältnisse von jeweils 0,19 gegenüber 0,01 bis 0,06 in allen anderen Brunnen festzustellen. Anhand der Konzentrationsentwicklung im Rohwasser der beiden genannten Brunnen, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 6 in Abbildung 88, ist erkennbar, dass in den letzten 10 Jahren ein Anstieg der Sulfatwerte stattgefunden hat, während die Chloridkonzentrationen stabil geblieben sind. Die geringen anthropogenen Einflüsse sind an die durchgängige und mächtige Verbreitung des hangenden Tons 3 gebunden. In Gebieten mit geringmächtiger Tonverbreitung, insbesondere in Richtung auf die Ausstrichgrenze des Tons im nördlichen Randbereich des Einzugsgebietes sind höhere anthropogene Einträge in den Sand 2 zu beobachten.

Mit abnehmender Mächtigkeit des Tons 3 nimmt der Einstrom höher mineralisierten und anthropogen beeinflussten Grundwassers aus dem obersten Stockwerk zu. Dieser Stoffeintrag ist anhand eines erhöhten Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses erkennbar. Die hydraulischen Wegsamkeiten zwischen den quartären Terrassen und dem Sand 2 sind insbesondere im nördlichen Teil des Einzugsgebietes gegeben. Auf diesem Weg wird auch Nitrat in den tieferen Leiter transportiert, kann aber mit einer Ausnahme nicht oder nur in sehr geringen Konzentrationen im Grundwasser des Sands 2 nachgewiesen werden. Hierdurch wird ein Nitratabbau im Sand 2 belegt. Als Abbauprozess kann in mehreren Messstellen die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. eine Nitratreduktion durch reduzierte Schwefelminerale wie Pyrit (Kapitel 2.3.2), sicher nachgewiesen werden. Bei dem genannten Abbauprozess kommt es u. a. zu einer Freisetzung von Sulfat. In der Messstelle 957912 im Nordwesten des Einzugsgebietes nördlich von Hürth-Gleuel sind beispielsweise steigende Sulfatkonzentrationen bei allerdings ebenfalls zunehmenden Chloridwerten erkennbar (Abbildung 89). Hier ist das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid von 1,34 im Jahr 1994 auf 2,03 im Jahr 2012 angestiegen. Da dieses Verhältnis rein eintragsbasiert in der Regel unter einem Wert von 0,75 liegt, wird hier die chemo-lithotrophe Denitrifikation deutlich belegt und kann auch in weiteren Messstellen nachgewiesen werden.

Steigende Sulfatwerte bei ansonsten stabilen hydrochemischen Daten sind auch in den Brunnen 4 und 6 als Hinweis auf die chemo-lithotrophe Denitrifikation zu werten (Abbildung 88). Da das molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis wegen des Tiefengrundwas-

sereinflusses bei sehr geringen Werten unter 0,1 startet und zum Ende der Messreihe Werte zwischen 0,2 und 0,3 erreicht, die unter den oberflächennahen Eintragungswerten liegen, ist auch ein reiner Mischungseffekt als Ursache für den Anstieg nicht gänzlich auszuschließen.

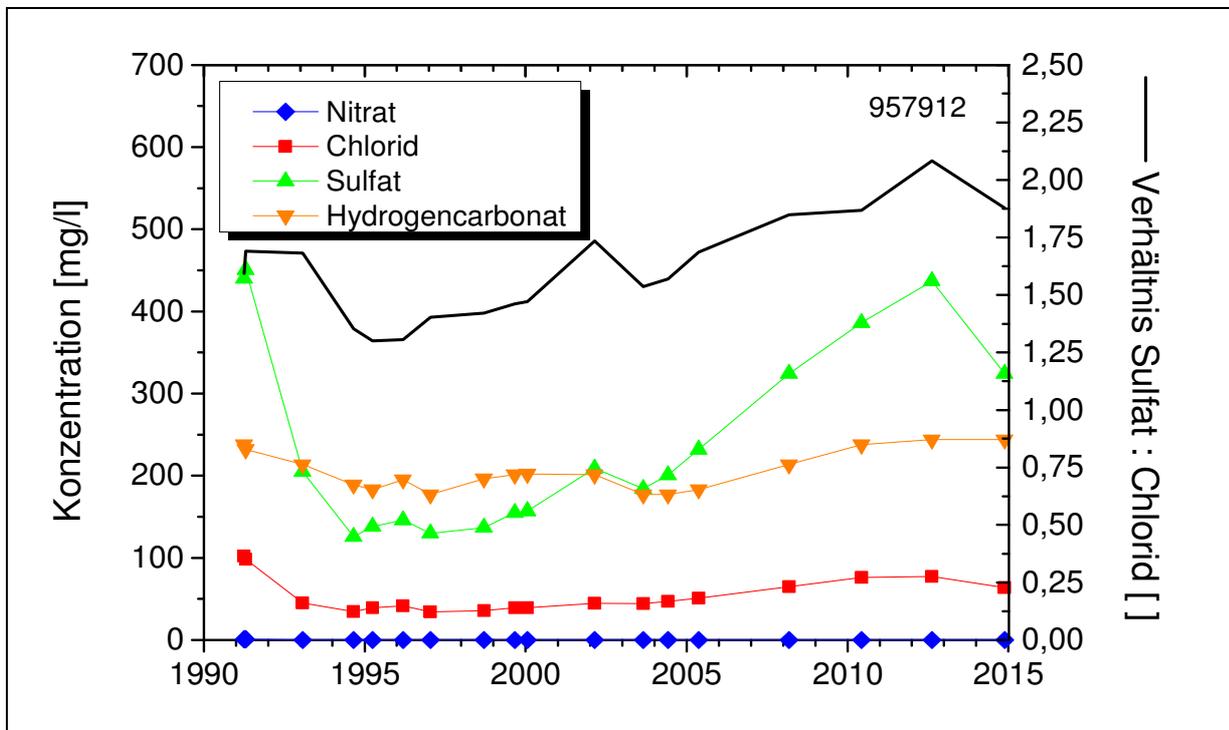


Abbildung 89: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 957912 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass der Nitratabbau anteilig über die Oxidation organischer Substanz stattfindet, weil lokal auch Anstiege der Hydrogencarbonatkonzentrationen festgestellt werden. Diese können jedoch auch auf andere Ursachen zurückgehen. Der Prozess der chemo-organotrophen Denitrifikation wird in Kapitel 2.3.1 beschrieben, kann hier im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen aber nicht eindeutig nachgewiesen werden werden.

In einer Messstelle im Norden des Einzugsgebiets außerhalb der Verbreitung des Tons 3 – der Sand 2 ist hier Teil des ersten Grundwasserstockwerks - ergeben sich keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse. Die Nitratkonzentrationen entsprechen denen des obersten Stockwerks und liegen hier bei etwa 65 mg/l.

### 3.18.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Hürth-Efferen findet aufgrund des geringen Flächenanteils landwirtschaftlicher Nutzung sowie der Tiefe der Entnahme keine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation statt.

### 3.19 Wasserwerk der Gemeinde Titz

Das Wasserwerk der Gemeinde Titz verfügt bis Ende 2014 über ein Wasserrecht in Höhe von 0,400 Mio. m<sup>3</sup>/a, das sich anschließend auf eine jährliche Menge von 0,565 Mio. m<sup>3</sup> erhöht.

#### 3.19.1 Wassergewinnungsanlage der Gemeinde Titz

Die Wassergewinnungsanlage der Gemeinde Titz betreibt zwei Vertikalfilterbrunnen, die die Hauptkies-Serie (Horizont 8 nach Schneider & Thiele 1965) erschließen. Der Horizont 8 stellt im Einzugsgebiet überwiegend das zweite lokale Grundwasserstockwerk dar, wobei der Tonhorizont 13/11 eine durchgängige Verbreitung aufweist. Der Obere (Horizont 9C) und Untere Rotton (Horizont 9A) sind nur lokal verbreitet und ohne echte hydraulische Wirkung hinsichtlich eines Einstroms in den Förderhorizont 8.

##### 3.19.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der beiden Brunnen ist gleichbleibend nitratfrei bis nitratarm. In den letzten 10 Jahren wurden beispielsweise im Brunnen V 222 maximal 3 mg/l Nitrat gemessen (Abbildung 90).

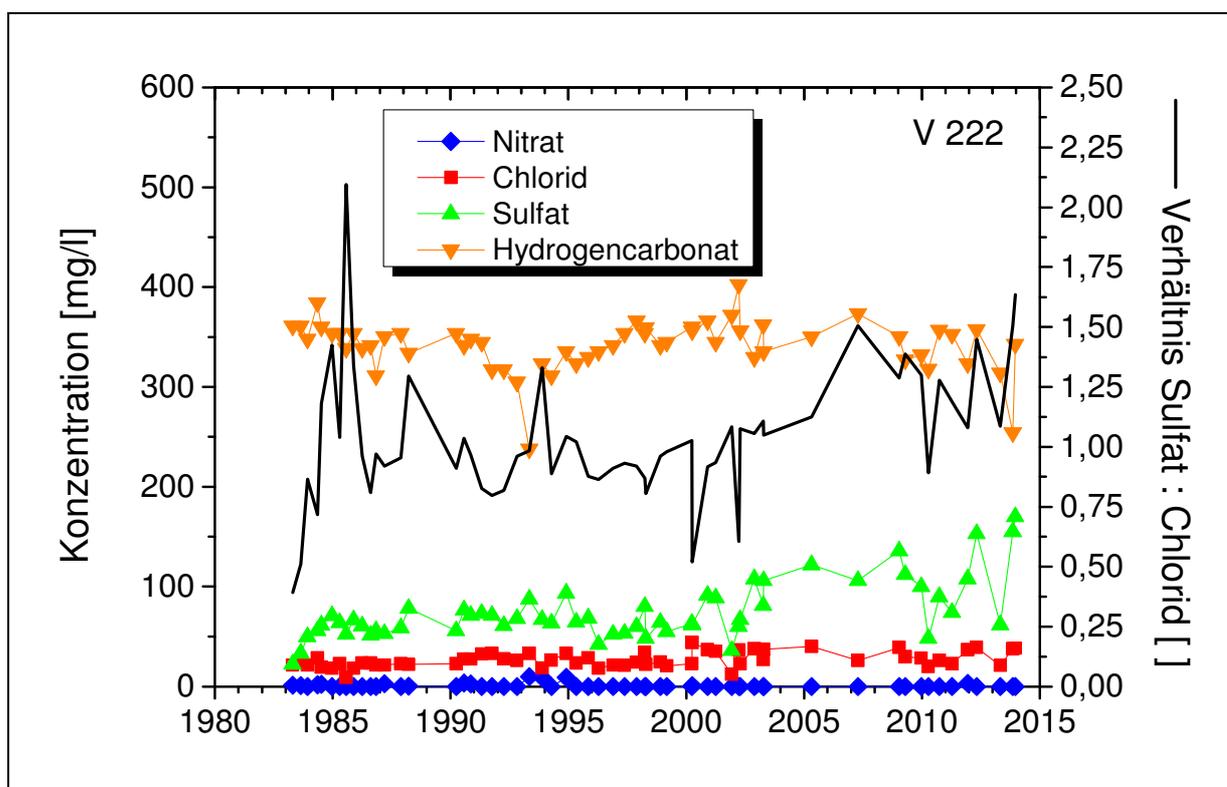


Abbildung 90: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen V 222 der Wassergewinnungsanlage der Gemeinde Titz.

### 3.19.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das oberste Grundwasserstockwerk liegen innerhalb des Einzugsgebietes und in dessen Umfeld aktuelle Analysen von Proben aus fünf Grundwassermessstellen vor, von denen vier an der Stockwerksbasis und eine im Bereich der Grundwasseroberfläche verfiltert sind. Das oberflächennahe Grundwasser weist Nitratwerte um 30 mg/l, basiert jedoch nur auf dem Datensatz einer Messstelle. Das Grundwasser im Bereich der quartären Stockwerksbasis ist nitratfrei.

Im Förderhorizont 8 sind drei Messstellen verfiltert, deren Proben ausnahmslos nitratfreies Grundwasser liefern.

### 3.19.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich gibt für die im Einzugsgebiet dominieren landwirtschaftlichen Nutzgebiete anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l und unter städtischen Flächen von 10 bis 25 mg/l an (Wendland et al. 2010).

### 3.19.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Wie an allen anderen landwirtschaftlich genutzten Standorten im Tätigkeitsbereich des Erftverbands weist der quartäre oberflächennahe Grundwasserleiter auch im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Titz deutliche anthropogene Einflüsse auf, die sich u. a. anhand erhöhter Chloridkonzentrationen von bis zu 100 mg/l zeigen. Da Chlorid, Sulfat und Nitrat häufig in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, gehen die anthropogenen Einflüsse immer mit Nitratreinträgen einher. Der Standort Titz ist einer der wenigen, die anhand fehlender Nitratwerte eindeutig einen Nitratabbau im quartären Grundwasserleiter außerhalb von flurnahen Gebieten erkennen lassen.

Der Abbauprozess ist nicht eindeutig zu identifizieren. Als Beleg für eine chemo-lithotrophe Denitrifikation - Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) – kann das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid herangezogen werden. Bei einer Nitratreduktion durch die Oxidation reduzierter Schwefelminerale wird Sulfat freigesetzt, wodurch das genannte Konzentrationsverhältnis steigt. Die in Titz berechneten Werte zwischen 0,80 und 1,10 sind gegenüber den für landwirtschaftliche Nutzgebiete typischen Werten um 0,75 stellenweise erhöht und geben somit Hinweise, dass Sulfide durch Nitrat oxidiert werden. Allerdings werden durch einen fortgesetzte Nitratreintrag und eine langjährig anhaltende Nitratreduktion üblicherweise kontinuierliche Anstiege des Konzentrationsverhältnisses beobachtet, die hier fehlen.

Da gleichzeitig die Hydrogencarbonatwerte in zwei Messstellen angestiegen sind, ist auch ein Nitratabbau durch Oxidation organischer Substanz vorstellbar, d. h. eine chemoorganotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.1). Da es hierbei zu einer Mobilisation gelösten anorganischen Kohlenstoffes kommt, ist dies eine mögliche Begründung für die ansteigenden Hydrogencarbonatkonzentrationen bei stabilen pH-Werten. Da der Anstieg jedoch nur in ei-

ner Messstelle deutlich ausfällt und auch andere Ursachen für eine Zunahme der Werte in Betracht kommen, ist dieser Nitratreduktionsprozess ebenfalls nicht sicher zu belegen. Vorstellbar ist auch, dass beide Reaktionen ablaufen.

Für den Förderhorizont 8 bedeutet die bereits im quartären Leiter stattfindende Nitratreduktion, dass kein oder wenig nitrathaltiges Grundwasser die Hauptkies-Serie erreicht. Der deutliche Anstieg der Sulfatkonzentrationen bei gleichzeitig stabilen Chloridwerten in den Rohwässern beider Brunnen, exemplarisch dargestellt für den Brunnen V 222 (Abbildung 90), verdeutlicht eine Sulfatfreisetzung und damit eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale wie Pyrite. Dies wird durch Werte des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses von bis zu 1,63 grundsätzlich bestätigt, weil die Werte damit in den letzten Jahren durchgängig über den eintragsseitig typischen Größenordnung um 0,75 liegen. Allerdings treten kurzfristig starke Schwankungen des Konzentrationsverhältnisses und einzelner Wasserinhaltsstoffe auf, die weitere Einflussfaktoren auf die Entwicklung der hydrochemischen Parameter erwarten lassen. Ob die Sulfatmobilisation innerhalb der Hauptkies-Serie stattgefunden hat oder bereits das Ergebnis der Denitrifikation im quartären Leiter ist, kann außerdem nicht beurteilt werden. Eine Sulfatfreisetzung im obersten Leiter und ein anschließender Einstrom in den Förderhorizont ist möglich. Allerdings belegen geochemische Untersuchungen aus dem nahegelegenen Tagebau Hambach, dass die Sedimente im Förderhorizont Pyrite enthalten. Ein Nitratabbau Potenzial innerhalb der Hauptkies-Serie ist somit als gesichert anzusehen.

#### 3.19.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Schutzgebiet der Wassergewinnungsanlage der Gemeinde Titz wird seit 1994 im Rahmen einer wasserwirtschaftlich-landwirtschaftlichen Kooperation u. a. an einer Verminderung der Stickstoffinträge in das Grundwasser gearbeitet.

### 3.20 Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH

Die durch die EWV Energie- und Wasser-Versorgung GmbH betriebsgeführte Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH betreibt drei Wassergewinnungsanlagen, deren Wasserrechte sich auf 3,200 Mio. m<sup>3</sup>/a summieren:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen:

- |                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| - Aldenhoven         | 2,300 Mio. m <sup>3</sup> /a |
| - Niederzier-Hambach | 0,150 Mio. m <sup>3</sup> /a |
| - Niederzier-Berg    | 0,750 Mio. m <sup>3</sup> /a |

#### 3.20.1 Wassergewinnungsanlage Aldenhoven (Ersatzbrunnen)

An der Wassergewinnungsanlage Aldenhoven kann aufgrund des Zustroms hoch mineralisierten Grundwassers aus der nahegelegenen Abraumkippe der Tagebaue Zukunft/West und Inden I zu den im Horizont 8 (Hauptkies-Serie) verfilterten Brunnen keine Förderung zu Trinkwasserzwecken mehr betrieben werden. Statt dessen erfolgt eine Ersatzwasserlieferung durch den Bergbautreibenden aus drei Sumpfungsbunnen im Bereich der Jülicher Ort-

steile Bourheim und Kirchberg, die zu Trinkwasserbrunnen umgerüstet wurden. Die Brunnen sind in den Horizonten 8 und 6D verfiltert, wobei die Hauptentnahme aus der Hauptkies-Serie erfolgt, die das vierte lokale Grundwasserstockwerk aufbaut. Sowohl die Tone der Reuver- (Horizont 11) als auch der Rotton-Serie (Horizont 9) sind im Einzugsgebiet der Ersatzbrunnenflächendeckend verbreitet. Das geförderte Wasser wird über Rohrleitungen zur Wassergewinnungsanlage Aldenhoven transportiert und dort aufbereitet.

### 3.20.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der beiden Brunnen ist nitratfrei bis nitratarm. Die maximalen Nitratwerte in lagen bei 3 mg/l, exemplarisch dargestellt für den Brunnen IR 551 (Abbildung 91).

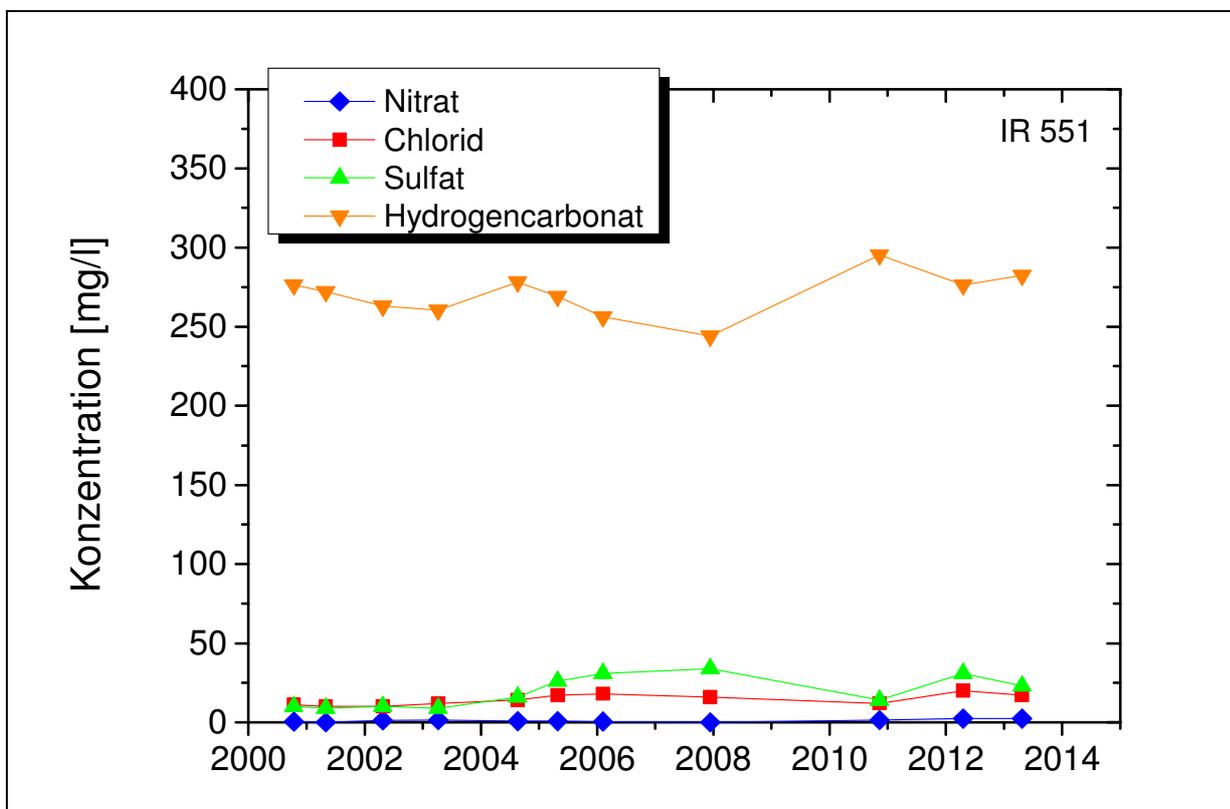


Abbildung 91: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Ersatzbrunnen IR 551 der Wassergewinnungsanlage Aldenhoven.

### 3.20.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für das oberste Grundwasserstockwerk liegen innerhalb des Einzugsgebietes nur wenige aktuelle Daten zur Grundwasserbeschaffenheit vor. Die vorhandenen Analysen belegen, dass im östlichen Teil des Einzugsgebietes im Bereich der Ruraue nitratfreie Grundwässer auftreten, während weiter westlich in drei Messstellen Nitratkonzentrationen zwischen 55 und 70 mg/l gemessen werden.

In den Horizonten 10, 9B und 8 sind die Grundwässer nitratfrei.

### 3.20.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Forschungszentrum Jülich gibt für den östlichen Teilbereich des Einzugsgebiets innerhalb der Ruraue unabhängig von der Flächennutzung auf der Grundlage von Modellrechnungen niedrige Nitratwerte des Sickerwassers unter 10 mg/l an (Wendland et al. 2010). Im östlichen Teil des Einzugsgebiets werden unter den dort vorherrschenden landwirtschaftlichen Nutzflächen Nitratwerte des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l prognostiziert.

### 3.20.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Bereich der Ruraue sind bei flurnahen Grundwasserständen Gley- sowie Auenböden verbreitet. Hier findet bereits in der Bodenzone ein Nitratabbau durch die dort in großen Mengen vorhandene organische Substanz statt, d. h. eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.1 und 2.4). Diese ist allerdings nicht auf den Grundwasserleiter übertragbar, wie die Analysen von Grundwasserproben außerhalb der Ruraue zeigen, die keine Hinweise auf Nitratabbauvorgänge erkennen lassen.

Für den Horizont 10 liegen nur Daten aus zwei Messstellen vor, die darüber hinaus nicht aktuell sind. Die Analysen lassen erkennen, dass die Chlorid- und Sulfatwerte erhöht sind, wodurch ein anthropogener Einfluss belegt wird. Mit der Chlorid- und Sulfatzufuhr ist in dem landwirtschaftlich genutzten Raum immer auch ein Nitrateintrag verbunden. Die fehlenden Nitratbefunde im Grundwasser des Horizonts 10 weisen somit eindeutig auf Nitratabbauvorgänge hin, ohne dass Aussagen über die Art des oder der Abbauprozesse möglich sind.

Im Horizont 9B dominieren nitratfreie anthropogen unbeeinflusste Wässer, wobei nur zwei von sieben Messstellen mit Grundwasserbeschaffenhheitsdaten als aktuell einzustufen sind. In einem Fall ist eine Zunahme des anthropogenen Einflusses ersichtlich, weil die Chlorid- und Sulfatkonzentrationen seit 2011 über die zuvor analysierten Werte im Bereich der Hintergrundkonzentrationen von jeweils etwa 10 mg/l angestiegen sind. Aufgrund der großen Potenzialunterschiede in Tagebaunähe sind für den beobachteten Zustrom vermutlich Leakagevorgänge durch die überlagernden Tone hindurch verantwortlich. Mit dem Anstieg ist keine Zunahme der Nitratkonzentrationen, wohl aber des Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses von Werten um 0,4 auf über 1,0 verbunden, was auf eine Sulfatfreisetzung aus den Sedimenten hinweist (ohne Abbildung). Diese ist nur durch eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, also einen Nitratabbau durch Sulfidminerale wie Pyrite zu erklären (Kapitel 2.3.2). Der Befund passt zu den Ergebnissen geochemischer Untersuchungen der Abraum-sedimente des nahegelegenen Tagebaus Inden. Im Rahmen der genannten Erhebungen wurden im Horizont 9B Pyrit-Schwefelgehalte von durchschnittlich 0,19 Gew.% analysiert (Lenk 2008), was ein hohes sulfidgebundenes Nitratbaupotenzial belegt.

Im Hauptförderhorizont 8 sind mit Ausnahme des Brunnens IR 551, dessen Rohwasser geringfügig erhöhte Chloridkonzentrationen bis 20 mg/l und einen ebenfalls leichten Anstieg der Sulfatwerte bis 30 mg/l zeigt, keinerlei anthropogene Einflüsse nachweisbar. Die fehlenden Nitratwerte sind somit nicht auf einen Denitrifikation, sondern auf einen fehlenden Zustrom höher mineralisierten oberflächennahen Grundwassers zurückzuführen. Aussagen zum Nitratbauprozess oder zum Abbaupotenzial können anhand hydrogeochemischer Daten so-

mit nicht getroffen werden. Aufgrund der im Tagebaubereich nachgewiesenen Pyrit-Schwefelgehalte von 0,09 Gew.% in den Sedimenten der Hauptkies-Serie (Lenk 2008) ist von einem Nitratabbaupotenzial durch die reduzierten Schwefelphasen auszugehen.

### 3.20.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Da es sich bei den Ersatzwasserbrunnen um ehemalige Sumpfungsbunnen handelt, deren Hauptförderung aus dem lokalen vierten Grundwasserstockwerk erfolgt, existiert keine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation.

## 3.20.2 Wassergewinnungsanlage Niederzier-Hambach

Die Wassergewinnungsanlage Niederzier-Hambach erschließt den quartären oberen Grundwasserleiter (Horizonte 16 / 14) mit einem Vertikalfilterbrunnen.

### 3.20.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Brunnens weist Nitratwerte um 80 mg/l auf, die seit etwa einem Jahrzehnt stabil sind (Abbildung 92).

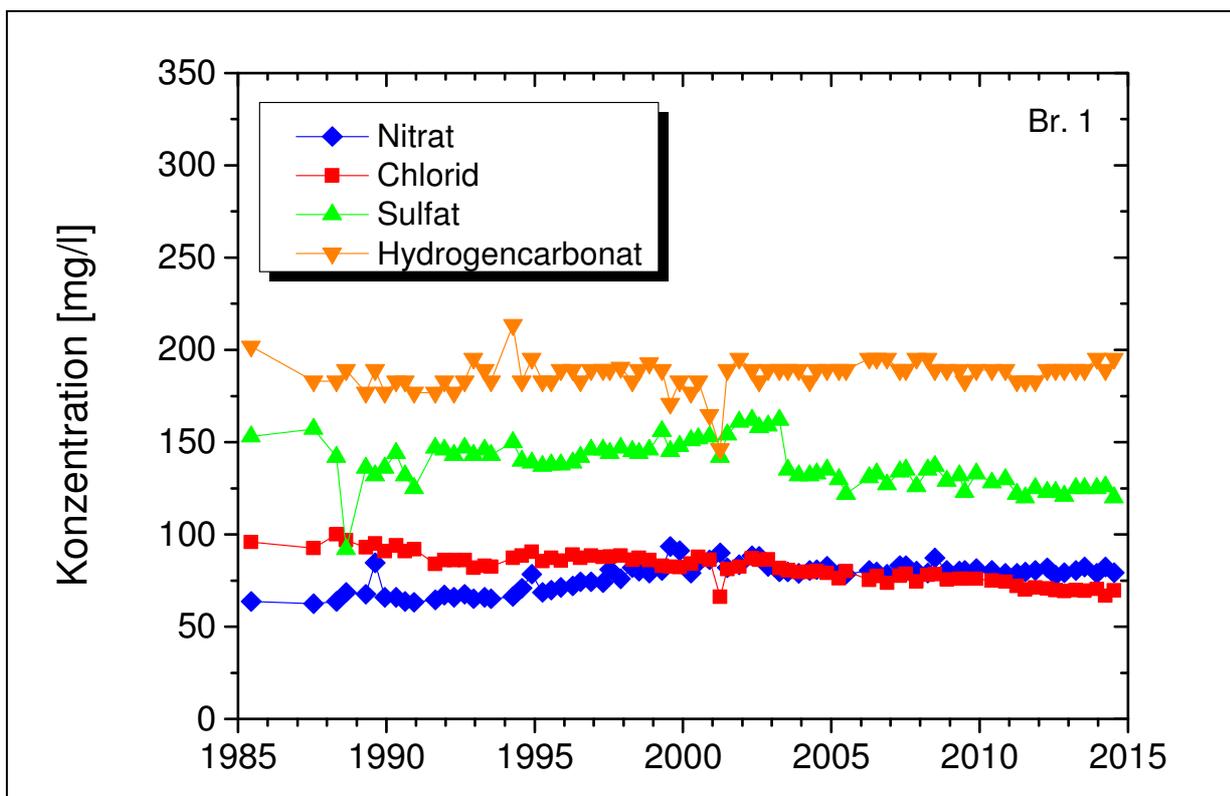


Abbildung 92: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Flachbrunnen I der Wassergewinnungsanlage Niederzier-Hambach.

### 3.20.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet liegen für die Proben aus sieben Messstellen aktuelle Analysen vor. Die Nitratwerte schwanken zwischen 47 mg/l und 92 mg/l. Der Mittelwert beträgt 67 mg/l Nitrat.

### 3.20.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet des Flachbrunnens in Niederzier-Hambach unterliegt nahezu ausschließlich einer landwirtschaftlichen Flächennutzung. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Grundlage von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers an, die im Verbreitungsgebiet von Parabraunerden 50 bis 75 mg/l betragen (Wendland et al. 2010). Für die innerhalb des Einzugsgebietes ebenfalls weit verbreiteten Pseudogleye werden geringe Nitratwerte zwischen Null und maximal 25 mg/l angegeben. Diese letztgenannten Werte sind unrealistisch niedrig, weil sie ein hohes Abbaupotenzial in der ungesättigten Zone unterstellen, das durch Messwerte im oberflächennahen Grundwasser nicht bestätigt werden kann..

### 3.20.2.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im Einzugsgebiet des Flachbrunnens Hambach ergeben sich keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen. Die Konzentrationen entsprechen den über das Sickerwasser in den Aquifer eingetragenen Werten und sind seit vier Jahrzehnten weitgehend stabil. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen werden Nitrat, Chlorid und Sulfat häufig in konstanten Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen. Das molare Verhältnis der Sulfat- zu den Chloridionen weist eintragsseitig oft Werte um 0,75 auf, die durch eine Sulfatfreisetzung infolge von Nitrat-Abbauprozessen erhöht werden können. Im Grundwasser des Einzugsgebietes liegen die Werte ausschließlich zwischen 0,55 und 0,75 und schließen Abbauvorgänge unter Beteiligung von sulfidischen Eisenmineralphasen wie Pyrit nahezu aus.

### 3.20.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

In den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Niederzier-Hambach der Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH und Ellen der Leitungspartner GmbH wird seit 1994 eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation betrieben, um die Stoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

## 3.20.3 Wassergewinnungsanlage Niederzier-Berg

Die Wassergewinnungsanlage Niederzier-Berg erschließt mit einem Vertikalfilterbrunnen den Horizont 9B, das sandig-kiesige Zwischenmittel der Rotton-Serie. Der Förderhorizont stellt am Gewinnungsstandort das vierte lokale Grundwasserstockwerk dar. Als Stockwerkstrenner wirken der Tegelen-Ton (Horizont 13), der Reuver-Ton (Horizont 11) sowie der Obere Rotton (Horizont 9C). Während die Tone der Tegelen- und Reuver-Serie nur im nordöstlichen Teil des Einzugsgebietes verbreitet sind, wirkt der Obere Rotton nahezu im gesamten Einzugsgebiet stockwerkstrennend, auch wenn die Mächtigkeiten lokal gering sind. Ein hydraulischer Kontakt zum obersten Stockwerk ist am Südostrand des Einzugsgebietes mit dem Ausstreichen des Tonhorizonts 9C gegeben.

### 3.20.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Tiefbrunnens in Niederzier-Berg ist nitratfrei, wie die Darstellung der Anionenkonzentrationen zeigt (Abbildung 93).

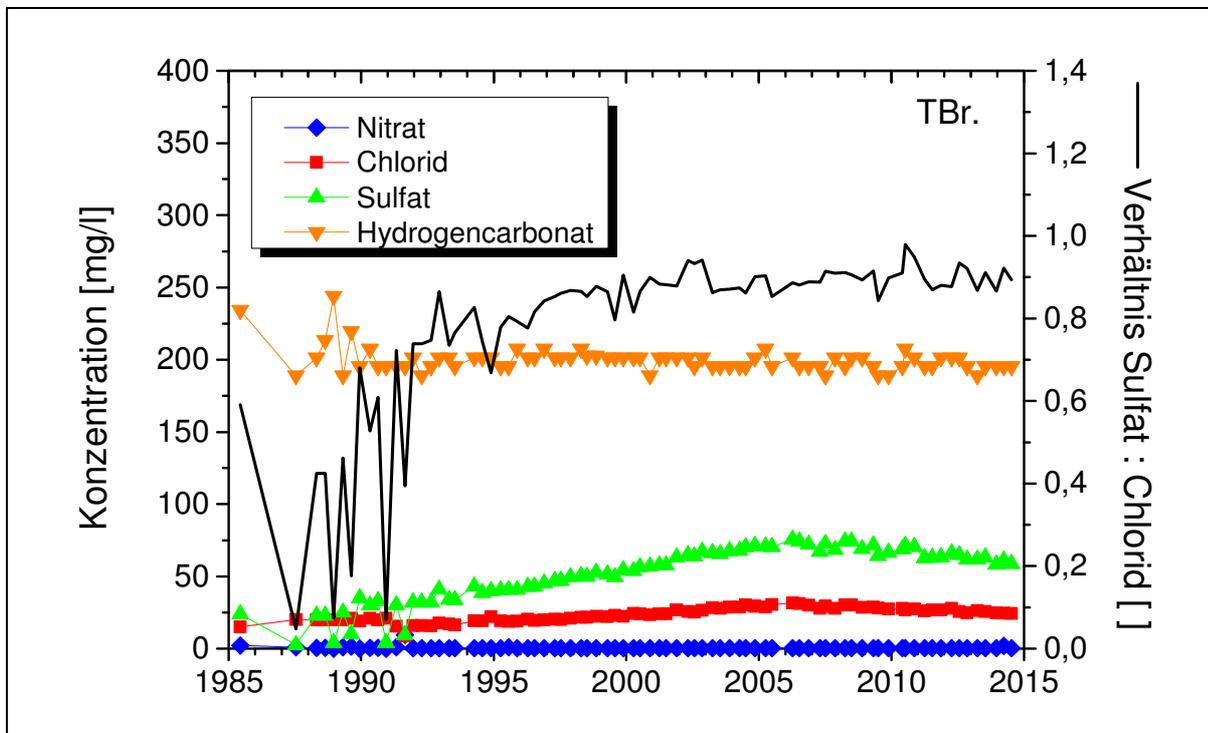


Abbildung 93: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Tiefbrunnen der Wassergewinnungsanlage Niederzier-Berg.

### 3.20.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für Aussagen zur Grundwasserbeschaffenheit im obersten Grundwasserstockwerk innerhalb des Einzugsgebiets liegen aktuelle Daten aus 11 Grundwassermessstellen vor. Die Nitratwerte schwanken zwischen Null und 112 mg/l bei einem Mittelwert von 66 mg/l, der nahezu dem des wesentlich kleineren Einzugsgebiets des Flachbrunnens in Niederzier-Hambach entspricht (Kapitel 3.20.2.2). Die niedrigsten Werte zwischen Null und 30 mg/l finden sich in zwei Messstellen am Westrand des Einzugsgebiets im Verbreitungsgebiet von Gleyböden im Bereich der Ruraue. Außerhalb des Auenbereichs sind die Nitratwerte höher und betragen mindestens 50 mg/l.

Grundwasseranalysen, die die Nitratsituation im Horizont 12 beschreiben, liegen nicht vor.

Für den Horizont 10 stehen aktuelle Grundwasseranalysen aus drei Messstellen zur Verfügung, die um ältere Daten aus sechs weiteren Messstellen ergänzt werden. Hierbei zeigen sich überwiegend nitratfreie Grundwässer. Im westlichen Randbereich des Einzugsgebiets finden sich mit dem Ausstreichen der überlagernden Tone allerdings auch erhöhte Nitratkonzentrationen in mehreren Messstellen, die bis zu 77 mg/l betragen können.

Im Förderhorizont 9B ist die Höhe und räumliche Verteilung der Nitratkonzentrationen anhand aktueller Analysen aus sieben Grundwassermessstellen bekannt. Mit Ausnahme einer ganz am westlichen Rand des Einzugsgebiets gelegenen Messstelle, deren Proben Nitratwerte um 20 mg/l zeigen, ist das Grundwasser nitratfrei.

### 3.20.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet des Tiefbrunnens in Niederzier-Berg, zu dem weite Teile Dürens gehören, erfolgt zu etwa einem Drittel eine städtische Flächennutzung. Die übrigen zwei Drittel sind überwiegend landwirtschaftlich geprägt. Unabhängig von der Flächennutzung gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Basis von Modellrechnungen für das Sickerwasser im Bereich der Ruraue Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l an (Wendland et al. 2010). Diese sind an die Verbreitung von Gleyen und deren erhöhtes Nitratbaupotenzial in der ungesättigten Zone gebunden. Außerhalb des Auenbereichs werden unter landwirtschaftlichen Nutzflächen Nitratkonzentrationen um 75 mg/l erwartet, während unter städtischen Flächen mit dem Sickerwasser zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat in das Grundwasser eingetragen werden.

### 3.20.3.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im Einzugsgebiet des Tiefbrunnens in Niederzier-Berg findet im Bereich der Ruraue eine Nitratreduktion in der Bodenzone statt. Im Verbreitungsgebiet von Gleyböden liegen reduzierte Bedingungen vor, die zu einem Nitratabbau führen (Kapitel 2.4), so dass kein nennenswerter Nitratreintrag in das Grundwasser erfolgt. Im Grundwasserleiter selbst, d. h. in den Terrassensedimenten, sind keine Denitrifikationsreaktionen feststellbar. Hier wird Nitrat konservativ transportiert und die im Grundwasser gemessenen Konzentrationen entsprechen denen des Sickerwassers. Darüber hinaus sind die Konzentrationsverhältnisse von Nitrat, Chlorid und Sulfat typisch für Stoffeinträge unter landwirtschaftlichen Nutzflächen ohne Überprägung durch Abbauvorgänge.

Aufgrund fehlender Daten sind keine Angaben zur Nitratsituation oder eventuell stattfindenden Abbauvorgängen im Horizont 12 möglich.

Im Horizont 10 zeigt sich eine Zweiteilung hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit. Im östlichen Teil des Einzugsgebietes ist das Grundwasser in mehreren Messstellen nicht nur nitratfrei, sondern zeigt keinerlei anthropogene Einflüsse aufgrund der mächtigen Überdeckung der Tegelen- und Reuvertone. Hier können keine Aussagen zum Nitratabbau getroffen werden, weil das Nitrat den Aquifer hier noch nicht erreicht hat. Am Westrand des Einzugsgebietes gehen die hydraulischen Kontakte zum oberflächennahen Grundwasser auch mit erhöhten Nitratwerten einher. Hier entspricht die hydrochemische Signatur der Wässer im Horizont 10 denen des obersten Grundwasserstockwerks. Eine Denitrifikation kann somit ausgeschlossen werden, was auch anhand der Höhe der Nitratkonzentrationen zu erkennen ist, die mit 60 bis 77 mg/l den Werten im oberflächennahen Grundwasser entsprechen. In zwei Messstellen deutet sich eine chemo-lithotrophe Denitrifikation an, d. h. ein Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2). Erkennbar ist der Nitratreduktionsprozess an leichten Anstiegen der Sulfatkonzentrationen und des Konzentrationsverhältnisses von Sulfat zu

Chlorid. Da es sich um wenige und teilweise bereits ältere Werte und geringfügige Anstiege handelt, ist diese Reaktion allerdings nicht sicher nachzuweisen.

Im Förderhorizont 9B lässt sich ebenfalls eine hydrochemische Zweiteilung in einen anthropogen unbeeinflussten nordöstlichen und einen anthropogen überprägten südwestlichen Teil des Einzugsgebietes erkennen. Die Grundwasserbeschaffenheit ist eindeutig durch Nitrat-abbauereaktionen gekennzeichnet. Erhöhte Chlorid- und Sulfatwerte lassen in mehreren Messstellen und im Rohwasser des Tiefbrunnens einen anthropogenen Einfluss klar erkennen. Da Chlorid, Sulfat und Nitrat unter landwirtschaftlich dominierten Flächen grundsätzlich gemeinsam und in ähnlichen Konzentrationsverhältnissen eingetragen werden, würde das Grundwasser ohne Denitrifikationsreaktionen auch Nitrat enthalten. Die Tatsache, dass das Rohwasser nitratfrei ist und mit einer Ausnahme kein Nitrat in den Messstellen nachgewiesen werden kann, belegt somit den Abbau.

Als Abbaureaktion kann die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. der Nitratabbau durch Sulfidminerale wie Pyrit (Kapitel 2.3.2) sicher nachgewiesen werden. In der Messstelle 871251 haben sich in dem nitratfreien Grundwasser deutliche Anstiege der Sulfatkonzentrationen ergeben, während die Chloridwerte nur leicht angestiegen sind (Abbildung 94). Das molare Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid hat dadurch zugenommen und weist mit einem Wert von 0,95 ein Niveau auf, das deutlich höher als in landwirtschaftlich geprägten Grundwasserproben liegt, die nicht durch Nitrat-abbauereaktionen beeinflusst sind. Diese Wässer zeigen üblicherweise Sulfat : Chlorid-Verhältnisse um 0,75.

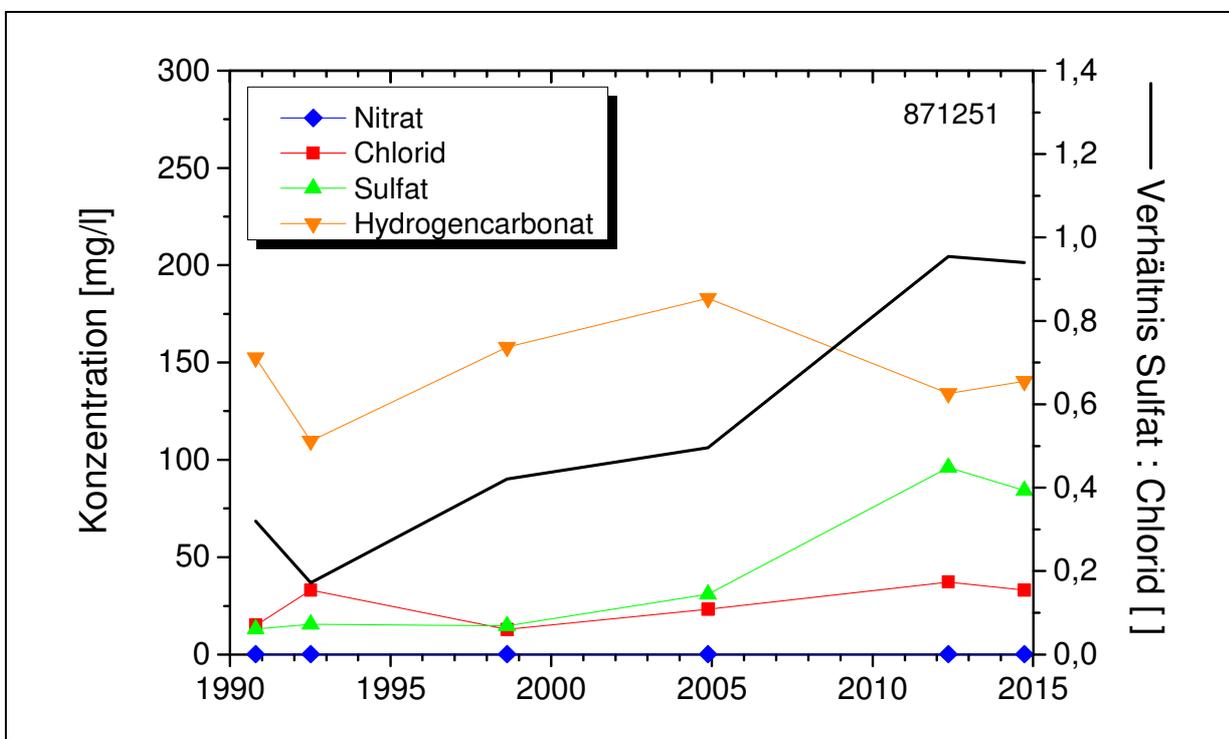


Abbildung 94: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 871251 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Niederzier-Berg.

Auch in den Rohwasserproben lässt sich eine vergleichbare Entwicklung erkennen. Das molare Sulfat : Chlorid-Verhältnis betrug zu Beginn der Messreihe bei einem fehlenden anthropogenen Einfluss Werte um 0,40 (Abbildung 93). Mit den ersten Anstiegen der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen, die einen Hinweis auf den Zustrom höher mineralisierten oberflächennahen Grundwassers geben, stiegen die Werte auf ein für oberflächennahe Grundwasser ohne Überprägung durch weitergehende chemische Reaktionen typisches Niveau um 0,75 an, um dann bis heute weiter auf etwa 0,90 zuzunehmen. Auch diese Zunahme zeigt eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment durch den Nitratabbau bei gleichzeitiger Oxidation von Sulfidmineralen an.

Belege für die chemo-organotrophe Denitrifikation – Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) – ergeben sich für den anthropogen beeinflussten südwestlichen Teil des Einzugsgebiets nicht. Fallende Hydrogencarbonatwerte bei stabilen pH-Werten sprechen gegen die mit dieser Art des Nitratabbaus verbundene Mobilisation anorganischen Kohlenstoffs.

In dem bisher nicht durch anthropogene Stoffeinträge überprägten nordöstlichen Teil des Einzugsgebiets ist ein Nitratabbau Potenzial in Form organischer Materie nicht gänzlich auszuschließen. In zwei Messstellen lassen hier die Sulfatwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze erwarten, dass eine bakterielle Sulfatreduktion im Grundwasserleiter stattfindet. Diese Reduktionsreaktion setzt das Vorhandensein mikrobiell verfügbarer organischer Substanz voraus, die dann auch für Nitratabbauprozesse nutzbar wäre. Allerdings läuft der Prozess extrem langsam und unter Umsatz sehr geringer Mengen organischen Kohlenstoffs, so dass hieraus keine Aussage abgeleitet werden kann, ob es sich um ein nennenswertes Nitratabbau Potenzial handelt.

Eine im Horizont 9B verfilterte Messstelle liefert Grundwasserproben mit Nitratkonzentrationen um 20 mg/l. Die Messstelle liegt am Westrand des Einzugsgebietes außerhalb des Verbreitungsgebietes der Telegen- und Reuver-Tone und im Ausstrichbereich des Oberen Rottons (Horizont 9C). Hier ist ein hydraulischer Kontakt zum oberflächennahen Grundwasser gegeben. Ob ein Nitratabbau erfolgt, ist nicht sicher zu beurteilen. Ein fehlendes oder nur geringes und sich damit schnell erschöpfendes Abbaupotenzial ist für solche Stockwerksrandlagen allerdings typisch und die Situation nicht auf andere Teile des Horizonts 9B übertragbar.

### 3.20.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Wie bereits in Kapitel 3.20.2.5 beschrieben, wird in den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Niederzier-Hambach und der Wassergewinnungsanlage Ellen der Leitungspartner GmbH seit 1994 eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation betrieben, um u. a. die Stoffeinträge in das Grundwasser zu verringern. Die zugehörige Fläche deckt die nordöstlichen Teile des Einzugsgebietes des Tiefbrunnens Niederzier-Berg ab.

### 3.21 Stadtwerke Jülich GmbH

Die Stadtwerke Jülich besitzen für die Wassergewinnungsanlage Jülich ein Wasserrecht in Höhe von 2,250 Mio. m<sup>3</sup>/a.

#### 3.21.1 Wassergewinnungsanlage Jülich

Die Wassergewinnungsanlage Jülich erschließt mit drei Vertikalfilterbrunnen den Horizont 8 (Schneider & Thiele 1965), der am Gewinnungsstandort das lokale fünfte Grundwasserstockwerk bildet. Das Einzugsgebiet wird gemeinsam mit dem des Tiefbrunnens des Forschungszentrums Jülich betrachtet (Kapitel 3.22.1 und 3.22.1.4).

Zum südwestlichen Rand des Einzugsgebietes hin streichen die stockwerksbildenden Tonhorizonte 13 (Tegelen-Ton), 11 (Reuver-Ton), 9C (Oberer Rotton) und 9A (Unterer Rotton) aus, wobei der Untere Rotton nahezu im gesamten Einzugsgebiet verbreitet ist. Eine Anbindung des Horizonts 8 an das oberste Grundwasserstockwerk ist somit nicht gegeben.

##### 3.21.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen ist nitratfrei, wie die exemplarische Darstellung der Anionenkonzentrationen des Brunnens 13 zeigt (Abbildung 95).

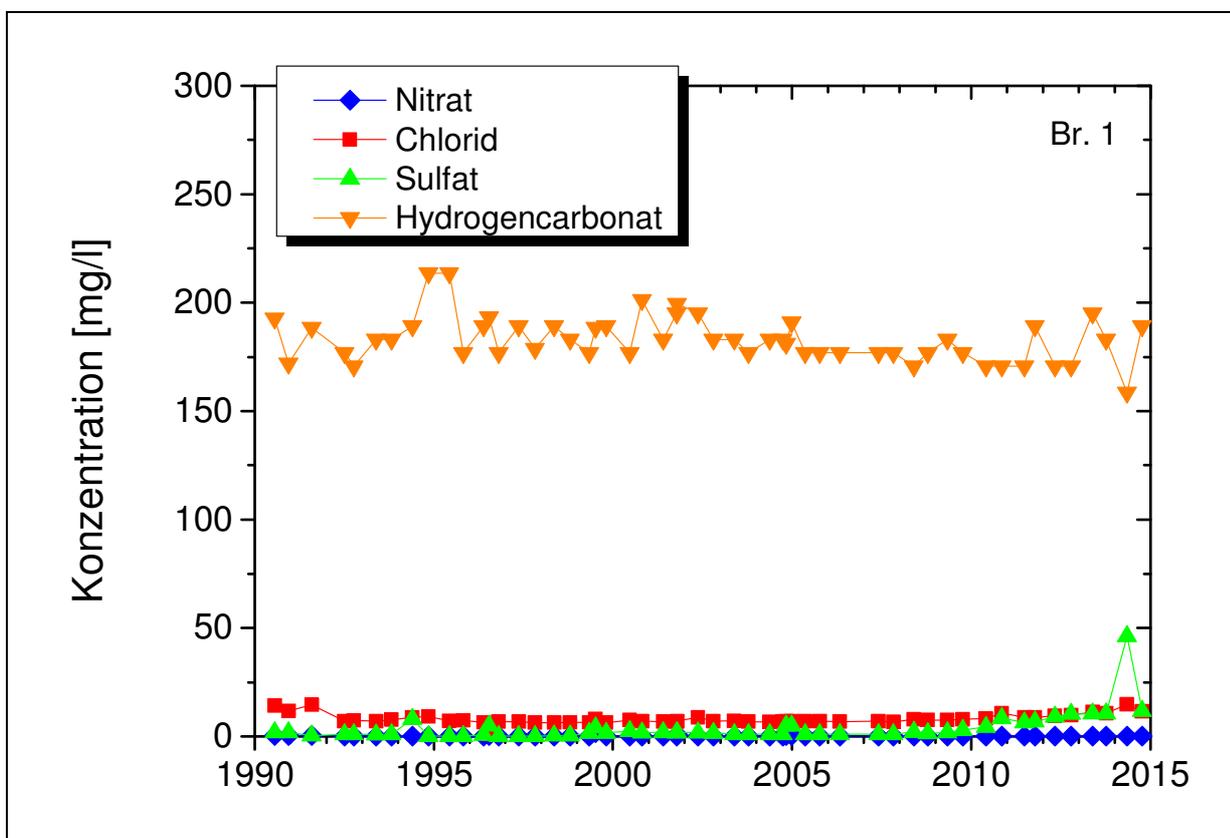


Abbildung 95: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen XIII der Wassergewinnungsanlage Jülich.

### 3.21.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im gemeinsamen Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Jülich und der Tiefbrunnen des Forschungszentrums Jülich liegen insgesamt 12 Grundwassermessstellen, die im Förderhorizont 8 verfiltert sind, wobei nur für fünf Messstellen aktuelle Analysen vorliegen. Alle Proben sind nitratfrei, was auch für die überlagernden Horizonte 9B und 10 gilt.

Im Horizont 12 ist das Grundwasser nitratfrei bis nitratarm und im obersten Grundwasserstockwerk schwanken die Nitratwerte zwischen Null und etwa 110 mg/l mit punktuellen Anstiegen auf über 200 mg/l.

### 3.21.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

In dem mit derzeit etwa 79 km<sup>2</sup> sehr großen gemeinsamen Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Jülich und des Tiefbrunnens des Forschungszentrums Jülich ergibt sich ein heterogenes Bild der Nitratkonzentrationen des Sickerwassers, die vom Forschungszentrum Jülich anhand von Modellrechnungen ermittelt wurden (Wendland et al. 2010). Unter den mit etwa 75 % Anteil dominierenden landwirtschaftlichen Nutzflächen betragen die Nitratwerte des Sickerwassers 50 bis 75 mg/l bzw. 75 bis 100 mg/l. Im Bereich der Ruraue und lokal auch in der Aue des Ellebachs bedingen die dort auftretenden Gleyböden einen Nitratabbau in der ungesättigten Zone (Kapitel 2.4) und führen trotz Stickstoffüberschüssen aus der Landwirtschaft zu geringen bis fehlenden Nitratreinträgen in das Grundwasser. Im Bereich der Ortslagen – der größte zusammenhängende Siedlungsbereich ist das Dürener Stadtgebiet – betragen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers 25 bis 50 mg/l. Im Waldgebiet um das Forschungszentrum werden mit < 10 mg/l geringe Nitratreintragskonzentrationen berechnet.

### 3.21.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbauereaktionen

Von den im Kapitel 3.21.1.3 angesprochenen Denitrifikationsreaktionen in der ungesättigten Zone unter staunässebeeinflussten Böden abgesehen, findet in den Terrassenkiesen des obersten Grundwasserleiters kein erkennbarer Nitratabbau statt. Die Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers entsprechend weitgehend den Eintragskonzentrationen im Sickerwasser. Die Zeitreihen der Nitratwerte und anderer Anionen lassen keine hydrogeochemischen Reaktionen im Grundwasserleiter erkennen.

Im Horizont 12 - dem Grundwasserleiter zwischen Tegelen- und Reuver-Serie - und im Horizont 10 - Aquifer zwischen Reuver- und Rotton-Serie - sind Nitratabbauvorgänge sicher nachweisbar. Die Anionen Chlorid und Sulfat zeigen anthropogene Einflüsse an, die angesichts der landwirtschaftlichen Flächennutzung auch immer mit Nitratreinträgen verbunden sind, welche im Horizont 12 jedoch nicht oder nur in geringen Konzentrationen analysiert werden und im Horizont 10 gänzlich fehlen. Aufgrund steigender Sulfatkonzentrationen und einer Zunahme des molaren Verhältnisses der Sulfat- zu den Chloridwerten als Hinweis auf eine Sulfatfreisetzung in beiden Grundwasserleitern, kann jeweils auf eine chemolithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2), d. h. einen Nitratabbau durch Oxidation sulfidischer Eisenmineralphasen geschlossen werden (ohne Abbildung).

Der Horizont 9B ist nahezu frei von anthropogenen Einflüssen. Die wenigen punktuellen Anstiege von Chlorid und Sulfat als Indikatoren menschlichen Einflusses deuten bei fehlenden Nitratwerten darauf hin, dass ein Nitratabbau stattfindet. Da nur wenige aktuelle Grundwasseranalysen vorliegen, sind keine verlässlichen Angaben zu Abbauprozessen möglich.

Im Förderhorizont 8 ist in Proben aus 11 von 12 Grundwassermessstellen kein anthropogener Einfluss erkennbar. Aufgrund der großen bergbaubedingten Grundwasserabsenkungen von bis zu 80 m und der damit verbundenen hohen Leakageraten, kann punktuell ein Zustrom anthropogen beeinflussten Wassers anhand steigender Chlorid- und Sulfatkonzentrationen wie in der Messstelle 967274 nachgewiesen werden (Abbildung 96). Der im Vergleich zum Chlorid überproportionale Anstieg der Sulfatwerte, der mit einem hohen molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis von 0,99 zum Ende der Messreihe verbunden ist, zeigt eine chemo-lithotrophe Denitrifikation an, d. h. einen Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2). Im oberflächennahen Grundwasser beträgt dieses Verhältnis unter landwirtschaftlicher Nutzfläche oft um 0,75. Auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation - Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) - ergeben sich keine Hinweise. Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass der beobachtete Anstieg der Sulfatwerte und der daraus gefolgerte Nitratabbau auch in einem der oberen Grundwasserleiter stattgefunden haben kann und die Abbauprodukte dann in den Horizont 8 transportiert wurden. Eine Abbaupazität für den Förderhorizont kann daher nicht sicher belegt werden, ist aber aufgrund gemessener Sulfid-Schwefelgehalte in den Sedimenten der Hauptkies-Serie im nahen Tagebau Inden von 0,09 Gew.% (Lenk 2008) mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

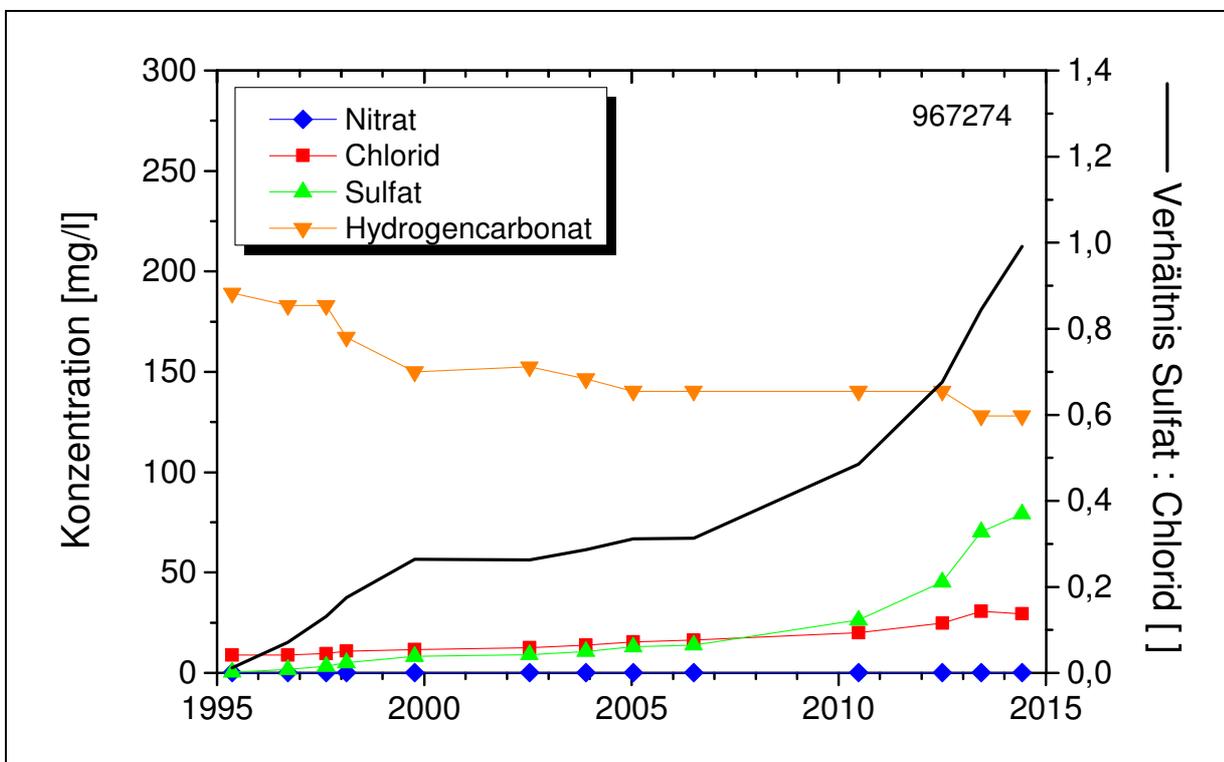


Abbildung 96: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 967274 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Jülich.

### 3.21.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Aufgrund der Überdeckung durch zahlreiche Grundwasserstauer wird im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Jülich und des Forschungszentrums Jülich keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

## 3.22 Forschungszentrum Jülich GmbH

Das Forschungszentrum Jülich ist zwar kein Unternehmen der Öffentlichen Wasserversorgung, betreibt aber eigene Brunnen, die u. a. der Trink- und Sozialwasserversorgung der Angestellten dienen und verfügt über ein Wasserrecht in Höhe von 1,200 Mio. m<sup>3</sup>/a, von denen bis zu 0,400 Mio. m<sup>3</sup>/a Wasser aus dem obersten Grundwasserleiter entnommen werden. Die übrige Menge wird aus dem Horizont 8 gewonnen. Durchschnittlich werden etwa 350.000 m<sup>3</sup>/a für Trinkwasserversorgungszwecke einschließlich Sozialwasser gewonnen und bereitgestellt, was bis zu 50 % der Gesamtfördermenge entspricht. Außerdem beteiligt sich die Forschungszentrum Jülich GmbH an der Kooperation zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Flachbrunnen (Kapitel 3.22.1.5), so dass zahlreiche Parallelen zu einem Wasserversorgungsunternehmen bestehen. Daher, werden die Gewinnungsanlagen im vorliegenden Bericht auch hinsichtlich des Nitratabbaus betrachtet.

### 3.22.1 Brunnen der Forschungszentrum Jülich GmbH

Die Forschungszentrum Jülich GmbH betreibt jeweils zwei Flachbrunnen, die in der quartären Terrasse als oberstem Grundwasserstockwerk verfiltert sind und zwei Tiefbrunnen, die den Horizont 8 als fünftes lokales Grundwasserstockwerk erschließen.

Das Einzugsgebiet der Tiefbrunnen wird gemeinsam mit dem ebenfalls in der Hauptkies-Serie verfilterten Brunnen der Stadtwerke Jülich betrachtet (Kapitel 3.21.1 und 3.21.1.4). Am südwestlichen Rand des Einzugsgebietes der Tiefbrunnen streichen die stockwerksbildenden Tonhorizonte 13 (Tegelen-Ton), 11 (Reuver-Ton), 9C (Oberer Rotton) und 9A (Unterer Rotton) aus, wobei der Untere Rotton nahezu im gesamten Einzugsgebiet verbreitet ist. Eine Anbindung des Horizonts 8 an das oberste Grundwasserstockwerk ist somit nicht gegeben.

#### 3.22.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Flachbrunnen weist Nitratwerte zwischen 63 mg/l und 80 mg/l auf (Abbildung 97). Die Rohwässer der Tiefbrunnen sind nitratfrei bis nitratarm mit Maximalwerten von 3 mg/l Nitrat.

#### 3.22.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Flachbrunnen der Forschungszentrum Jülich GmbH stehen aktuelle Grundwasseranalysen aus fünf Messstellen zur Verfügung. Die Nitratwerte schwanken zwischen 47 mg/l und 62 mg/l bei einem Mittelwert von 54 mg/l.

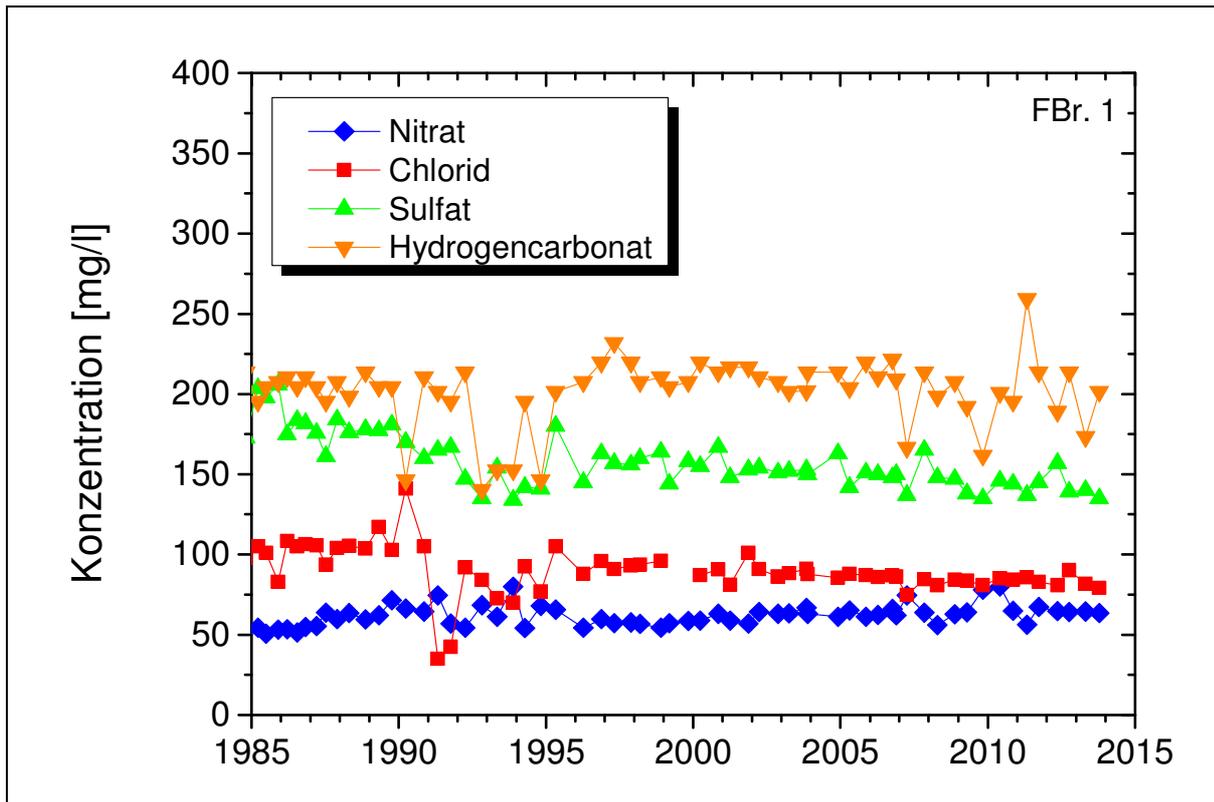


Abbildung 97: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Flachbrunnen 1 des Forschungszentrums Jülich.

Im 79 km<sup>2</sup> großen gemeinsamen Einzugsgebiet der Tiefbrunnen des Forschungszentrums Jülich und der Wassergewinnungsanlage Jülich existieren insgesamt 12 im Förderhorizont 8 verfilterte Grundwassermessstellen. Allerdings liegen nur für fünf Messstellen aktuelle hydrochemische Befunde vor, die alle ein nitratfreies Grundwasser zeigen. Auch in den hangenden Horizonten 9B und 10 wird kein Nitrat im Grundwasser nachgewiesen.

Im Horizont 12 ist das Grundwasser nitratfrei bis nitratarm und im obersten Grundwasserstockwerk schwanken die Nitratwerte zwischen Null und etwa 110 mg/l mit punktuellen Anstiegen auf über 200 mg/l.

### 3.22.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Flachbrunnen des Forschungszentrums Jülich ist nahezu ausschließlich landwirtschaftlich geprägt. Für die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers geben Wendland et al. (2010) auf der Grundlage von Modellrechnungen überwiegend Werte zwischen 50 und 75 mg/l an. Im Verbreitungsgebiet von Pseudogleyen, die an mehreren Standorten innerhalb des Einzugsgebietes auftreten, wird von Sickerwasserkonzentrationen zwischen 10 und 25 mg/l bzw. 25 bis 50 mg/l ausgegangen, weil hier ein erhöhtes Nitratabbauvermögen in der ungesättigten Zone unterstellt wird. Detailauswertungen zeigen allerdings, dass dieses Denitrifikationspotenzial überschätzt wird. Die belegen auch die Nitratwerte im Grund- und Rohwasser, die fast ausnahmslos mehr als 50 mg/l Nitrat betragen.

Das gemeinsame Einzugsgebiet der Tiefbrunnen des Forschungszentrums Jülich und des Brunnens der Wassergewinnungsanlage Jülich ist hinsichtlich der Nitratkonzentrationen des Sickerwassers, die vom Forschungszentrum Jülich anhand von Modellrechnungen ermittelt wurden (Wendland et al. 2010), als heterogen einzustufen. Unter den landwirtschaftlichen Nutzflächen, die etwa drei Viertel der Einzugsgebietsfläche bedecken, betragen die Nitratwerte des Sickerwassers 50 bis 75 mg/l bzw. 75 bis 100 mg/l. Im Bereich der Ruraue und lokal auch in der Aue des Ellebachs findet in der ungesättigten Zone im Verbreitungsgebiet von staunässebeeinflussten Böden wie Gleyen ein Nitratabbau statt (Kapitel 2.4), so dass trotz landwirtschaftlich bedingter Stickstoffüberschüsse keine nennenswerten Nitratreinträge in das Grundwasser erfolgen. Im Bereich der Ortslagen betragen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers 25 bis 50 mg/l. Im Waldgebiet um das Forschungszentrum wird mit < 10 mg/l von geringen Nitratreintragskonzentrationen ausgegangen.

#### 3.22.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasserleiter, bestehend aus kiesigen Terrassensedimenten, findet im Einzugsgebiet der Flachbrunnen der Forschungszentrum Jülich GmbH keine erkennbare Nitratreduktion statt. Die Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers entsprechend weitgehend den Eintragskonzentrationen. Die Zeitreihen der Nitratwerte und anderer Anionen lassen keine hydrogeochemischen Reaktionen erkennen.

Mit Ausnahme von Denitrifikationsreaktionen in der ungesättigten Zone unter staunässebeeinflussten Böden wie Gleyen im Bereich der Ruraue und teilweise auch der Aue des Ellebachs gilt dies auch für das große Einzugsgebiet der Tiefbrunnen des Forschungszentrums Jülich GmbH und der Stadtwerte Jülich GmbH.

Die Angaben zu den tieferen Grundwasserleitern entsprechen den in Kapitel 3.21.1.4 formulierten Erkenntnissen und werden inhaltsgleich übernommen:

Im Horizont 12 – dem Grundwasserleiter zwischen Tegelen- und Reuver-Serie – und im Horizont 10 – Aquifer zwischen Reuver- und Rotton-Serie - sind Nitratabbauvorgänge sicher nachweisbar. Die Anionen Chlorid und Sulfat zeigen anthropogene Einflüsse an, die angesichts der landwirtschaftlichen Flächennutzung auch immer mit Nitratreinträgen verbunden sind, welche im Horizont 12 jedoch nicht oder nur in geringen Konzentrationen analysiert werden und im Horizont 10 gänzlich fehlen. Aufgrund steigender Sulfatkonzentrationen und einer Zunahme des molaren Verhältnisses der Sulfat- zu den Chloridwerten als Hinweis auf eine Sulfatfreisetzung in beiden Grundwasserleitern kann jeweils auf eine chemolithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2), d. h. einen Nitratabbau durch Oxidation sulfidischer Eisenmineralphasen geschlossen werden (ohne Abbildung).

Der Horizont 9B ist nahezu frei von anthropogenen Einflüssen. Die wenigen punktuellen Anstiege von Chlorid und Sulfat als Indikatoren menschlichen Einflusses deuten bei fehlenden Nitratwerten darauf hin, dass ein Nitratabbau stattfindet. Da nur wenige aktuelle Grundwasseranalysen vorliegen, sind keine verlässlichen Angaben zu Abbauprozessen möglich.

Im Förderhorizont 8 ist in Proben aus 11 von 12 Grundwassermessstellen kein anthropogener Einfluss erkennbar. Aufgrund der großen bergbaubedingten Grundwasserabsenkungen von bis zu 80 m und der damit verbundenen hohen Leakageraten, kann punktuell ein Zufluss anthropogen beeinflussten Wassers anhand steigender Chlorid- und Sulfatkonzentrationen wie in der Messstelle 967274 nachgewiesen werden (Abbildung 96). Der im Vergleich zum Chlorid überproportionale Anstieg der Sulfatwerte, der mit einem hohen molaren Sulfat-Chlorid-Konzentrationsverhältnis von 0,99 zum Ende der Messreihe verbunden ist, zeigt eine chemo-lithotrophe Denitrifikation an, d. h. einen Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2). Im oberflächennahen Grundwasser beträgt dieses Verhältnis unter landwirtschaftlicher Nutzfläche oft etwa 0,75. Auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation – Nitratreduktion durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1 - ergeben sich keine Hinweise. Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass der beobachtete Anstieg der Sulfatwerte und der daraus gefolgerte Nitratabbau auch in einem der oberen Grundwasserleiter stattgefunden haben kann und die Abbauprodukte dann erst in den Horizont 8 transportiert wurden. Eine Abbaukapazität für den Förderhorizont kann daher nicht sicher belegt werden, ist aber aufgrund nachgewiesener Sulfid-Schwefelgehalte im nahegelegenen Tagebau Inden von 0,09 Gew.% in den Sedimenten der Hauptkies-Serie (Lenk 2008) mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

#### 3.22.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die Forschungszentrum Jülich GmbH, die Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH und die Leitungspartner GmbH arbeiten im Rahmen einer wasserwirtschaftlich-landwirtschaftlichen Kooperation seit 1994 gemeinsam u. a. an einer Verringerung der Nitratreinträge in das Grundwasser der Einzugsgebiete – erweitert um einige randlich angrenzende Gebiete - der im obersten Grundwasserstockwerk verfilterten Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Hambach, Ellen und des Forschungszentrums.

Aufgrund der Überdeckung durch zahlreiche Grundwasserstauer wird im Einzugsgebiet der Tiefbrunnen der Wassergewinnungsanlage Jülich und des Forschungszentrums Jülich keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

### 3.23 Stadtwerke Aachen AG

Die Stadtwerke Aachen AG (STAWAG) betreiben innerhalb des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands die Wassergewinnungsanlage Reichswald mit einem Wasserrecht in Höhe von 1,300 Mio. m<sup>3</sup>/a.

#### 3.23.1 Wassergewinnungsanlage Reichswald

Die Wassergewinnungsanlage Reichswald gewinnt sein Rohwasser mittels eines Horizontalfilterbrunnens, der im Stolberger Graben in den tertiären Mittel- bis Feinsanden der Grabenfüllung verfiltert ist. Ein durchgängiger Grundwasserstockwerksbau existiert innerhalb der Grabenfüllung nicht, aber oberflächennah ausgebildete Schluffe mindern den anthropogen bedingten Stoffeintrag von der Geländeoberfläche und wirken lokal stockwerksbildend. Formal wird der Förderhorizont trotzdem dem obersten Grundwasserstockwerk zugeordnet.

### 3.23.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Horizontalfilterbrunnens ist nitratfrei, wie die Darstellung der zeitlichen Entwicklung der wichtigsten Anionen zeigt (Abbildung 98).

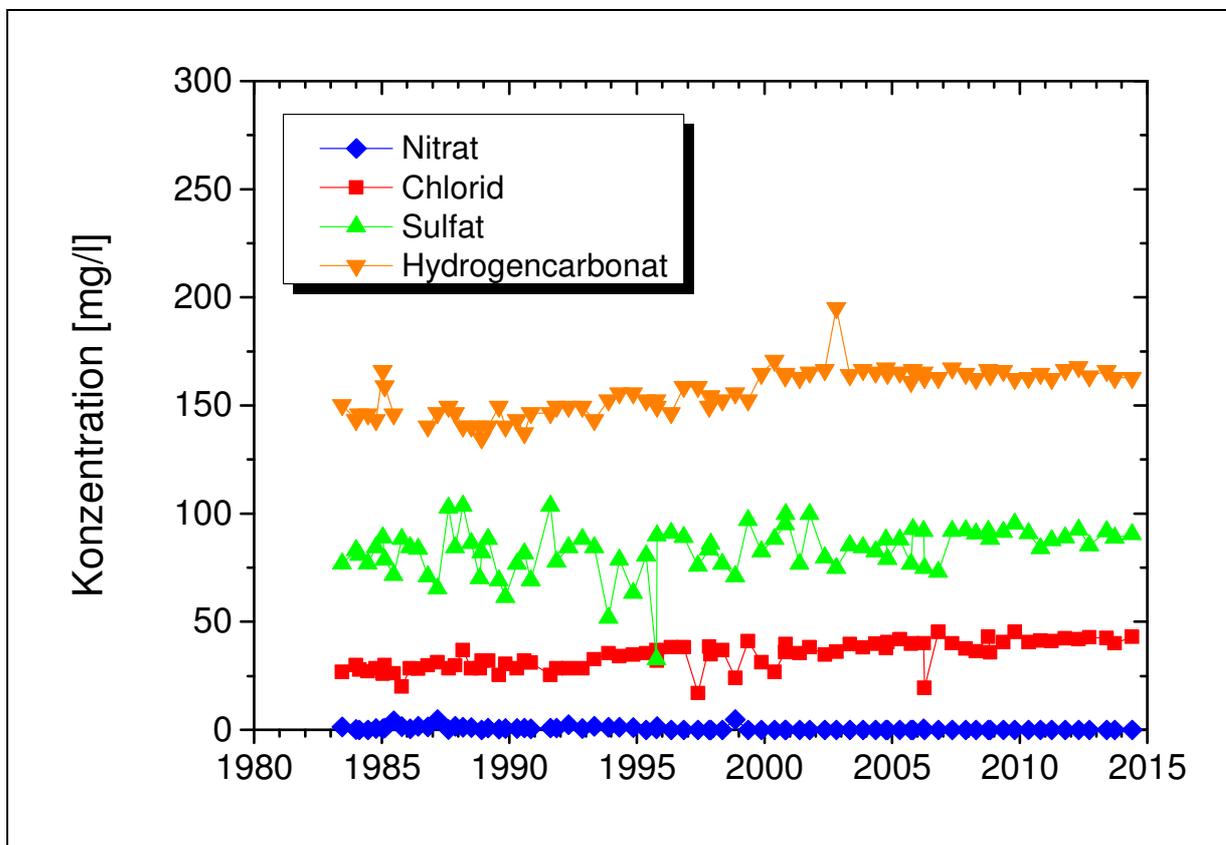


Abbildung 98: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Horizontalfilterbrunnen der Wassergewinnungsanlage Reichswald.

### 3.23.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet liegen für die Proben aus vier im Förderhorizont verfilterten Grundwassermessstellen Analysen vor, die jedoch alle älter als 10 Jahre sind. In drei Messstellen ist das Grundwasser nitratfrei. In einer Messstelle wurden mit etwa 100 mg/l Nitrat im Jahr 1996 erhöhte Werte bestimmt.

### 3.23.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet ist hinsichtlich der Flächennutzung zweigeteilt mit einem Waldgebiet im südöstlichen Teil, das etwa ein Viertel der Einzugsgebietsfläche bedeckt bei ansonsten landwirtschaftlicher Nutzfläche. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Grundlage von Modellrechnungen für die landwirtschaftlichen Flächen auf den weit verbreiteten Parabraunerden Nitratkonzentrationen des Sickerwassers mit über 100 mg/l an, lokal auch 75 bis 100 mg/l (Wendland et al. 2010). Im Waldgebiet und bei der Verbreitung staunässebeeinflusster Böden – die Gleyböden liegen überwiegend im Waldgebiet vor – werden niedrige Ni-

tratwerte unter 10 mg/l angegeben, was sowohl mit den geringen Stickstoffeinträgen als auch dem Nitratabbau in der ungesättigten Zone zu erklären ist (Kapitel 2.4).

#### 3.23.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Dass im Grundwasserleiter ein Nitratabbau stattfindet, ist anhand der Rohwasserdaten eindeutig zu belegen. Chlorid- und Sulfatwerte, die den natürlichen Hintergrund dieser Parameter von jeweils etwa 10 mg/l deutlich übersteigen, zeigen verlässlich einen anthropogenen Einfluss an. Bei einer überwiegend landwirtschaftlichen Nutzung und prognostizierten hohen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers, müsste ohne Denitrifikationsreaktionen zwingend Nitrat im Rohwasser vorhanden sein. Messbare Nitratkonzentrationen zeigen sich jedoch nur im Norden des Schutzgebietes und nicht im Rohwasser, was einen Abbau belegt.

Verlässliche Aussagen über den Abbauprozess können anhand der vorliegenden Daten nicht getroffen werden. Die Nitratreduktion durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) führt zur Freisetzung gelösten anorganischen Kohlenstoffs und äußert sich dann meist in steigenden Hydrogencarbonatwerten. Bei einer chemo-lithotropen Denitrifikation, also einen Nitratabbau durch Sulfidminerale, entsteht Sulfat und führt zu entsprechenden Konzentrationserhöhungen (Kapitel 2.3.2). Die leichten Anstiege sowohl der Hydrogencarbonat- als auch des Sulfatwerte könnten mit entsprechenden Abbaureaktionen zusammenhängen. Es ist auch plausibel, dass beide Reaktionen in einem Grundwasserleiter ablaufen, insbesondere wenn dieser aufgrund der bekannten Braunkohleneinschaltungen als organikreich einzustufen ist und Grundwasserleiter mit ähnlicher Genese oft hohe Pyritgehalte aufweisen. Konkrete Belege für einen der beiden Abbauewege liegen jedoch nicht vor.

#### 3.23.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet des Brunnens der Wassergewinnungsanlage Reichswald wurde 1995 eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation gegründet, um u. a. die hohen Nitrateinträge in das Grundwasser zu vermindern.

### **3.24 enwor – energie & wasser vor ort GmbH**

Die energie & wasser vor ort GmbH (enwor) betreiben u. a. die Wassergewinnungsanlage Eschweiler - Hastenrather Graben mit einem Wasserrecht in Höhe von 1,000 Mio. m<sup>3</sup>/a. Von den vier Brunnen der Wassergewinnungsanlage liegt einer im Tätigkeitsbereich des Erftverbands.

#### **3.24.1 Wassergewinnungsanlage Eschweiler – Hastenrather Graben**

Die Wassergewinnungsanlage Hastenrather Graben fördert Rohwasser aus den karbonischen Festgesteinsschichten, die am Standort des Brunnens 5 von tertiären Lockergesteinen der Kölner Schichten (Horizont 05 nach Schneider & Thiele 1965) überlagert werden. Aufgrund von Einschaltungen feinkörniger Horizonte sowohl im Festgestein als auch im Tertiär wird der Förderhorizont dem zweiten lokalen Grundwasserstockwerk zugeordnet.

### 3.24.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen ist nitratfrei, exemplarisch dargestellt anhand der Konzentrationsentwicklung der Anionen im Brunnen 5 (Abbildung 99).

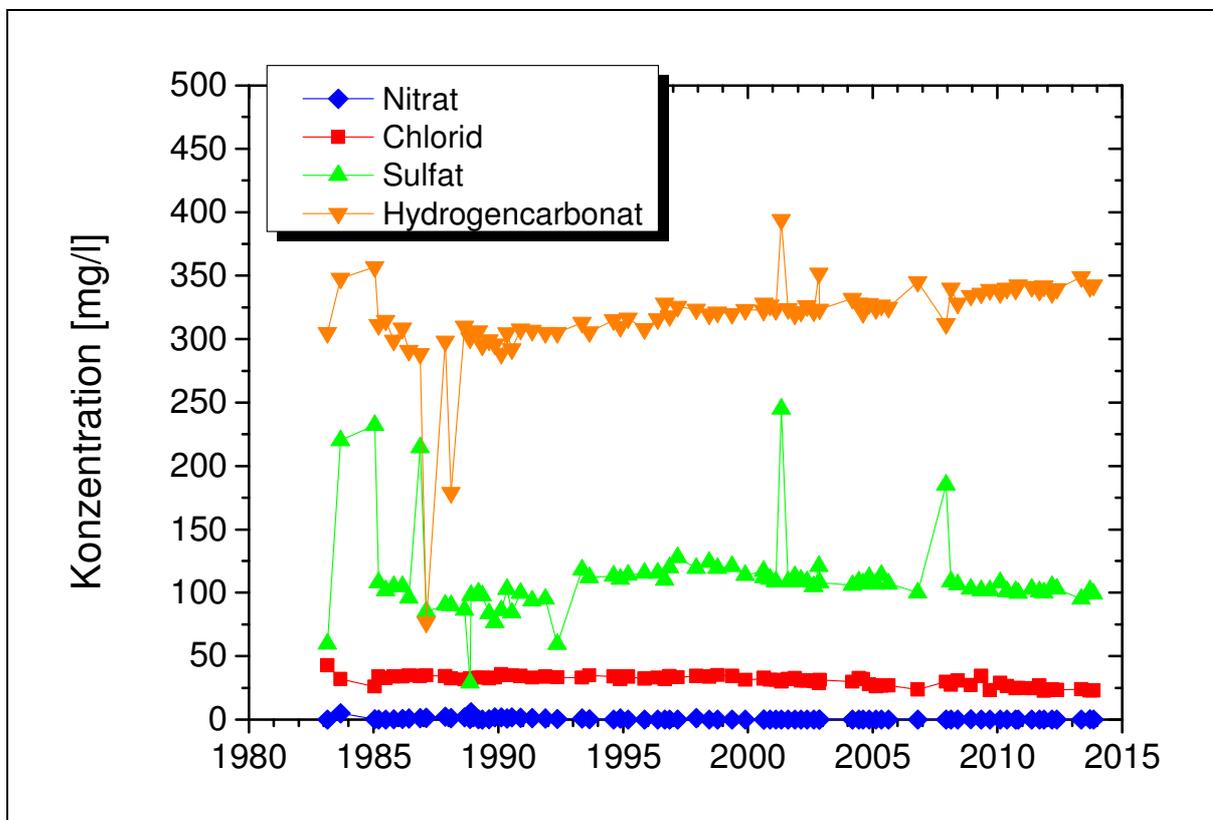


Abbildung 99: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 5 der Wassergewinnungsanlage Hastenrather Graben.

### 3.24.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die nachfolgende Interpretation bezieht sich auf Grundwasseranalysen von Messstellen im gesamten Einzugsgebiet aller Brunnen der Wassergewinnungsanlage, nicht nur des Brunnen 5. Diese liegen ausschließlich außerhalb des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands.

Aktuelle Grundwasseranalysen aus dem karbonischen Aquifer beschränken sich auf fünf Messstellen. Die Proben aus vier dieser Messstellen mit Filtertiefen von mindestens 30 Metern sind nitratfrei. Eine flache Messstelle zeigt erhöhte Nitratwerte bis zu 100 mg/l.

Im Bereich der Tertiärverbreitung hängt die Grundwasserbeschaffenheit stark von der Filtertiefe ab. In insgesamt fünf Grundwassermessstellen mit aktuellen Analysen treten nitratfreie Proben in tieferen Messstellen ebenso auf, wie erhöhte Nitratwerte in flachen Messstellen. Als Maximalwerte werden Nitratkonzentrationen zwischen 40 und 80 mg/l gemessen.

### 3.24.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Mit Ausnahme kleinerer Siedlungs- und Waldgebiete ist das Einzugsgebiet überwiegend landwirtschaftlich geprägt. Basierend auf Modellrechnungen geht das Forschungszentrum Jülich von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 100 mg/l aus (Wendland et al. 2010).

### 3.24.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Die Rohwasseranalysen lassen eindeutig eine anthropogene Beeinflussung erkennen. Während anthropogen unbeeinflusste Proben Chlorid- und Sulfatwerte um jeweils etwa 10 mg/l aufweisen, belegen die erhöhten Konzentrationen um 35 mg/l Chlorid und 100 mg/l Sulfat einen anthropogen bedingten Stoffeintrag (Abbildung 99). Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen sind solche Konzentrationsniveaus zwingend mit dem Eintrag von Nitrat in das Grundwasser verbunden, weil die genannten Substanzen meist in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. In diesem Zusammenhang lassen die Analysen aus flachen Grundwassermessstellen (Kapitel 3.24.1.2) und die Modellrechnungen des Forschungszentrums Jülich (Kapitel 3.24.1.3) ein Niveau von maximal 100 mg/l Nitrat erkennen. Die Tatsache, dass das Rohwasser und die Proben aus zahlreichen Grundwassermessstellen nitratfrei sind, belegt eindeutig eine Nitratreduktion innerhalb des Grundwassers, was sowohl für den tertiären Grundwasserleiter – soweit vorhanden – als auch den karbonischen Aquifer zutrifft.

Anhand der Grund- und Rohwasseranalysen lässt sich allerdings nicht belegen, ob eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch organisches Material, Kapitel 2.3.1) oder eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) stattfindet oder sogar beide Reaktionen ablaufen.

### 3.24.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Hastenrather Graben wird seit 1994 eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben, deren Ziel im Wesentlichen in der Verringerung der Stickstoffeinträge besteht.

## 3.25 Leitungspartner GmbH

Die Leitungspartner GmbH betreibt als Tochterunternehmen der Stadtwerke Düren GmbH im Tätigkeitsbereich des Erftverbands die Wassergewinnungsanlagen Ellen in Niederzier und Dr. Overhues-Allee in Düren, deren Wasserrechte sich auf 2,700 Mio. m<sup>3</sup>/a summieren:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen:

- Ellen 1,200 Mio. m<sup>3</sup>/a
- Dr. Overhues-Allee 1,500 Mio. m<sup>3</sup>/a

### 3.25.1 Wassergewinnungsanlage Ellen

Die Wassergewinnungsanlage Ellen verfügt über drei Vertikalfilterbrunnen, die die Hauptterrasse (Horizont 14/16) und somit das oberste Grundwasserstockwerk erschließen.

#### 3.25.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen weist Nitratkonzentrationen zwischen 53 und 61 mg/l auf, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 1 (Abbildung 100).

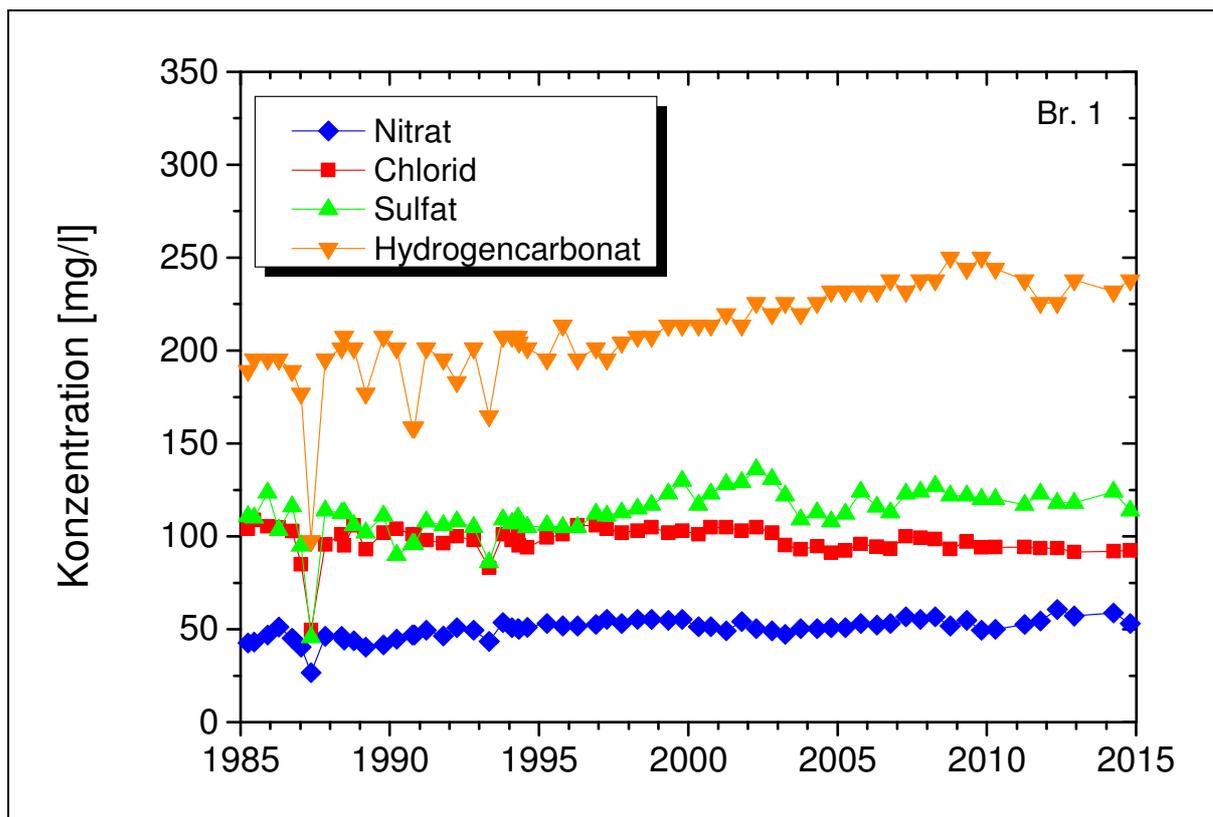


Abbildung 100: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Ellen.

#### 3.25.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen liegen für sieben im Förderhorizont verfilterte Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vor. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen 52 und 76 mg/l bei einem Mittelwert von 61 mg/l.

#### 3.25.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet ist zu annähernd 90 % landwirtschaftlich geprägt. Lediglich die Ortslagen von Merzenich und Binsfeld bilden Ausnahmen. Auf der Grundlage von Berechnungen mit einem Modellverbundsystem gibt das Forschungszentrum Jülich für weite Bereiche des Einzugsgebietes geringe Nitratwerte unter 10 mg/l an (Wendland et al. 2010), was mit der Ver-

breitung von Gleyen und Pseudogleyen zusammenhängt, denen modellseitig ein erhöhtes Nitratbaupotenzial in der ungesättigten Zone unterstellt wird. Vergleiche mit Messwerten zeigen jedoch, dass dieses Abbaupotenzial insbesondere im Verbreitungsgebiet der Pseudogleye überschätzt wird, so dass die Nitratwerte flächendeckend über 50 mg/l liegen (Kapitel 3.25.1.2). Die anhand der Modellrechnungen nur lokal ausgewiesenen Gebiete mit Nitrateintragskonzentrationen von 50 bis 75 mg/l sind im landwirtschaftlich geprägten Bereich flächendeckend anzusetzen

#### 3.25.1.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im Roh- wie im Grundwasser zeigen sich in den letzten Jahrzehnten in nahezu allen Ganglien leichte Konzentrationsanstiege des Nitrats, ohne dass Hinweise auf Nitratbaureaktionen bestehen. Die im Grund- und Rohwasser gemessenen Konzentrationen sind räumlich einheitlich und entsprechen den Eintragskonzentrationen mit dem Sickerwasser, wobei die Abweichungen zwischen den hierzu durchgeführten Berechnungen des Forschungszentrums Jülich und den Messwerten zu beachten sind (Kapitel 3.25.1.3). Die parallel zu den Nitratwerten meist ebenfalls geringfügig zunehmenden Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sind nicht auf Nitratbauprozesse zurückzuführen, sondern Ausdruck einer steigenden Gesamtmineralisation.

#### 3.25.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Die Leitungspartner GmbH betreibt seit 1994 gemeinsam mit der Forschungszentrum Jülich GmbH und der Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH eine wasserwirtschaftlich-landwirtschaftliche Kooperation, um u. a. die Nitrateinträge in das Grundwasser der Einzugsgebiete der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Ellen, Hambach, und des Forschungszentrums – erweitert um einige randlich angrenzende Gebiete – zu verringern.

### 3.25.2 Wassergewinnungsanlage Dr. Overhues-Allee

In der Wassergewinnungsanlage Dr. Overhues-Allee erfolgt die Entnahme mittels dreier Horizontalfilterbrunnen, die die holozänen Talterrassen (Horizont 19 A nach Schneider & Thiele 1965) und somit das oberste Grundwasserstockwerk erschließen. Bedingt durch die Nähe zur Rur fördern die Brunnen einen Uferfiltratanteil, dessen Größenordnung bei Vollaussnutzung des Wasserrechts auf etwa 50 % geschätzt wird.

#### 3.25.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen enthält aktuell zwischen 10 und 15 mg/l Nitrat. Da sich die drei Horizontalfilterbrunnen erst seit 2013 im Regelbetrieb befinden und daher keine langen Messreihen zur Verfügung stehen, wird für die Darstellung der Rohwasserbeschaffenheit auf den 2011 außer Betrieb genommenen Schachtbrunnen 3 zurückgegriffen und um die Daten des neuen Horizontalfilterbrunnens 3 ergänzt, der sich in 90 Meter Entfernung befindet. Da die neuen Brunnen neben den alten Gewinnungsanlagen errichtet wurden, entsprechen sich die hydrochemischen Daten.

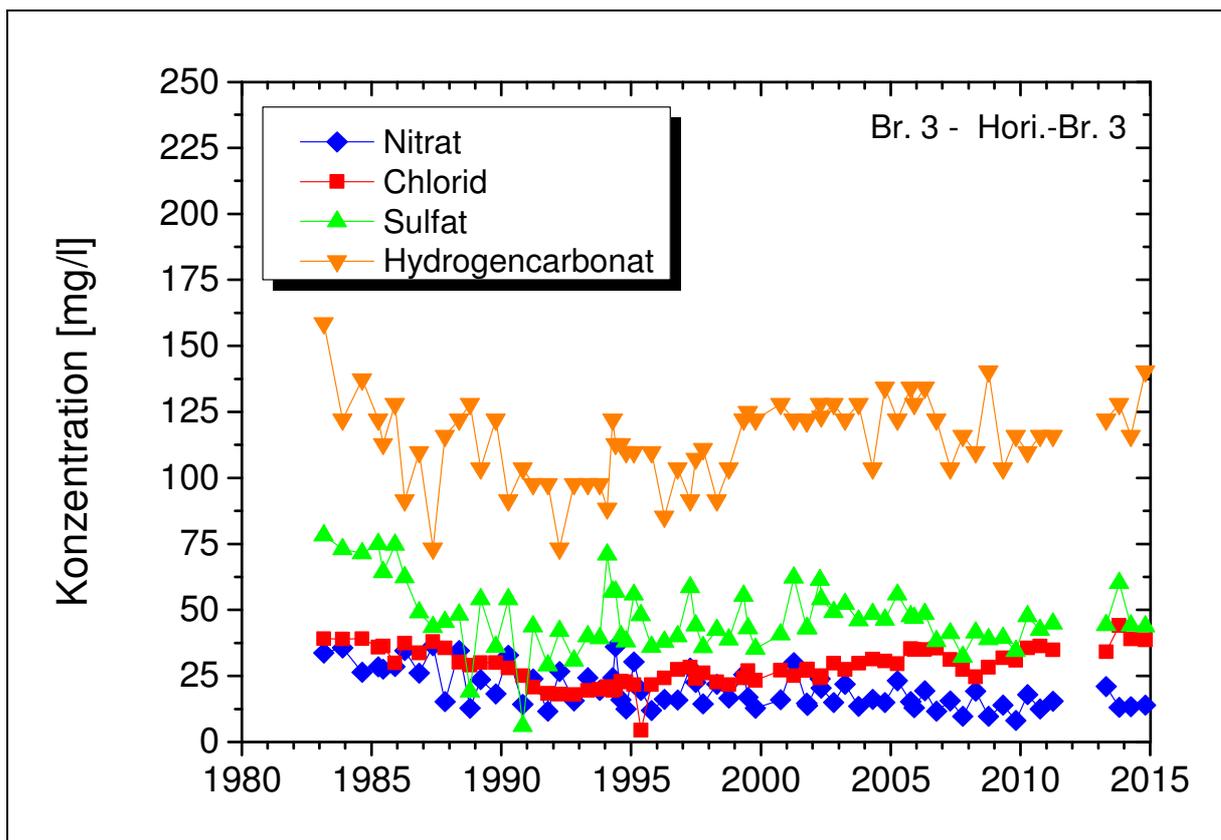


Abbildung 101: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im ehemaligen und aktuellen Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Dr. Overhues-Allee.

### 3.25.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen befinden sich insgesamt 13 Grundwassermessstellen, zu denen hydrochemische Daten vorliegen, wobei diese nur in zwei Fällen jünger als fünf Jahre sind. Die Nitratwerte liegen in Rurnähe meist zwischen 10 und 20 mg/l. In weiterer Entfernung zum Gewässer werden lokal bis zu 60 mg/l Nitrat gemessen. Auf die Angabe eines Mittelwerts wird aufgrund der unterschiedlich alten Befunde verzichtet.

### 3.25.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet ist zu etwa 60 % landwirtschaftlich und zu 40 % städtisch geprägt. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Grundlage von Modellrechnungen für das Sickerwasser unter den Stadtgebieten Nitratkonzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l an (Wendland et al. 2010). Im Bereich der landwirtschaftlichen Flächennutzung liegen die Nitrateintragskonzentrationen demzufolge zwischen 50 und 100 mg/l. Abweichend von der nutzungsbezogenen Abhängigkeit der Sickerwasserbeschaffenheit dominieren im Rurauenbereich die Einflüsse der Böden. Die in Rurnähe verbreiteten Auenböden sind reich an organischer Substanz, die ein hohes Nitratabbauvermögen in der ungesättigten Zone bedingt (Kapitel 2.4), so dass die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers hier unter 10 mg/l liegen.

### 3.25.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Rohwasser sind die Nitratkonzentrationen seit Beginn der Messreihen stabil bzw. sogar leicht gesunken und mit einem Niveau um 20 mg/l als niedrig einzustufen. In Rurnähe ist dies auf den Abbau in der ungesättigten Zone (Kapitel 3.25.2.3) sowie die Verdünnung durch Uferfiltrat zurückzuführen. Mit zunehmender Entfernung zur Rur dünnt das Messnetz stark aus, so dass angesichts nur weniger Daten keine eindeutigen Aussagen zum Nitratabbau im Grundwasserleiter getroffen werden können. Die in einer im landwirtschaftlichen Einflussgebiet gelegenen Messstelle gemessene Nitratkonzentration von 60 mg/l entspricht dem Eintragswert und spricht daher eher gegen eine Denitrifikation.

### 3.25.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Die Leitungspartner GmbH beteiligt sich seit 1994 im Einzugsgebiet der Brunnen an einer landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlichen Kooperation u. a. zur Minderung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser.

## 3.26 Wasserleitungszweckverband der Neffeltalgemeinden

Der Wasserleitungszweckverband (WZV) der Neffeltalgemeinden betreibt die Quellen Embken sowie die Wassergewinnungsanlage LUXheim. Gleichzeitig erfolgt gemeinsam mit dem Wasserleitungszweckverband Gödersheim, dessen Betriebsführung der WZV der Neffeltalgemeinden innehat, der Betrieb des Tiefbrunnens Gödersheim. Durch den WZV Gödersheim wird darüber hinaus Wasser aus den Quellen Gödersheim entnommen. Die vier Gewinnungsstandorte werden gemeinsam betrachtet. Die Wasserrechte von insgesamt 3,005 Mio. m<sup>3</sup>/a verteilen sich wie folgt:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen (WGA) und Quelfassungsanlagen:

- Quellen Embken	Muschelkalk, Quartär	0,700 Mio. m <sup>3</sup> /a
- WGA LUXheim	Horizont 16	0,400 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	0,900 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Tiefbrunnen Gödersheim	Mittlerer Buntsandstein	0,700 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Quellen Gödersheim	Buntsandstein, Muschelkalk, Quartär	0,305 Mio. m <sup>3</sup> /a

### 3.26.1 Quellen Embken

Am Gewinnungsstandort Embken wird Wasser aus sechs Quellen gefasst und für die Wasserversorgung genutzt. Das Wasser steigt an Verwerfungen, die eine stauende Wirkung haben, aus den Schichten des Muschelkalks auf, tritt aus und fließt einem Sammelschacht zu. Die im Vergleich zu Grundwasserproben aus dem Muschelkalkaquifer erhöhten Konzentrationen anthropogen bedingter Stoffeinträge wie Chlorid und Sulfat weisen darauf hin, dass das Quellwasser anteilig einen Zustrom aus den quartären Talterrassen erhält.

### 3.26.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Quellwasser weist Nitratkonzentrationen zwischen 8 und 11 mg/l auf. Der zeitliche Verlauf der Anionenkonzentrationen ist exemplarisch für die Quelle 2 dargestellt (Abbildung 102).

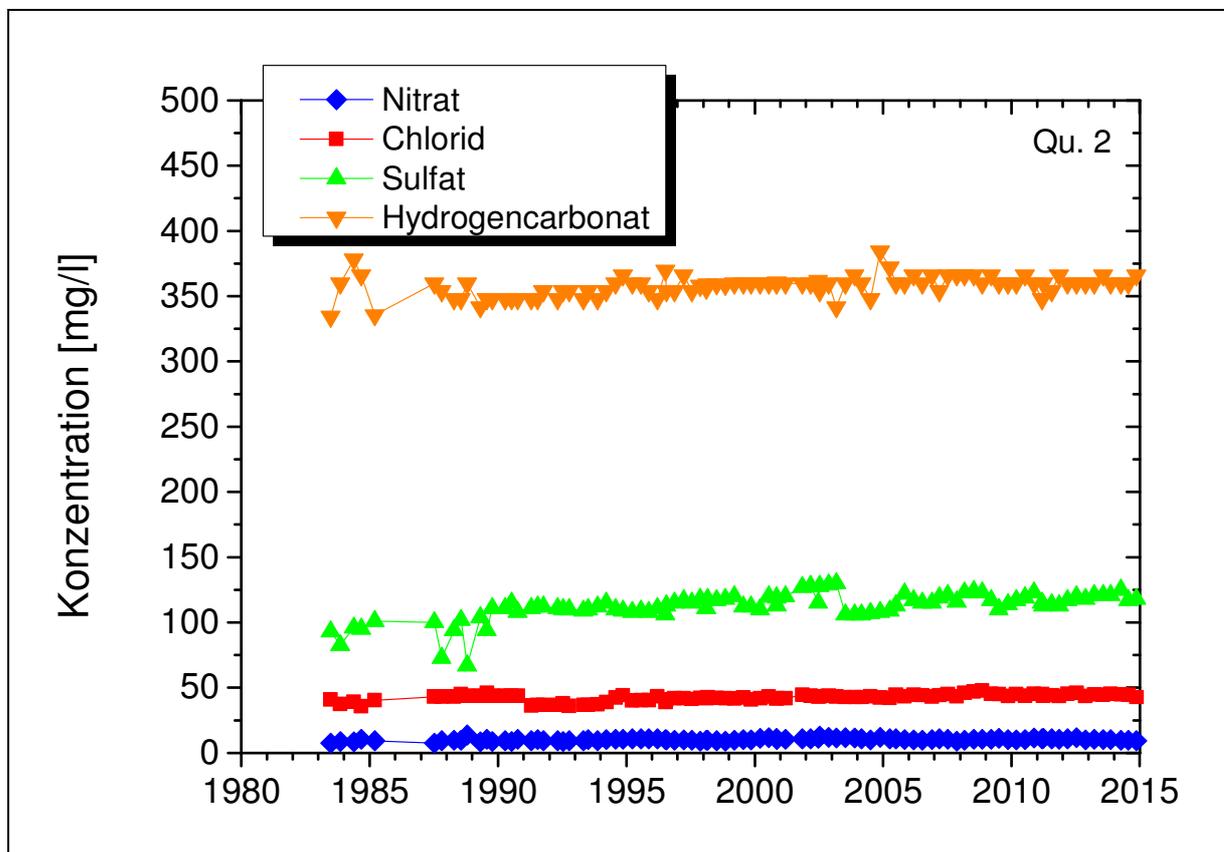


Abbildung 102: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Quelle 2 in Embken.

### 3.26.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im unterirdischen Einzugsgebiet der Quellen Embken befinden sich drei Grundwassermessstellen, zu denen aktuelle Analysen vorliegen. Fünf weitere Messstellen befinden sich wenige Hundert Meter außerhalb des Einzugsgebiets und werden ergänzend in die Auswertung einbezogen. Von den bestehenden Grundwassermessstellen sind nur zwei im Muschelkalk verfiltert. Die übrigen sechs die Messstellen erschließen den Oberen bzw. Mittleren Buntsandstein. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen Null und 86 mg/l. Im Mittel enthält das Grundwasser 33 mg/l Nitrat.

### 3.26.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das unterirdische Einzugsgebiet der Quellen Embken wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Lediglich die Ortslagen von Vlatten, Wollersheim und Embken bilden hiervon Ausnahmen. Das Forschungszentrum Jülich berechnet mittels eines Modellverbundes Nitratkon-

zentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l für das Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Nutzflächen (Wendland et al. 2010). Im Bereich der Ortslagen liegen die Nitratreintragskonzentrationen demnach zwischen 10 und 50 mg/l. Entlang des Vlattener Bachs mit der Verbreitung von Gley- und Auenböden sind die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers mit unter 10 mg/l aufgrund von Nitratabbaureaktionen in der ungesättigten Zone gering.

#### 3.26.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

In weiten Teilen des unterirdischen Einzugsgebietes der Quellen Embken ergeben sich keine Hinweise auf Nitratabbaureaktionen in den Grundwasserleitern. Dies ist teilweise an der Höhe der Nitratkonzentrationen erkennbar, die in einigen Messstellen den Eintragskonzentrationen entsprechen. Geringere Nitratwerte werden oft von ebenfalls geringen Chlorid- und Sulfatkonzentrationen des Grundwassers begleitet. Da Chlorid, Sulfat und Nitrat unter landwirtschaftlichen Nutzflächen oft in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden (Abbildung 10, Abbildung 33), sind die niedrigen Nitratkonzentrationen ein Hinweis darauf, dass der anthropogene Einfluss in den betreffenden Messstellen noch gering ist. Die niedrigen Werte werden überwiegend in tiefen Messstellen angetroffen, was diese Einschätzung untermauert.

In einer im Unteren Muschelkalk verfilterten und in wenigen Hundert Metern Entfernung zu den Quellen gelegenen Grundwassermessstelle ergeben sich Belege für eine Denitrifikation. Bei erhöhten Chloridkonzentrationen um 40 mg/l und Sulfatwerten um 55 mg/l, die einen anthropogenen Einfluss belegen und erhöhte Nitratreinträge zwingend erwarten lassen, ist das Grundwasser nitratfrei. Dieser Befund kann nur auf Nitratabbaureaktionen im Grundwasserleiter zurückgeführt werden. Allerdings ist der Abbauprozess anhand der vorliegenden Daten nicht sicher nachzuweisen. Die im Vergleich zu den Chloridwerten geringen Sulfatkonzentrationen und das geringe molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis sprechen gegen eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, also eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale wie Pyrit (Kapitel 2.3.2). Daher kann eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch organische Substanzen, Kapitel 2.3.1) angenommen werden. Die Hydrogencarbonatreaktionen – bei der Nitratreduktion durch organische Substanz wird anorganischer Kohlenstoff gebildet und ist unter der Voraussetzung stabiler pH-Werte mit zunehmenden Hydrogencarbonatkonzentrationen verbunden – sind jedoch stabil und können auch durch den Kontakt mit den karbonatreichen Kalk- und Mergelgesteinen des Muschelkalks erhöht sein. Insgesamt findet sich kein sicherer Beleg zur Identifikation des Abbauprozesses.

Hinweise auf einen Nitratabbau ergeben sich auch anhand der Quellwasserbeschaffenheit. Hier sind die Nitratwerte mit etwa 10 mg/l (Abbildung 102) geringer als in den meisten Vorfeldmessstellen. Da das Niveau der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen im Quellwasser gleichzeitig höher als in allen Vorfeldmessstellen ist, wären hier ohne Nitratabbaureaktionen auch höhere Nitratwerte zu erwarten. Neben einem Nitratabbau im Muschelkalkaquifer (s. o.) trägt hierzu wahrscheinlich eine Denitrifikation in der Neffelbachaue bei. Im Bereich der Quellen sind staunässebeeinflusste Gleye verbreitet, die für ihr erhöhtes Nitratabbaupotenzial bekannt sind. Da das aus dem Muschelkalk aufsteigende Wasser auf seinem Weg zum Quellaustritt die Auen- bzw. Bachsedimente passiert, kann hier ebenfalls eine Denitrifikation stattfinden (Kapitel 2.4) und zu den niedrigen Nitratwerten des Quellwassers beitragen.

### 3.26.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Wasserleitungszweckverband der Neffeltalgemeinden betreibt seit 1994 für alle Gewinnungsstandorte eine gemeinsame landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, um u. a. die Nitrateinträge in das Grundwasser zu verringern.

## 3.26.2 Wassergewinnungsanlage LUXHEIM

Die Wassergewinnungsanlage LUXHEIM verfügt über fünf in der quartären Hauptterrasse verfilterte Flachbrunnen, von denen zwei für die Trinkwassergewinnung genutzt und drei weitere für landwirtschaftliche Beregnungszwecke vorgehalten werden. Im Horizont 8 (Hauptkies-Serie; (Schneider & Thiele 1965) wird außerdem ein Tiefbrunnen betrieben, der durch einen zweiten, aktuell in der Planungs- bzw. Bauphase befindlichen Brunnen ergänzt werden soll. Die Hauptkies-Serie bildet das lokale vierte Grundwasserstockwerk, wobei der Reuver-Ton (Horizont 11) nur im Bereich der Fassungsanlagen ausgebildet ist und in weiten Teilen des Einzugsgebietes keine hydraulische Wirkung zeigt. Der Obere (Horizont 9C) und Untere Rotton (Horizont 9A) sind hingegen bis auf lokale „Fenster“ am südwestlichen Rand des Einzugsgebietes durchgängig verbreitet und stockwerkstrennend.

### 3.26.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der im oberen Grundwasserstockwerk verfilterten und für die Trinkwasserversorgung genutzten Brunnen weist Nitratkonzentrationen um 65 mg/l auf, wie die Darstellung der Anionenkonzentrationen für den Flachbrunnen 4 zeigt (Abbildung 103). Das Wasser des Tiefbrunnens ist nitratfrei.

### 3.26.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Flachbrunnen befinden sich insgesamt 26 Grundwassermessstellen mit aktuellen Analysen. Die Nitratkonzentrationen schwanken hier zwischen Null und 190 mg/l bei einem Mittelwert von 58 mg/l Nitrat, was den im Rohwasser gemessenen Werten nahe kommt (Kapitel 3.26.2.1). Westlich von Vettweiß-Gladbach treten lokal in mehreren Messstellen niedrige Werte unter 10 mg/l Nitrat und eine insgesamt geringe anthropogene Beeinflussung auf. Die zugehörigen Bohrprofile zeigen alle die Verbreitung eines lokalen Tonhorizonts an der Basis der Terrasse, der offensichtlich eine durchflusshemmende Wirkung besitzt. Die Messstellen sind im Liegenden dieser Tonschicht verfiltert und nur formal dem ersten Grundwasserstockwerk zuzuordnen.

Betrachtet man das größere Einzugsgebiet des Tiefbrunnens, liegen im obersten Grundwasserstockwerk fünf weitere Messstellen mit aktuellen hydrochemischen Daten. Die Nitratwerte betragen hier 55 bis 90 mg/l. Bei gemeinsamer Betrachtung mit den 26 Messstellen innerhalb des Einzugsgebietes der Flachbrunnen ergibt sich ein Mittelwert von 61 mg/l Nitrat.

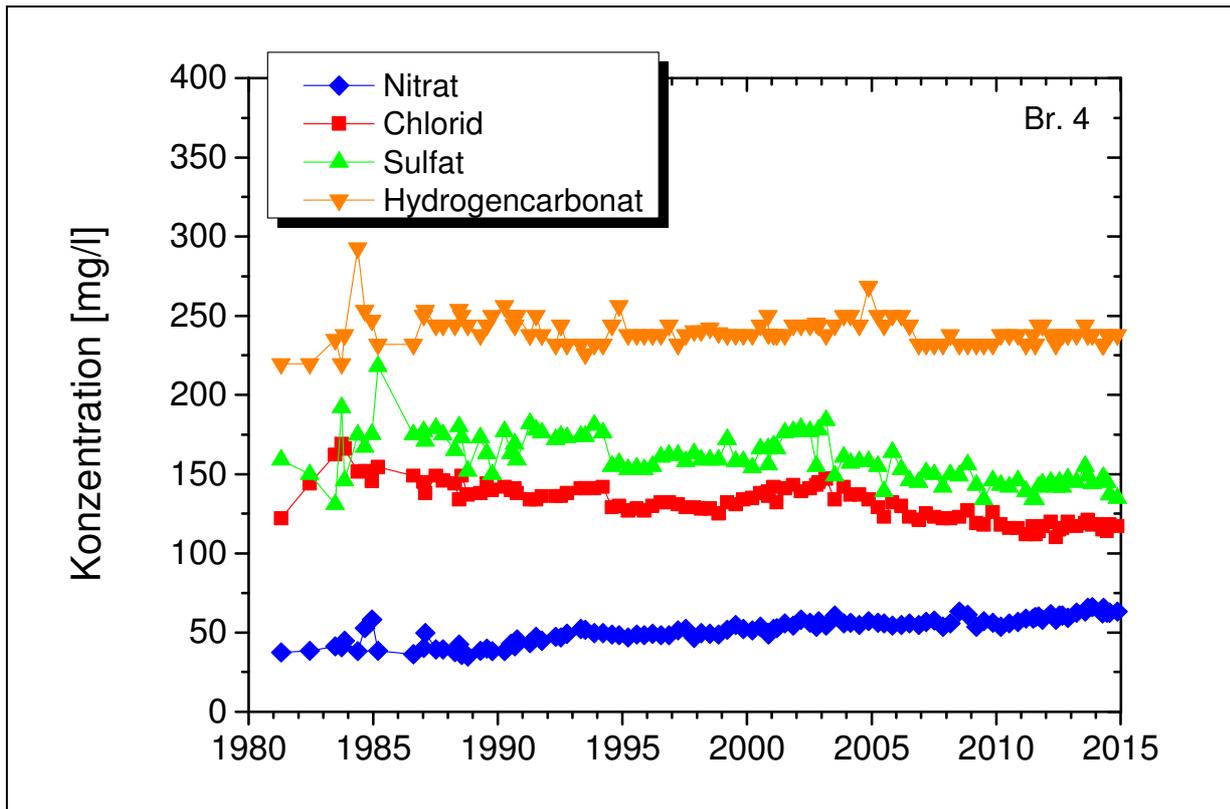


Abbildung 103: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Flachbrunnen 4 der Wassergewinnungsanlage LUXHEIM.

Im Horizont 9B liegen zu sechs Messstellen aktuelle Daten zur Grundwasserbeschaffenheit vor. Während das Grundwasser in weiten Teilen des Tiefbrunneneinzugsgebiets kein Nitrat enthält, treten im Bereich der „Fenster“, d. h. der Verbreitungslücken des Oberen Rottons (Horizont 9C) in zwei Messstellen erhöhte Nitratwerte von jeweils mehr als 80 mg/l auf, die denen des oberflächennahen Grundwassers entsprechen.

Im Förderhorizont 8 ist das Grundwasser ebenfalls überwiegend nitratfrei. Auch hier treten am Südwestrand des Einzugsgebiets aufgrund der Fehlstellen in beiden Horizonten der Rotton-Serie in einer Messstelle mit bis zu 25 mg/l erhöhte Nitratwerte auf. Insgesamt stehen aktuelle Analysen aus sieben Messstellen für eine Dateninterpretation zur Verfügung.

### 3.26.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Flachbrunnen ist mit Ausnahme eines Waldgebietes bei Vettweiß-Soller ausschließlich der landwirtschaftlichen Nutzung zuzuordnen. Anhand von Modellrechnungen gibt das Forschungszentrum Jülich die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers überwiegend mit 50 bis 75 mg/l an (Wendland et al. 2010), was den Befunden im Grundwasser entspricht. Im Verbreitungsgebiet von Pseudogleyen am südlichen Einzugsgebietsrand werden niedrigere Nitratreintragskonzentrationen von 25 bis 50 mg/l prognostiziert. Diese Abschätzung deckt sich nicht mit den Grundwasseranalysen, weil das Nitratabbaupotenzial der Pseudogleye in der ungesättigten Zone offensichtlich modellseitig überschätzt wird.

Auch das Einzugsgebiet des Tiefbrunnens ist landwirtschaftlich dominiert. Lediglich die Ortslage von Vettweiß ist der städtischen Nutzung zuzuordnen. Die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers liegen nach Angaben des Forschungszentrums Jülich mit wenigen Ausnahmen zwischen 50 und 75 mg/l.

#### 3.26.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasserleiter, bestehend aus kiesigen Terrassensedimenten, liegen keine Hinweise auf Nitratabbaureaktionen vor. Die Nitratkonzentrationen des Grundwassers entsprechen den Eintragskonzentrationen des Sickerwassers. Konzentrationsänderungen des Nitrats sind meist mit Änderungen der Anionen Chlorid und Sulfat verbunden, die ebenfalls überwiegend über Düngemittel in das Grundwasser eingetragen werden. Die lokal auftretenden geringen Nitratwerte an der Basis des obersten Grundwasserstockwerks bei Vettweiß-Gladbach (Kapitel 3.26.2.2) sind nicht das Resultat von Denitrifikationsreaktionen, sondern zeigen insgesamt den geringen anthropogenen Einfluss der Wässer im Liegenden eines lokal verbreiteten Tonhorizonts an.

Im Horizont 9B weisen die nitratfreien Wässer auch keine anderen anthropogenen Stoffeinträge auf, so dass anhand dieser Daten nicht auf hydrogeochemische Prozesse geschlossen werden kann. Lediglich in einer Messstelle belegen erhöhte Chlorid- und Sulfatkonzentrationen bei niedrigen Nitratwerten unter drei Milligramm pro Liter eine Nitratreduktion im Grundwasserleiter, ohne dass Angaben zur Art des Abbauprozesses möglich sind. Ob dieser Befund auf den gesamten Grundwasserleiter übertragbar ist, kann aufgrund der geringen Datendichte nicht beurteilt werden. Im Bereich der „Tonfenster“ im Oberen Rotton (Horizont 9C) zeigen die hydrochemischen Daten an, dass keine Denitrifikation stattfindet. Aufgrund der lokalen Begrenzung dieser Kontaktstellen zum oberflächennahen Grundwasser kann diese Einschätzung jedoch nicht verallgemeinert werden.

Im Förderhorizont zeigen die Rohwässer des Tiefbrunnens sowie die Grundwasserproben aus fünf von sieben Messstellen keinen anthropogenen Einfluss und enthalten somit auch kein Nitrat. Nitratreinträge in die Hauptkies-Serie erfolgen im südwestlichen Teil des Einzugsgebiets, wo aufgrund der „Tonfenster“ ein hydraulischer Kontakt zum oberen Grundwasserstockwerk besteht. Hier zeigt sich in einer Messstelle ein Nitratabbau, der an erhöhten Chlorid- und Sulfatwerten bei gleichzeitig fehlender Nitratbelastung erkennbar ist. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen beobachtet man am Niederrhein meist eine deutliche Korrelation der Chlorid-, Sulfat- und Nitratkonzentrationen, so dass erhöhte Chlorid- und Sulfateinträge zwingend auch mit einer Nitratzufuhr verbunden sind. Das Fehlen des Nitrats im Förderhorizont kann somit nur durch eine Nitratreduktion erklärt werden, ohne dass die Daten Hinweise auf die Art des Abbauprozesses zulassen. In einer weiteren Messstelle deuten steigende Nitratwerte an, dass keine Denitrifikation stattfindet. Der Messstellenstandort liegt im Bereich eines „Tonfensters“. Da die Angaben zum Nitratabbau bzw. dem fehlenden Abbaupotenzial jeweils nur auf Daten aus einer Grundwassermessstelle basieren, ist keine Übertragbarkeit auf das weitere Einzugsgebiet möglich.

### 3.26.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Seit 1994 betreibt der Wasserleitungszweckverband der Neffeltalgemeinden gemeinsam für alle Gewinnungsstandorte eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation zur Minderung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser.

### 3.26.3 Tiefbrunnen Gödersheim

Der Tiefbrunnen Gödersheim wird je zur Hälfte vom Wasserleitungszweckverband (WZV) der Neffeltalgemeinden und dem WZV Gödersheim betrieben, dessen Betriebsführung der WZV der Neffeltalgemeinden innehat. Der Brunnen erschließt die Schichten des Mittleren Buntsandsteins, die lokal dem dritten Grundwasserstockwerk zugeordnet werden können. Die geologischen Haupteinheiten des Unteren Muschelkalks (mu) sowie des Oberen (so) und Mittleren Buntsandsteins (sm) weisen unterschiedliche hydraulische Eigenschaften auf und werden jeweils als eigenständiges Grundwasserstockwerk angesehen, auch wenn formal keine grundwassernichtleitenden Schichten durchgängig ausgebildet sind. Die hydraulischen und hydrochemischen Daten bestätigen den Grundwasserstockwerksbau.

#### 3.26.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Tiefbrunnens Gödersheim ist nitratfrei und zeigt keine Anzeichen anthropogenen Einflusses (Abbildung 104).

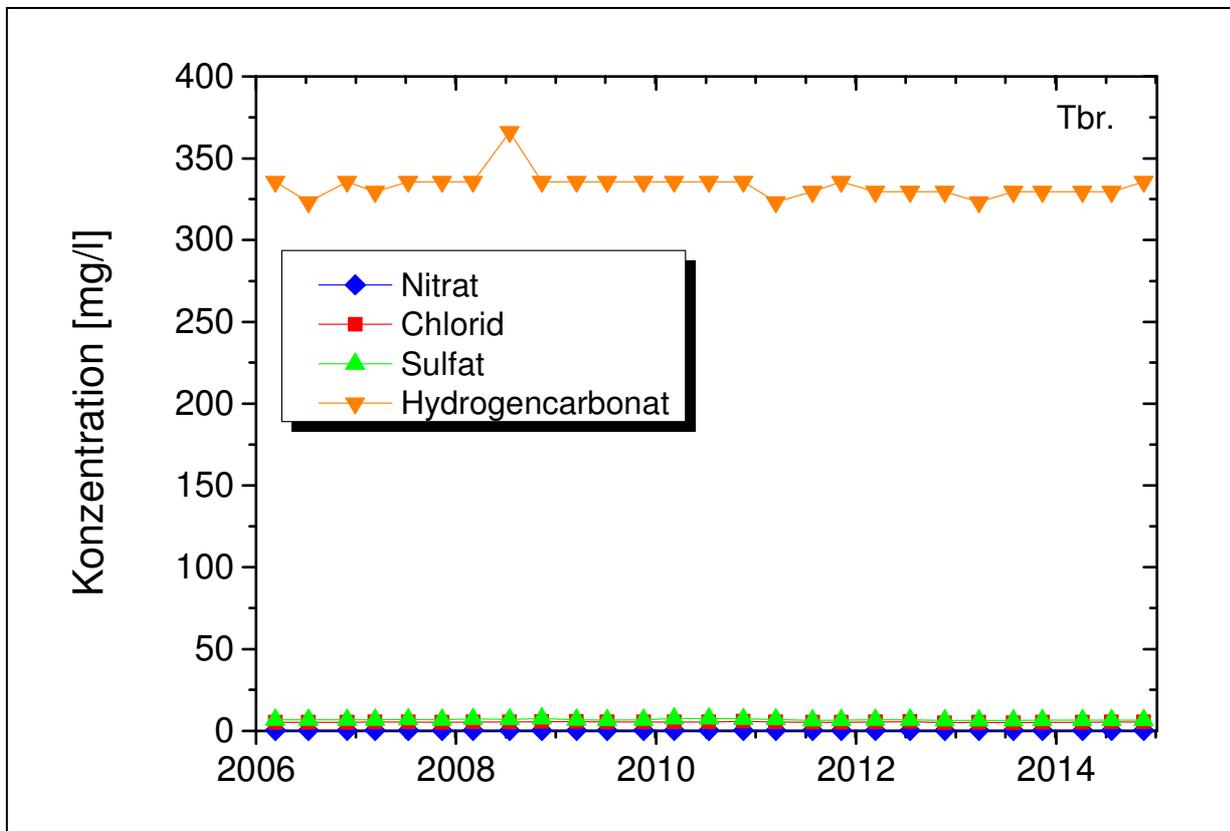


Abbildung 104: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Tiefbrunnen Gödersheim.

### 3.26.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet des Tiefbrunnens befinden sich insgesamt sieben Grundwassermessstellen mit aktuellen Analysen. Die Filterstrecken von vier dieser Messstellen befinden sich im Förderhorizont des Mittleren Buntsandsteins (sm), zwei sind im Oberen Buntsandstein (so) und eine im Unteren Muschelkalk (mu) verfiltert. Darüber hinaus stehen die Analysen der Quelle Gödersheim zur Verfügung (Kapitel 3.26.4.1). Die Nitratkonzentration im Mittleren Buntsandstein betragen Null bis 30 mg/l, im Oberen Buntsandstein 25 bis 60 mg/l und im Unteren Muschelkalk 2 mg/l (eine Messstelle). Die Gödersheimer Quelle schüttet ein Mischwasser aus Buntsandstein, Muschelkalk und Quartär mit Nitratwerten von aktuell 48 mg/l.

### 3.26.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Für das überwiegend landwirtschaftlich genutzte Einzugsgebiet des Tiefbrunnens Gödersheim gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Grundlage von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). In einem Waldgebiet am Südwestrand des Einzugsgebiets sowie im Nahbereich des Neffelbachs liegen die Nitratreintragswerte unter 10 mg/l. Im Wald hängen die niedrigen Konzentrationen mit geringen Stoffeinträgen zusammen, während entlang des Bachlaufs im Verbreitungsgebiet der dortigen Gleyböden ein Nitratabbau Potenzial in der ungesättigten Zone besteht.

### 3.26.3.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Die im Vergleich zu den Sickerwasserwerten geringen Nitratkonzentrationen des Grundwassers sind kein Hinweis auf eine Nitratreduktion. Messstellen mit geringen Nitratkonzentrationen weisen im Einzugsgebiet mit einer Ausnahme auch immer eine geringe Gesamtmineralisation und insbesondere niedrige Chlorid- und Sulfatwerte auf. Daraus kann geschlossen werden, dass in vielen Messstellen nur ein begrenzter anthropogener Einfluss vorliegt und die Stoffeinträge an der Geländeoberfläche durch Mischung mit nitratfreien tieferen Grundwässern verdünnt werden, ohne dass hieran hydrogeochemische Prozesse beteiligt sind.

In den sechs im Oberen (so) oder Mittleren Buntsandstein (sm) verfilterten Messstellen ergeben sich keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse.

Lediglich in einer im Unteren Muschelkalk (mu) verfilterten Messstelle zeigen die niedrigen Nitratkonzentrationen von zwei Milligramm pro Liter bei gleichzeitig erhöhten Chlorid- (42 mg/l) und Sulfatkonzentrationen (85 mg/l), die als Indikatoren anthropogenen Einflusses dienen, eine Denitrifikation an. Ohne entsprechende Nitratabbauvorgänge müssten aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung, bei der Nitrat, Chlorid und Sulfat meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, erhöhte Nitratwerte im Grundwasser auftreten. Hinweise auf die Art des Abbauprozesses ergeben sich nicht.

Das Rohwasser des Tiefbrunnens ist vollständig frei von anthropogenen Einflüssen und liefert daher keine Hinweise auf Abbauprozesse.

### 3.26.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Seit 1994 betreibt der Wasserleitungszweckverband der Neffeltalgemeinden für alle Gewinnungsstandorte eine gemeinsame landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, um u. a. die Nitrateinträge in das Grundwasser zu verringern.

## 3.26.4 Quelle Gödersheim / In den Bruchbenden

Das Wasser der Quelle Gödersheim wird anteilig – durchschnittlich zu etwa einem Drittel – für Trinkwassergewinnungszwecke genutzt und das übrige Wasser in den Neffelbach abgeschlagen. Bei der Quelle handelt es sich um eine Verwerfungsquelle, d. h. das Wasser steigt an Verwerfungen, die eine stauende Wirkung haben, aus den Schichten des Buntsandsteins auf und mischt sich anschließend mit Wässern aus dem Muschelkalk und dem Quartär, bevor es austritt.

### 3.26.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Quellwasser weist Nitratkonzentrationen zwischen 45 und 50 mg/l auf, wie die gemeinsame Darstellung mit den anderen Anionen in Abbildung 105 zeigt.

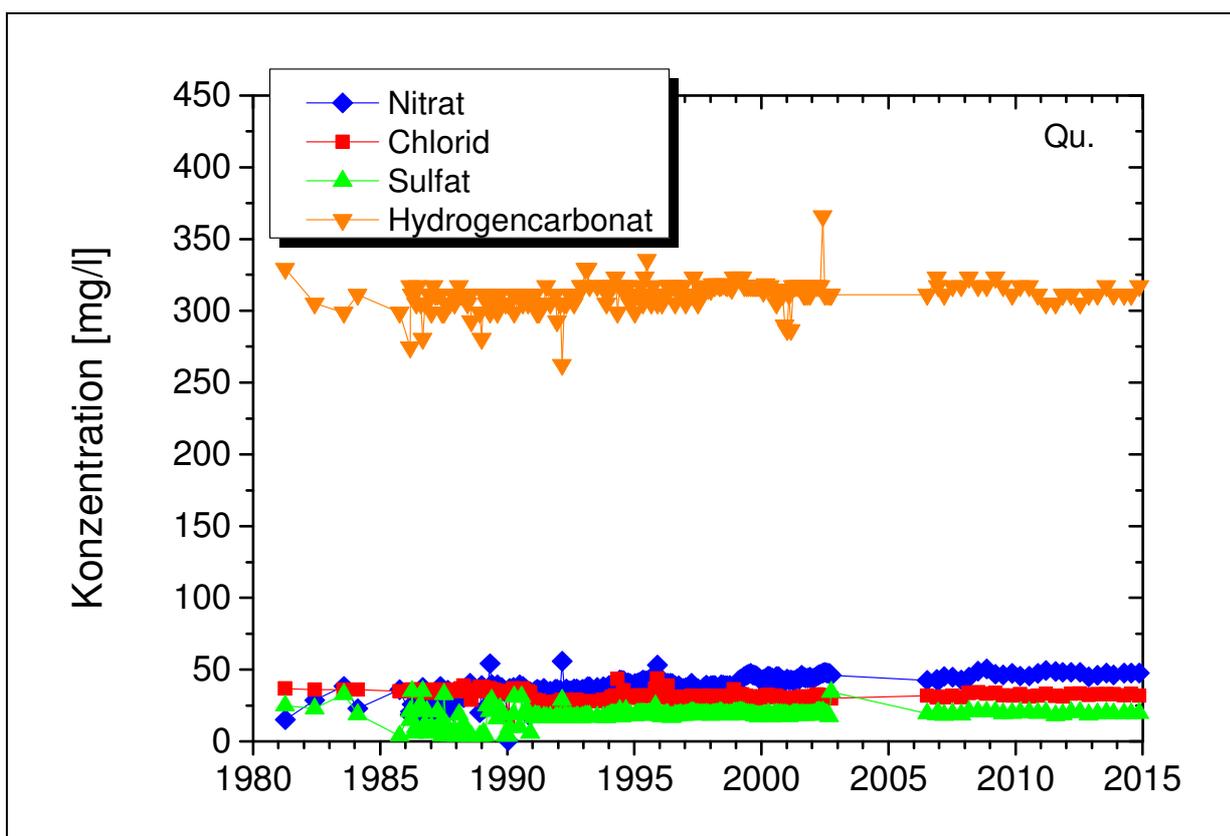


Abbildung 105: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Quelle Gödersheim / In den Bruchbenden.

#### 3.26.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des unterirdischen Einzugsgebiets der Quelle Gödersheim stehen aktuelle Grundwasseranalysen von Proben aus drei Messstellen für eine Auswertung zur Verfügung, die um zwei nur wenige Hundert Meter außerhalb des Einzugsgebiets gelegene Messstellen ergänzt werden. Die drei im Mittleren Buntsandstein (sm) verfilterten Messstellen weisen Nitratkonzentrationen zwischen 11 und 30 mg/l auf, während im Oberen Buntsandstein (so) Nitratwerte zwischen 35 und 60 mg/l vorliegen. Messstellen, die den Unteren Muschelkalk (mu) oder die quartären Talfüllungen erschließen, fehlen.

#### 3.26.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das unterirdische Einzugsgebiet der Gödersheimer Quelle wird zu einem Anteil von drei Vierteln landwirtschaftlich genutzt. Am westlichen Rand liegt sich ein Waldgebiet, dessen Flächenanteil etwa 25 % beträgt. Das Forschungszentrum Jülich gibt basierend auf Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 50 bis 75 mg/l für das Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Nutzflächen an (Wendland et al. 2010). Im Waldbereich sowie entlang des Neffelbachs mit den dort ausgebildeten staunässebeeinflussten Böden sind die Nitratreintragskonzentrationen mit Werten unter 10 mg/l gering.

#### 3.26.4.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbaureaktionen

Weder im Mittleren (sm) noch im Oberen Buntsandstein (so) ergeben sich Hinweise auf Nitrat-abbaureaktionen. Die im Vergleich zu den Sickerwasserkonzentrationen teilweise geringeren Nitratwerte sind dadurch zu erklären, dass sich der anthropogene Einfluss noch nicht vollständig bis in die Tiefen ausgebreitet hat, in denen sich die Messstellenfilter befinden. Die niedrigen Werte kommen durch Mischung mit älteren nitratfreien Grundwässern zustande und sind nicht das Ergebnis von Denitrifikationsreaktionen. Das Quellwasser zeigt ebenfalls keine Einflüsse durch Nitratreduktionsreaktionen und weist Nitratwerte auf, die den mittleren Eintragskonzentrationen in das Grundwasser entsprechen.

Anhand der Verbreitung von Gleyböden im Bereich der Neffelbachaue kann hier auf ein lokales Nitrat-abbau-potenzial in der ungesättigten Zone geschlossen werden (Kapitel 2.4). Dabei handelt es sich jedoch um ein räumlich begrenztes Gebiet ohne erkennbaren Einfluss auf die Beschaffenheit des Quellwassers.

#### 3.26.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Seit 1994 betreibt der Wasserleitungszweckverband der Neffeltalgemeinden gemeinsam für alle Gewinnungsstandorte eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, um die Nitratreinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.27 Gemeindewerke Alfter

Im Auftrag der Gemeinde Alfter betreibt die Regionalgas Euskirchen GmbH die Wassergewinnungsanlage Heidgen mit einem Wasserrecht von 0,561 Mio. m<sup>3</sup>/a.

#### 3.27.1 Wassergewinnungsanlage Heidgen

Die Wassergewinnungsanlage Heidgen verfügt über zwei Vertikalfilterbrunnen, die in der Hauptkies-Serie (Horizont 8 nach Schneider & Thiele 1965) verfiltert sind und aufgrund des Fehlens bzw. einer lückenhaften Verbreitung der Tone der Reuver- (Horizont 11) und Rotton-Serie (Horizont 9) dem obersten Grundwasserstockwerk zugerechnet werden. Ein weiterer Brunnen befindet sich außer Betrieb.

##### 3.27.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der beiden Brunnen weist Nitratkonzentrationen um 40 mg/l auf, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 2 (Abbildung 106).

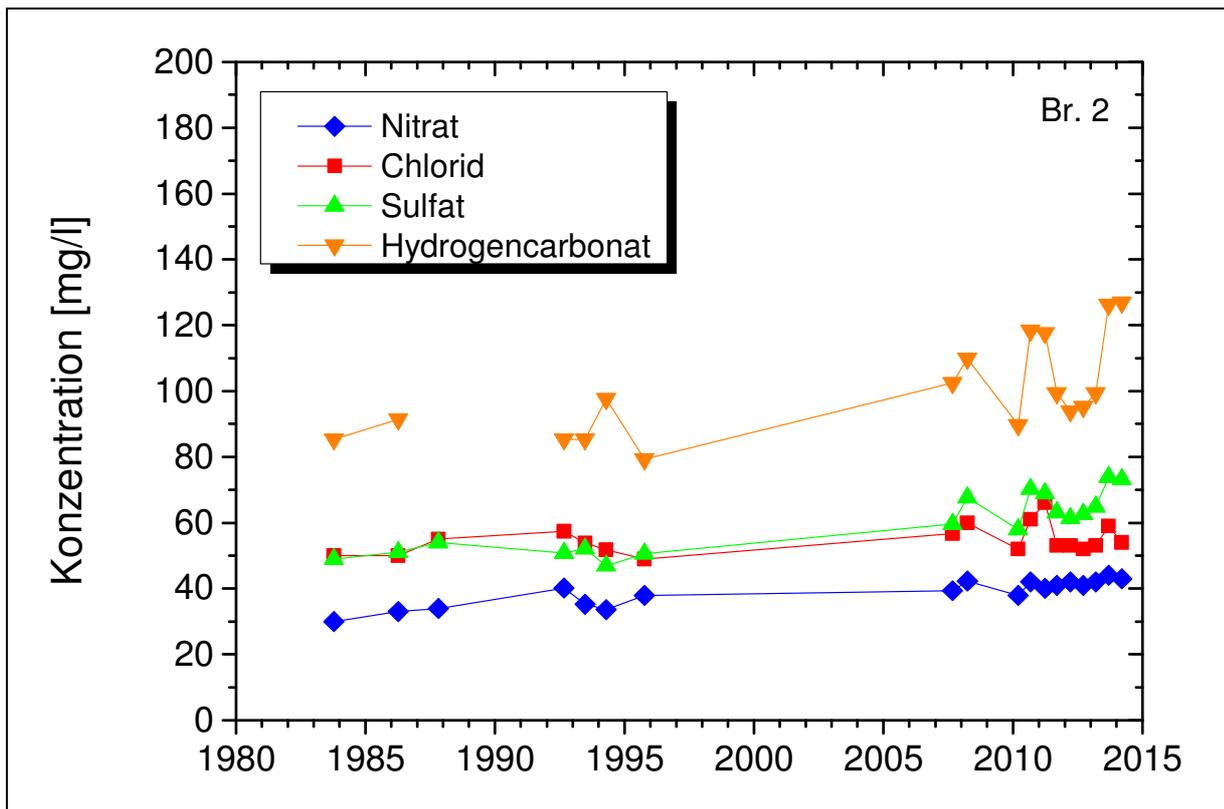


Abbildung 106: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Heidgen.

##### 3.27.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb des Einzugsgebiets stehen aktuelle Analysen von Grundwasserproben aus vier Messstellen für eine Auswertung zur Verfügung. Zur Verdichtung dieses Datensatzes wer-

den die Daten von drei weiteren Messstellen herangezogen, die nur wenige Hundert Meter außerhalb des Einzugsgebiets gelegen sind. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen 5 und 80 mg/l, wobei Messstellen im Einflussbereich des Walds Nitratkonzentrationen zwischen 5 und 25 mg/l aufweisen, während Messstellen, die aus landwirtschaftlichen Nutzgebieten angeströmt werden, Nitratwerte zwischen 42 und 80 mg/l zeigen. Aus den aktuellen Daten wird ein Mittelwert von 39 mg/l Nitrat berechnet, der den im Rohwasser gemessenen Konzentrationen sehr gut entspricht (Kapitel 3.27.1.1). Ältere Analysen einer weiteren Messstelle haben Ende der 1990er Jahre punktuell maximale Nitratkonzentrationen von 116 mg/l ergeben.

### 3.27.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet wird etwa zur Hälfte landwirtschaftlich genutzt. Ein zusammenhängendes Waldgebiet – ein Teil des Kottenforstes – durchzieht den mittleren Teil des Einzugsgebiets und bedeckt etwa ein weiteres Flächendrittel. Der übrige Teil besteht aus Siedlungsflächen, die sich im Wesentlichen aus den nördlichen Ortsteilen Meckenheims und der Ortslage Lüftelberg zusammensetzen. Das Forschungszentrum Jülich hat mit einem Modellverbund Berechnungen zu den Nitratkonzentrationen des Sickerwassers durchgeführt (Wendland et al. 2010) und gibt für nahezu das gesamte Einzugsgebiet Nitratwerte unter 10 mg/l ohne Bezug zur Flächennutzung an. Wie die Grundwasseranalysen zeigen, ist dieses geringe Konzentrationsniveau unplausibel. Die wahrscheinlichste Ursache liegt in der modellseitigen Überschätzung des Nitratbaupotenzials der im Einzugsgebiet weit verbreiteten Pseudogleye, die sich bereits in anderen Regionen gezeigt hat. Ein Zusammenhang zwischen Flächennutzung und Nitratkonzentrationen ist durch Messwerte eindeutig belegt (Kapitel 3.27.1.2).

### 3.27.1.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Weder die Grund- noch die Rohwasseranalysen geben Hinweise auf im Grundwasserleiter ablaufende Nitratbauprozesse. In nahezu allen Ganglinien sind parallele Verläufe der Nitrat-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen zu beobachten. Bei der chemoorganotrophen Denitrifikation, d. h. der Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1), kommt es zu einer Mobilisation von anorganischem Kohlenstoff, die sich bei den vorliegenden stabilen pH-Werten in erhöhten Hydrogencarbonatkonzentrationen äußern sollte, was aber im Grundwasser nicht zu beobachten ist. Ebenso wenig ist eine Sulfatfreisetzung als Ergebnis der chemo-lithotropen Denitrifikation (Nitratreduktion durch sulfidische Mineralphasen, Kapitel 2.3.2) festzustellen.

Etwa die Hälfte des Einzugsgebiets wird landwirtschaftlich genutzt, so dass hier der Großteil der Stickstoffeinträge in das Grundwasser erfolgt. Die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers liegen in dem Großraum meist bei 50 bis 100 mg/l, die Berechnungen des Forschungszentrums Jülich zeigen, die außerhalb der Verbreitungsgebiete der Pseudogleye sehr verlässliche Angaben liefern (vgl. Kapitel 3.27.1.3). Das sowohl im Grund- als auch im Rohwasser ermittelte Konzentrationsniveau von etwa 40 mg/l Nitrat, kann somit allein durch Stoffeinträge erklärt werden und deutet nicht auf eine Konzentrationsminderung durch Abbaureaktionen hin, zumal die Nitratwerte im Einflussbereich landwirtschaftlicher Flächen mit 42 bis 80 mg/l – in einer weiteren Messstelle mit Analysen aus den 1990er Jahren wurden sogar

über 100 mg/l gemessen - gegenüber den anderen Nutzungsformen deutlich erhöht sind und das erwartete Eintragsniveau bestätigen.

### 3.27.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Die Regionalgas Euskirchen GmbH betreibt im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Heidgen seit 1992 eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, u. a. um die hohen Nitrateinträge in das Grundwasser zu vermindern.

## 3.28 Verbandswasserwerk GmbH Euskirchen

Die Verbandswasserwerk GmbH Euskirchen betreibt insgesamt fünf Wassergewinnungsanlagen, deren Wasserrechte sich auf 5,325 Mio. m<sup>3</sup>/a summieren und wie folgt auf die einzelnen Standorte verteilen.

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen:

- Bleibuir		0,850 Mio. m <sup>3</sup> /a	
- Eicks	- Quellen Eicks-Mehlenbach	Oberer Buntsandstein	0,825 Mio. m <sup>3</sup> /a
	- Tiefbrunnen	Mittlerer Buntsandstein	0,250 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Lommersum		Horizont 8	0,400 Mio. m <sup>3</sup> /a
		Horizont 7A	0,330 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Oberelvenich		Horizont 9B	1,600 Mio. m <sup>3</sup> /a
		Horizont 7A	0,440 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Satzvey			0,630 Mio. m <sup>3</sup> /a

### 3.28.1 Wassergewinnungsanlage Bleibuir

Die Wassergewinnungsanlage Bleibuir erschließt den Mittleren Buntsandstein (sm) mit drei Vertikalfilterbrunnen. Der Aquifer ist als zweites lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen. Zwar ist keine durchgängig ausgebildete hydraulisch trennende Schicht zum Oberen Buntsandstein (so) vorhanden, aber tonige Einschaltungen und insgesamt feinere Korngrößen im Oberen Buntsandstein führen dazu, dass in den beiden Einheiten unterschiedliche Grundwasserstände auftreten und sich die Wässer auch hydrochemisch unterscheiden.

#### 3.28.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen ist nitratfrei und zeigt keine Anzeichen anthropogenen Einflusses, wie die Ganglinien der Anionenkonzentrationen des Brunnens 2 zeigen (Abbildung 107).

#### 3.28.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Bleibuir liegen für Proben aus sieben Grundwassermessstellen und zwei Quellen aktuelle Analysen vor. Die insgesamt sechs Probennahmestandorte im Oberen Buntsandstein (so) - vier Messstellen plus zwei

Quellen - weisen Nitratwerte zwischen 7 und 107 mg/l auf, wobei der Mittelwert 56 mg/l Nitrat beträgt. Im Mittleren Buntsandstein (sm) sind die Nitratkonzentrationen mit Null bis 35 mg/l wie auch die Gesamtmineralisation und der anthropogene Einfluss insgesamt geringer.

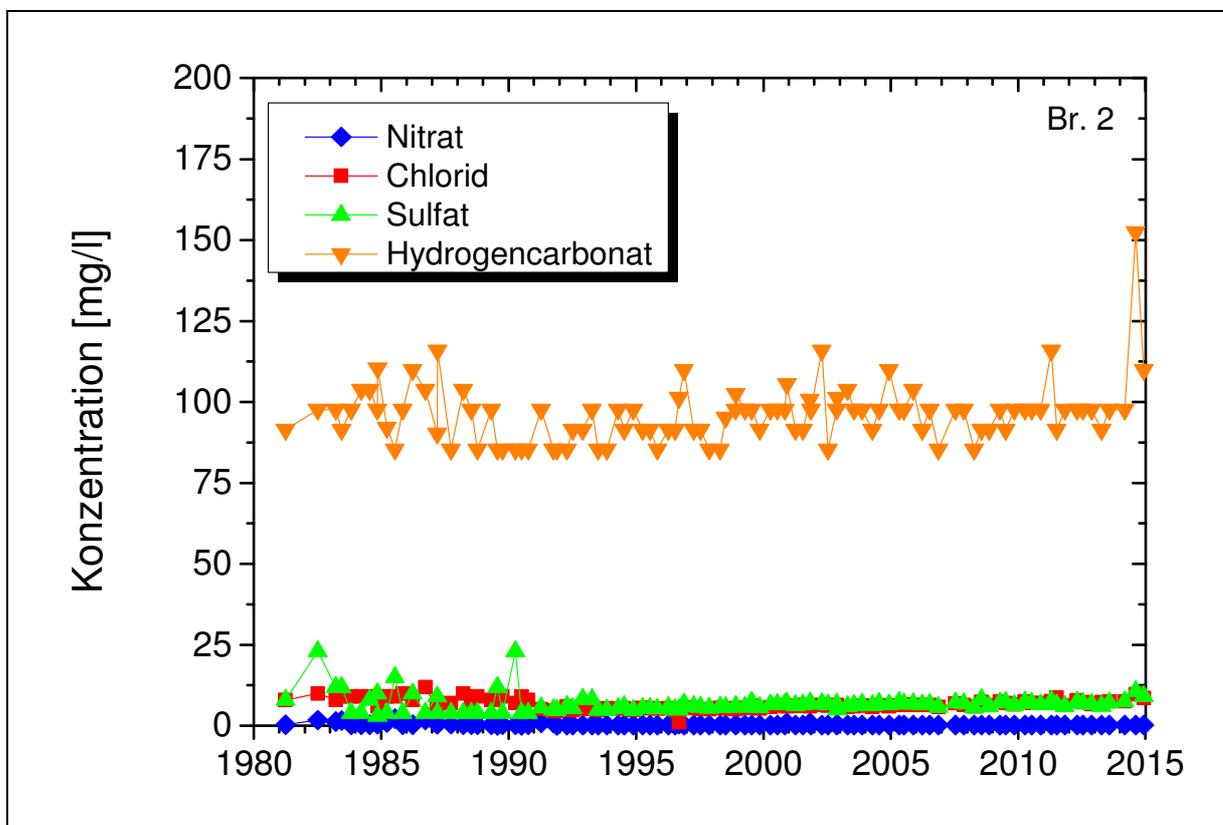


Abbildung 107: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Bleibuir.

### 3.28.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet ist hinsichtlich der Flächennutzung zweigeteilt. Im südwestlichen Teil dominiert Wald, der insgesamt etwa 40 % der Einzugsgebietsfläche bedeckt. Der übrige Bereich mit einem Flächenanteil von fast 60 % wird landwirtschaftlich genutzt. Siedlungsgebiete spielen eine untergeordnete Rolle. Das Forschungszentrum Jülich geht aufgrund von Berechnungen mit einem Modellverbund im Waldbereich von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen Null und maximal 25 mg/l aus (Wendland et al. 2010). Für die landwirtschaftlichen Flächen werden überwiegend Nitratreintragskonzentrationen von 50 bis 100 mg/l angegeben. Lediglich im Nahbereich der Gewässer mit ihren Auengebieten und dem dort vorliegenden erhöhten Nitratabbaupotenzial in der ungesättigten Zone, z. B. im Verbreitungsgebiet von Gleyen wie am Schliebach, sind niedrige bis fehlende Nitratwerte des Sickerwassers zu erwarten.

### 3.28.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

In einer im Oberen Buntsandstein (so) verfilterten Messstelle (20321) ergeben sich eindeutige Hinweise auf eine Denitrifikationsreaktion aufgrund erhöhter Nitritkonzentrationen

(Abbildung 108). Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ist ein Zwischenprodukt des Nitratabbaus, das innerhalb einer Reaktionskette zu Stickstoffgas ( $\text{N}_2$ ) reduziert wird und im Grundwasser nicht dauerhaft stabil ist. Nitrit ist unter den hydrogeologischen Randbedingungen der Grundwassermessstelle 20321 ein eindeutiger Indikator für ablaufende Nitratabbaureaktionen. Der Anstieg der Nitritwerte ist zeitlich mit dem Rückgang der Nitratkonzentrationen und der Zunahme der Hydrogencarbonatkonzentrationen Anfang der 1990er Jahre verbunden (Abbildung 108). Dies kann als Hinweis auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. einen Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) gewertet werden. Bei dieser Reaktion wird organischer Kohlenstoff in anorganischen Kohlenstoff umgesetzt, so dass bei stabilen pH-Werten die Hydrogencarbonatkonzentrationen steigen.

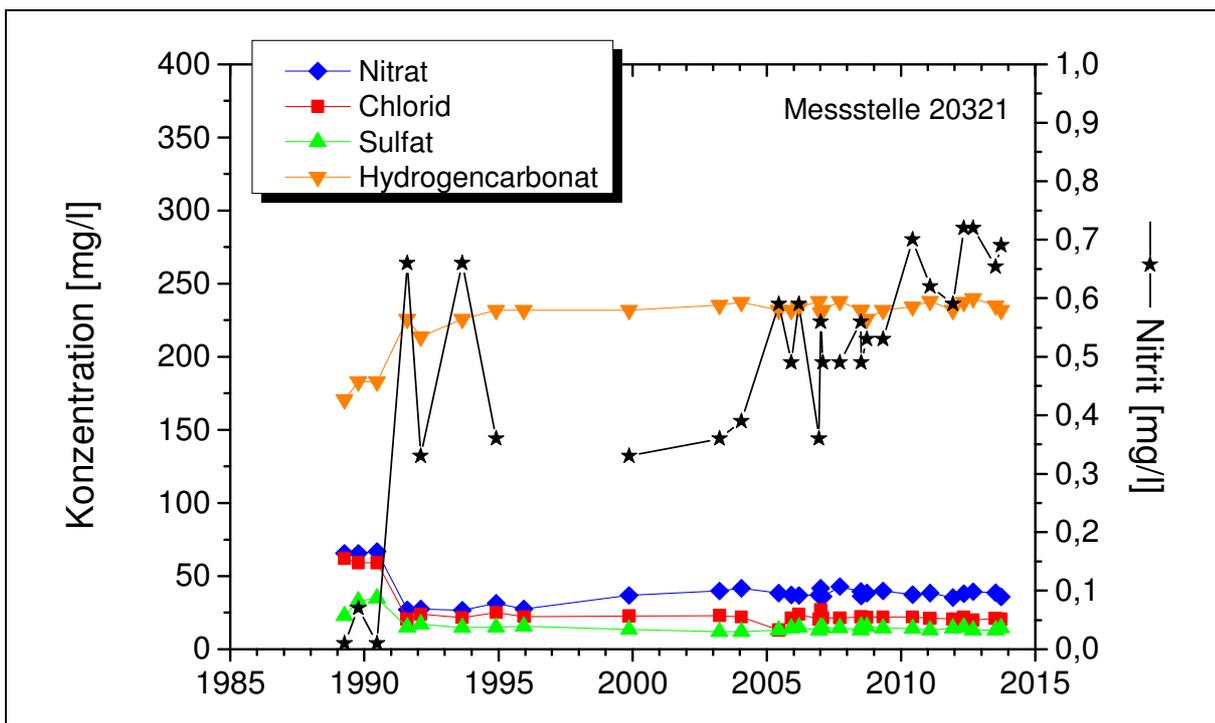


Abbildung 108: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Vergleich zu den Nitritkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 20321 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Bleibuir.

Dass die Proben trotz des Nitratabbaus ein Konzentrationsniveau von etwa 35 mg/l zeigen, ist für die chemo-organotrophe Denitrifikation nicht ungewöhnlich. Diese Reaktion verläuft oft eher träge und führt nicht zwingend zu einer vollständigen Nitratreduktion.

Die weiteren im Oberen Buntsandstein (so) verfilterten Messstellen zeigen mit einer Ausnahme ein Nitrat-Konzentrationsniveau von über 50 mg/l an, das den Sickerwasserkonzentrationen entspricht. Hinweise auf Nitratreduktionsreaktionen ergeben sich hier nicht. In der einen Messstelle mit geringen Nitratkonzentration sind insgesamt kaum anthropogene Einflüsse erkennbar, so dass die Nitratwerte von 7 mg/l nicht auf Abbaureaktionen zurückzuführen sind, sondern auf einen bisher nur geringen Zustrom anthropogen beeinflussten Grundwassers.

Insgesamt muss somit von einem lokal begrenzten Nitratreduktionspotenzial ausgegangen werden, das darüber hinaus in der Messstelle 20321 nur zu einer Verminderung, nicht jedoch einem vollständigen Abbau des Nitrats führt.

Die beiden im Mittleren Buntsandstein verfilterten Messstellen zeigen nur einen geringen anthropogenen Einfluss, erkennbar an niedrigen Chlorid- und Sulfatkonzentrationen von jeweils unter 15 mg/l. Die Tatsache, dass trotz dieses begrenzten Einflusses bereits fünf Milligramm pro Liter Nitrat in den Proben aus einer dieser Messstellen messbar ist, deutet darauf hin, dass im Förderhorizont kein Nitratabbau stattfindet. Hierbei handelt es sich jedoch um einen Einzelbefund, dessen Aussagesicherheit und Übertragbarkeit sehr begrenzt sind.

### 3.28.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Die Verbandswasserwerk Euskirchen GmbH beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, der seit 1996 mittels landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlicher Kooperationen in den Einzugsgebieten einschließlich der Wassergewinnungsanlage Bleibuir u. a. an einer Verringerung der Nitrateinträge in das Grundwasser arbeitet.

## 3.28.2 Wassergewinnungsanlage Eicks

Die Wassergewinnungsanlage Eicks nutzt einerseits das Wasser aus fünf Quellen am Mehlenbach, die aus den Schichten des Oberen Buntsandsteins (so) entspringen und als kombinierte Schicht- und Verwerfungsquellen anzusprechen sind.

Außerdem wird mittels zweier Vertikalfilterbrunnens Wasser aus dem Mittleren Buntsandstein (sm) entnommen. Dieser Aquifer wird dem zweiten lokalen Grundwasserstockwerk zugeordnet. Zwar sind keine durchgängigen Grundwassernichtleiter ausgebildet, aber lokal verbreitete gering durchlässige Schichten sowie ein unterschiedliches Korngrößenniveau bewirken, dass sich der Obere und der Mittlere Buntsandstein hinsichtlich der Grundwasserstände und -beschaffenheit unterscheiden.

### 3.28.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Wasser der fünf Quellen weist Nitratkonzentrationen zwischen 40 und 75 mg/l auf, exemplarisch dargestellt für die Quelle 2B (Abbildung 109).

Das Wasser der beiden Brunnen ist nitratfrei und zeigt auch keine sonstigen anthropogenen Einflüsse, wie die Daten des Brunnens 2 belegen (Abbildung 110).

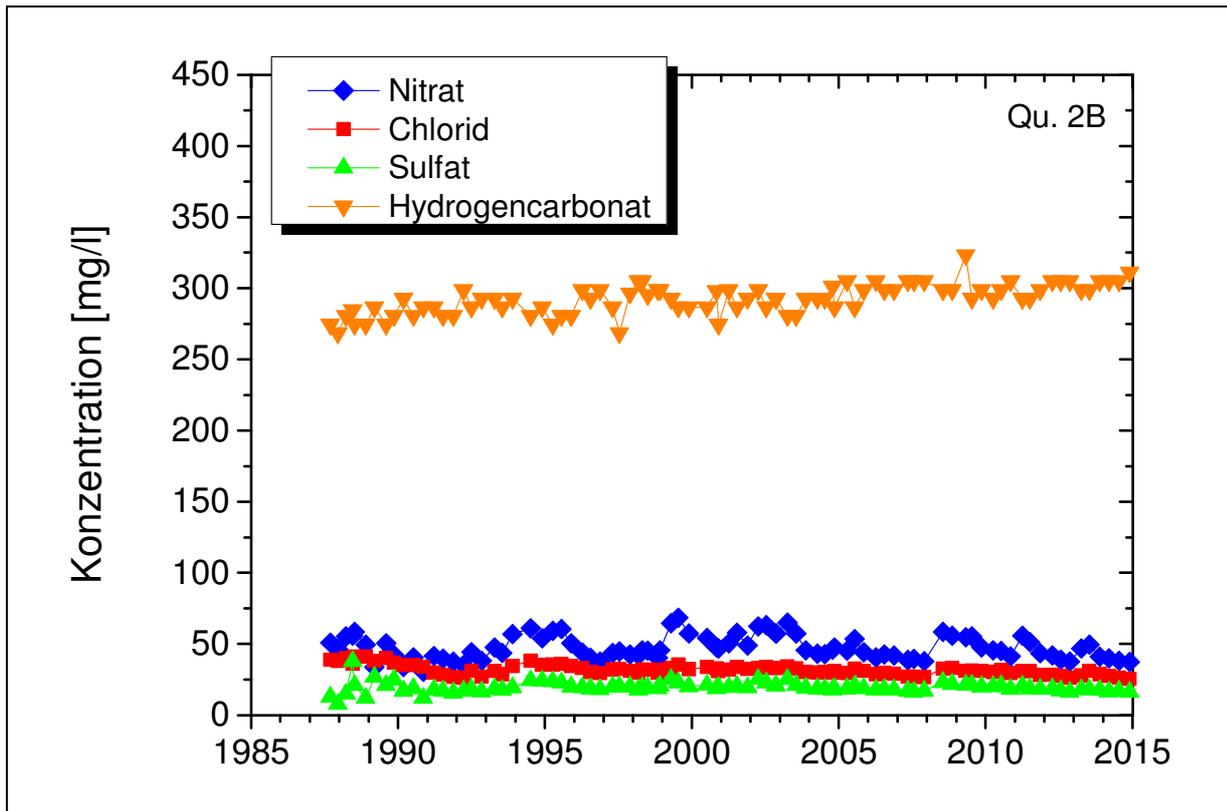


Abbildung 109: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen in der Quelle 2B der Wassergewinnungsanlage Eicks.

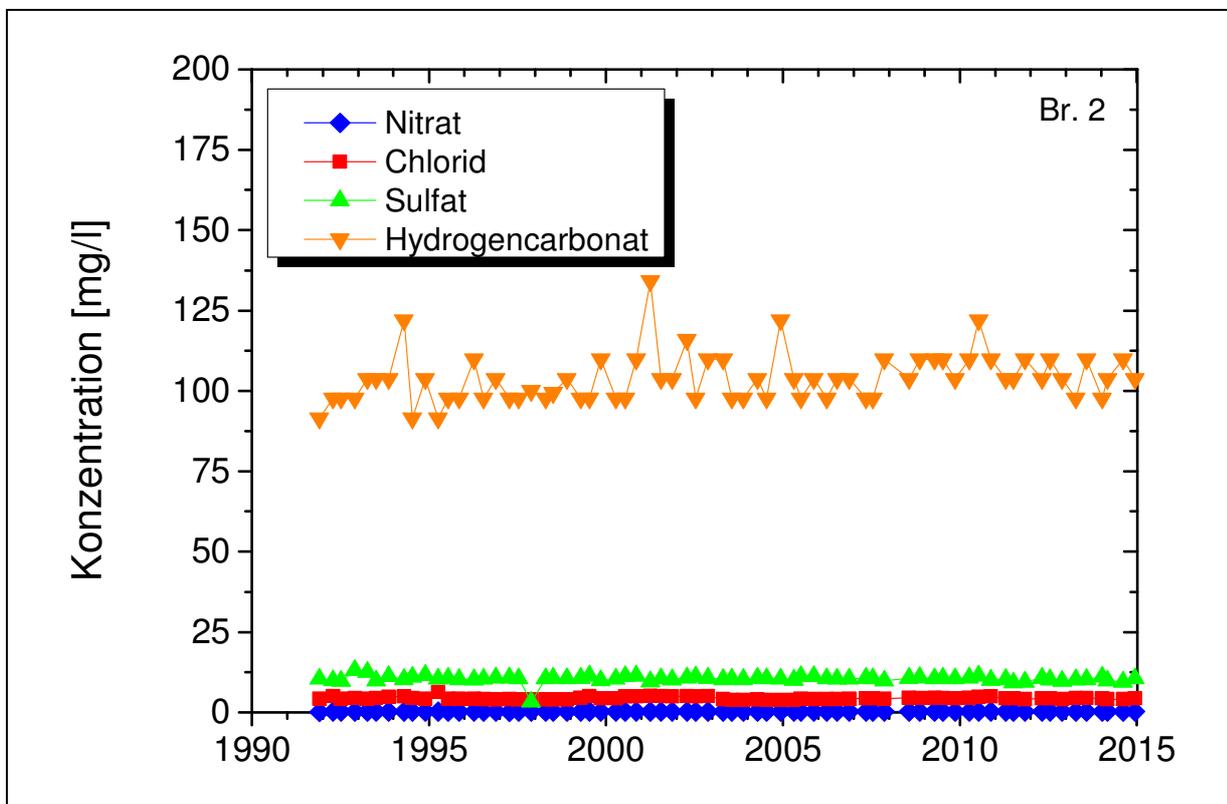


Abbildung 110: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Eicks.

### 3.28.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im unterirdischen Einzugsgebiet der Quellen am Mehlenbach sind für sieben im Oberen Buntsandstein (so) und sechs im Mittleren Buntsandstein (sm) verfilterte Messstellen aktuelle hydrochemische Daten verfügbar. Im Oberen Buntsandstein variieren die Nitratkonzentrationen zwischen 4 und 82 mg/l bei einem Mittelwert von 45 mg/l. Im Mittleren Buntsandstein sind der anthropogene Einfluss und die Nitratwerte niedriger. Sie betragen im Mittel acht Milligramm pro Liter bei Maximalwerten von 30 mg/l Nitrat.

Im Einzugsgebiet der Brunnen Eicks, das teilweise deckungsgleich mit dem unterirdischen Einzugsgebiet der Quellen ist, liegen aktuelle Grundwasseranalysen für neun im Oberen und zehn im Mittleren Buntsandstein verfilterte Messstellen vor. Die Mittelwerte sind denen des Quelleinzugsgebiets mit 38 mg/l (so) bzw. fünf Milligramm pro Liter Nitrat (sm) sehr ähnlich.

### 3.28.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Quellen am Mehlenbach und der Brunnen Eicks wird mit etwa 90 % Flächenanteil überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Lediglich in ein kleiner Teil von etwa 10 % südwestlich von Berg ist mit Wald bestanden. Für die landwirtschaftliche Nutzfläche gibt das Forschungszentrum Jülich basierend auf Modellrechnungen überwiegend Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l an (Wendland et al. 2010).

### 3.28.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Sowohl im Einzugsgebiet der Quellen am Mehlenbach als auch der Brunnen Eicks findet im Oberen Buntsandstein keine Denitrifikation statt, wie erhöhte Nitratwerte in der Größenordnung der Eintragskonzentrationen des Sickerwassers zeigen, die nur dort unterschritten werden, wo der anthropogene Einfluss insgesamt geringer ist. Niedrige Nitratkonzentrationen zeigen somit einen noch wenig ausgeprägten anthropogenen Einfluss in Abhängigkeit von der Filtertiefe und der Durchlässigkeit des Gesteins an und sind nicht als Resultat von Nitratreduktionsreaktionen im Grundwasserleiter anzusehen. Diese Bewertung wird durch die lineare Korrelation zwischen Nitrat- und Chloridkonzentrationen im Grundwasser aller im Oberen Buntsandstein verfilterten Messstellen einschließlich der Quellwässer bestätigt, die für neu gebildetes Grundwasser unter landwirtschaftlichen Nutzflächen und den vorliegenden Fruchtfolgen charakteristisch ist (Abbildung 111).

Im Mittleren Buntsandstein (sm) zeigen die meisten Wässer noch keinen anthropogenen Einfluss, erkennbar an den geringen Chloridwerten um 5 mg/l und demzufolge auch keine Nitratkonzentrationen. In zwei Messstellen sind jedoch die Chloridwerte erhöht, ohne dass die Nitratkonzentrationen in gleichen Maß angestiegen sind (Abbildung 111, eingekreiste Datenpunkte). Die Abweichung von dem linearen Zusammenhang weist auf eine Denitrifikationsreaktion hin. Da die Sulfatkonzentrationen mit jeweils etwa 20 mg/l sehr gering sind, scheidet die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. die Nitratreduktion durch sulfidische Mineralphasen (Kapitel 2.3.2), die zwingend mit einer Sulfatmobilisation verbunden ist, aus. Somit ist von einer chemo-organotrophen Denitrifikation – Nitratabbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1 – als Abbauprozess auszugehen.

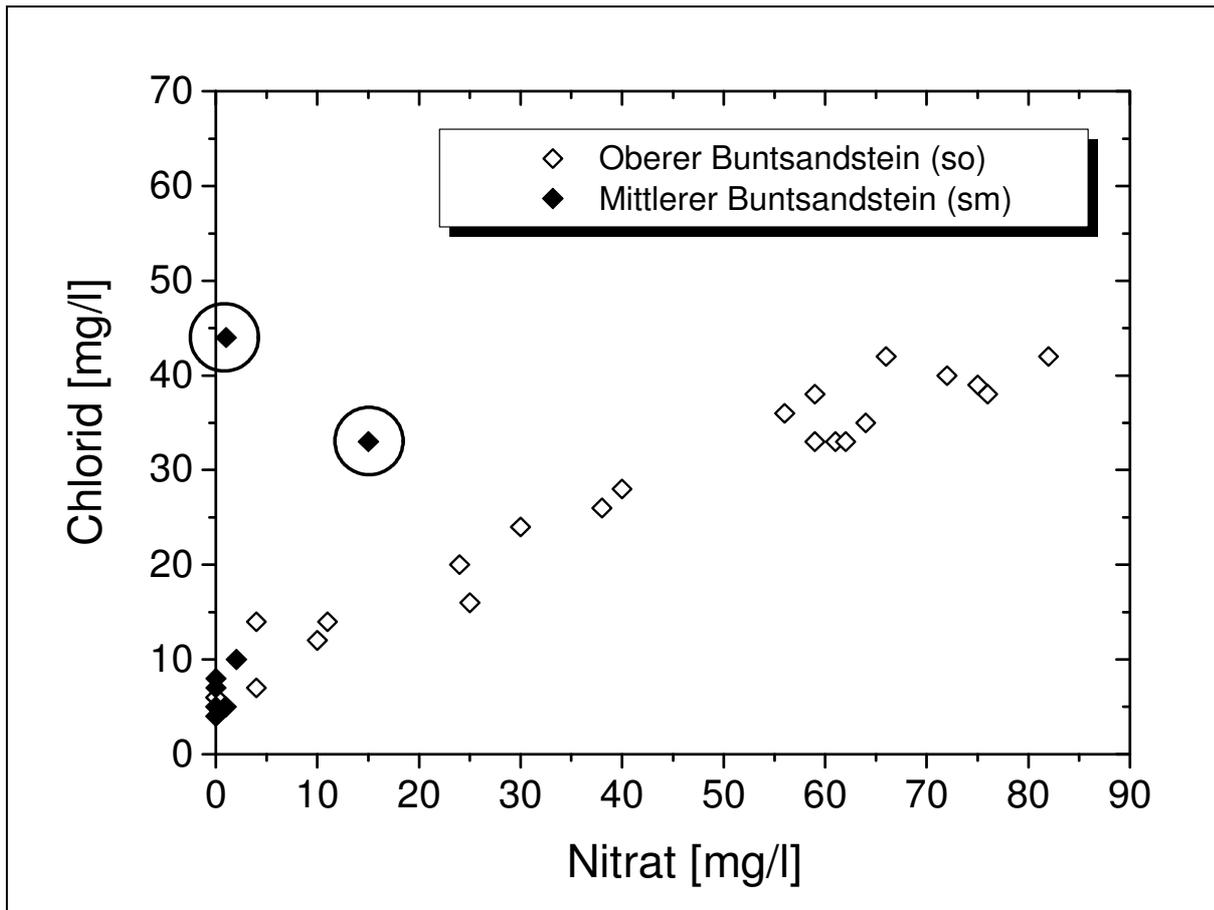


Abbildung 111: Korrelation zwischen den Nitrat und Chloridkonzentrationen im Grundwasser der Messstellen im Einzugsgebiet der Quellen am Mehlenbach bzw. der Brunnen Eicks.

Unterstützt wird diese Interpretation durch die Entwicklung der Hydrogencarbonatkonzentrationen in einer der beiden Messstellen (40100), die immer dann Anstiege zeigt, wenn die Nitratkonzentrationen Minima aufweisen (Abbildung 112), wobei die pH-Werte gleichzeitig stabil sind. Außerdem weisen die kontinuierlich steigenden Hydrogencarbonatkonzentrationen auf eine Freisetzung von anorganischem Kohlenstoff hin, der für die chemo-organotrophe Denitrifikation typisch ist. Angaben zur Höhe des in Form feststoffgebundener organischer Substanz im Gestein vorliegenden Abbaupotenzials sind aufgrund der geringen Datendichte nicht möglich.

### 3.28.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die Verbandswasserwerk Euskirchen GmbH beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, der seit 1996 mittels landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlicher Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen einschließlich der Quellen Eicks-Mehlenbach und der Brunnen Eicks u. a. an einer Verringerung der landwirtschaftlich bedingten Nitratreinträge in das Grundwasser arbeitet.

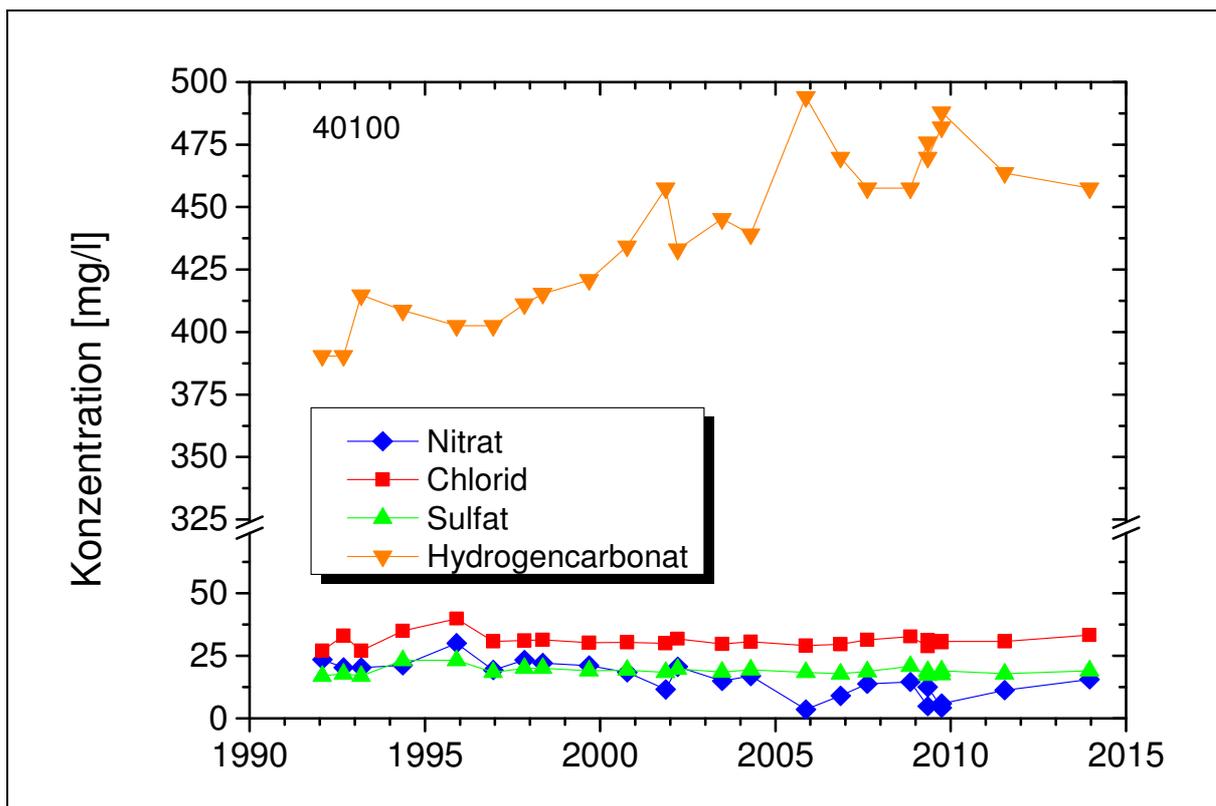


Abbildung 112: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 40100 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Eicks.

### 3.28.3 Wassergewinnungsanlage Lommersum

Die Wassergewinnungsanlage Lommersum befindet sich auf der Erft-Scholle und betreibt drei Vertikalfilterbrunnen, von denen zwei in der Hauptkies-Serie (Horizont 8) verfiltert sind und einer den Horizont 7A erschließt. Die Hauptkies-Serie bildet am Gewinnungsstandort das zweite Stockwerk, wobei der stockwerkstrennende Obere Rotton (Horizont 9C) nur lokal verbreitet ist. Der Horizont 7A baut am Gewinnungsstandort das dritte Grundwasserstockwerk auf, wobei die Horizonte 9C (Oberer Rotton) und 7B bis 7D trennend wirken. In weiten Teilen des Einzugsgebiets, das eine andere Erstreckung als das Zustromgebiet der im Horizont 8 verfilterten Brunnen besitzt, sind die Rottone (Horizonte 9C und 9A) als auch die Horizonte 7F und 7B/7D ausgebildet, so dass der Förderhorizont hier meist das fünfte Stockwerk darstellt.

#### 3.28.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der im Horizont 8 verfilterten Brunnen ist mit Nitratwerten zwischen Null und fünf Milligramm pro Liter bei maximal 15 mg/l als nitratarm einzustufen (Abbildung 113). Die Konzentrationen sind über den gesamten Messzeitraum stabil geblieben. Im Rohwasser aus dem Horizont 7A findet sich kein Nitrat (ohne Abbildung).

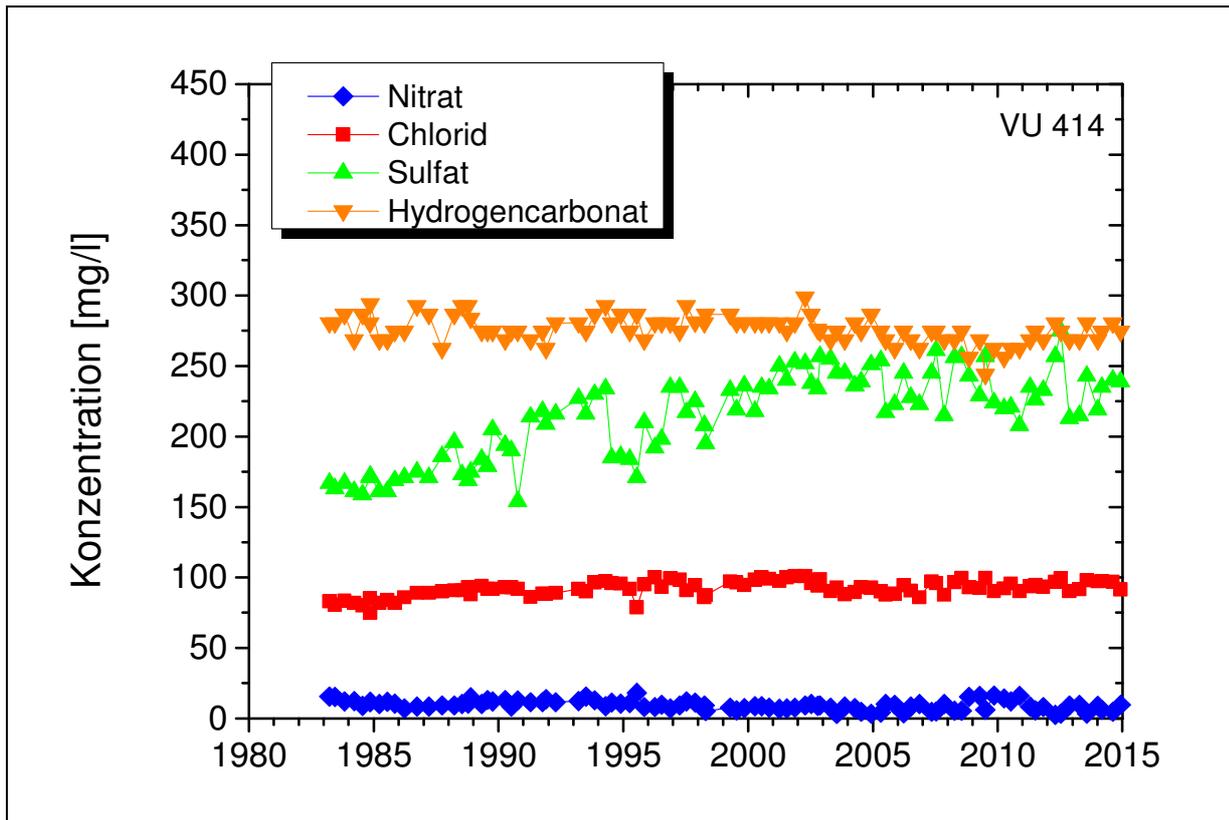


Abbildung 113: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen im Brunnen VU 414 der Wassergewinnungsanlage Lommersum.

### 3.28.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der im Horizont 8 verfilterten Brunnen, das sich ausgehend von den Fassungsanlagen in südliche Richtung bis auf die Rur-Scholle erstreckt, ist der Förderhorizont überwiegend Teil des Obersten Grundwasserstockwerks, weil der trennende Obere Rotton nur im Bereich der Gewinnungsanlagen verbreitet ist. Von den vorliegenden Grundwasseranalysen, die aufgrund der hydraulischen Kopplung nicht horizontdifferenziert betrachtet werden, sind nur die Daten aus vier Messstellen aktuell und weisen Nitratkonzentrationen zwischen Null und über 300 mg/l auf.

Im Einzugsgebiet des Brunnens 3, das sich im Horizont 7A innerhalb der Erft-Scholle in ost-südöstliche Richtung erstreckt, ist der Förderhorizont meist als fünftes Grundwasserstockwerk anzusehen, weil Horizonte 9C, 9A, 7F und 7B/7D nahezu durchgängig verbreitet sind. Lediglich im Bereich des Gewinnungsstandorts streichen der Untere Rotton (Horizont 9A) und der Horizont 7F aus, so dass sich die Zahl der Grundwasserstockwerke hier entsprechend reduziert.

Im Oberen Stockwerk, das überwiegend die Horizonte des Quartärs bis zur Hauptkies-Serie umfasst, entsprechen die hydrochemischen Daten den oben beschriebenen Werten für das Einzugsgebiet der Brunnen in der Hauptkies-Serie. Die Nitratwerte liegen zwischen Null und über 300 mg/l.

Im Horizont 9B liegen keine aktuellen Grundwasseranalysen vor. Altdaten aus den 1970er und 1980er Jahren zeigen neben nitratfreien Wässern punktuell Nitratwerte bis zu 30 mg/l.

Im Horizont 8, der im Einzugsgebiet des Brunnens 3 meist als drittes Stockwerk anzusprechen ist und lediglich im Bereich des Gewinnungsstandortes einen hydraulischen Kontakt zum oberflächennahen Grundwasser besitzt, ist das Grundwasser in der Regel nitratfrei, wie aktuelle Analysen von Proben aus vier Grundwassermessstellen belegen. In zwei weiteren Messstellen betragen die Nitratkonzentrationen weniger als 10 mg/l.

Innerhalb des Horizonts 7 fehlen Daten für den Horizont 7E, so dass sich die Analysen auf den Förderhorizont 7A beschränken. Hier sind die Grundwasserproben aus drei Messstellen nitratfrei. Lediglich in einer Messstelle zeigen sich geringe Nitratwerte bis zu 12 mg/l.

### 3.28.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der im Horizont 8 verfilterten Brunnen stellt nahezu ausschließlich landwirtschaftliche Nutzfläche dar. Eine deutliche Differenzierung ergibt sich bei der Verbreitung der Böden. Im Nahbereich der Erft im östlichen Teil des Einzugsgebiets dominieren Gleye und Auenböden, während im westlichen Teil Braunerden und Parabraunerden vorherrschen. Diese Aufteilung spiegelt sich in den Nitratkonzentrationen des Sickerwasser wider, die das Forschungszentrum Jülich auf der Basis von Modellrechnungen angibt (Wendland et al. 2010). Die Bearbeiter berechnen im Verbreitungsgebiet der Braun- und Parabraunerden Nitratwerte im Sickerwasser zwischen 75 und 100 mg/l. In den übrigen Bereichen ist aufgrund des Denitrifikationspotenzials in den Böden von einem vollständigen Nitratabbau auszugehen (Kapitel 2.4), so dass nahezu kein Nitratintrag in den Grundwasserleiter erfolgt.

Im Einzugsgebiet des Brunnen 3 im Horizont 7A dominiert ebenfalls die landwirtschaftliche Nutzfläche mit einem Anteil von über 90 %, lediglich unterbrochen durch kleinere Siedlungsgebiete wie Swisttal-Miel. Im Verbreitungsgebiet der vorherrschenden Parabraunerden liegen die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers nach Angaben des Forschungszentrums Jülich (Wendland et al. 2010) meist zwischen 50 und 100 mg/l. Etwa genau so groß ist der Anteil der Gleye und Auenböden an den zahlreichen Bächen, wie Schießbach, Jungbach, Wallbach, Hochbach und Eulenbach, die das Einzugsgebiet queren. Hier wird von einem Nitratabbau in der ungesättigten Zone ausgegangen (Kapitel 2.4), so dass das Sickerwasser nur geringe Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l aufweist.

### 3.28.3.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

In den quartären Sedimenten existiert kein Nitratbaupotenzial. Ist der Horizont 8 Teil des obersten Grundwasserstockwerks, wie in weiten Teilen des Einzugsgebiets der in diesem Horizont verfilterten Förderbrunnen, findet auch hier keine Nitratreduktion statt. Mit der Überdeckung durch den Oberen Rotton (Horizont 9C) und der Ausbildung eines eigenständigen zweiten Grundwasserstockwerks weisen die Sedimente des Horizonts 8 dann auch ein Nitratbaupotenzial auf. Die Proben der in diesem Bereich verfilterten beiden Messstellen und der beiden Förderbrunnen zeigen niedrige Nitratkonzentrationen bis maximal 13 mg/l bei er-

höhten Chlorid- und Sulfatwerten. Letztere sind Indikatoren einen verstärkten anthropogenen Einflusses. Insbesondere die Chloridkonzentrationen lassen an Standorten ohne Denitrifikationseinflüsse eine enge Korrelation mit den Nitratwerten erkennen (Abbildung 10, Abbildung 111). Da hier zwar hohe Chlorid- aber niedrige Nitratwerte vorliegen, ergibt sich daraus ein Beleg für einen Nitratabbau im Grundwasserleiter.

Im Rohwasser der aus dem Horizont 8 (Hauptkies-Serie) fördernden Brunnen liegen trotz kontinuierlicher Nitratreinträge – in den Grundwassermessstellen wurden bis über 300 mg/l Nitrat gemessen – gleichbleibend niedrige Nitratkonzentrationen vor (Abbildung 113). Daher ist von einem kontinuierlichen Nitratabbau auszugehen. Da bei stabilen pH-Werten zeitgleich die Hydrogencarbonatwerte sinken, kann keine chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. ein Nitratabbau durch organische Substanz, abgelaufen sein, weil diese mit einer Mobilisation anorganischen Kohlenstoffs verbunden ist und zu einer Erhöhung der Hydrogencarbonatkonzentrationen hätte führen müssen (Kapitel 2.3.1).

Alternativ kommt eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale – chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2) – in Betracht. Auf diesen Prozess ergeben sich konkrete Hinweise. Während die Chloridkonzentrationen in den letzten 30 Jahren weitgehend stabil geblieben sind, hat sich ein deutlicher Anstieg der Sulfatkonzentrationen ergeben. Dies ist als Indiz für eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment zu werten, wie sie z. B. bei einer Oxidation von Eisensulfidmineralen durch Nitrat erfolgt. Die Sulfatmobilisation äußert sich auch in einem Anstieg des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses (Abbildung 114).

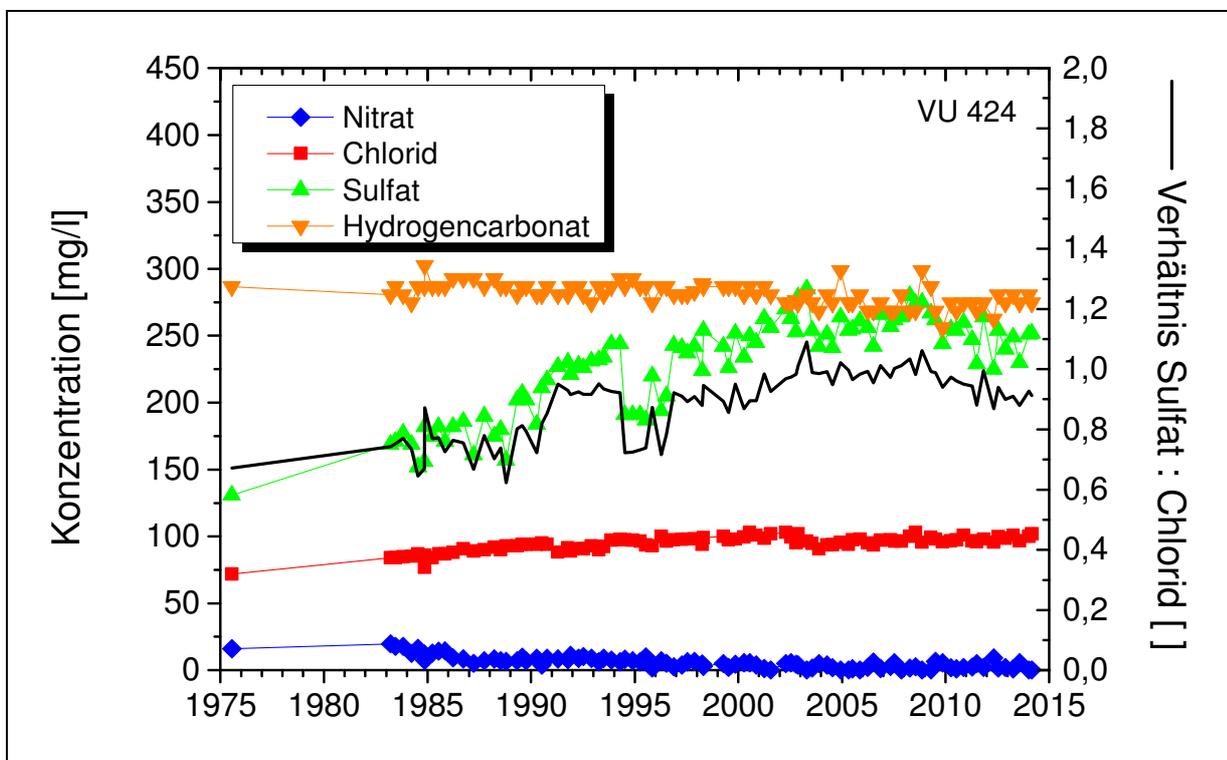


Abbildung 114: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat:Chlorid-Verhältnisses im Brunnen VU 424 der Wassergewinnungsanlage Lommersum.

Am Niederrhein sind Sulfat : Chlorid-Verhältnisse oberhalb 0,75 oft durch Denitrifikationsreaktionen bedingt. Da die Nitratwerte im Rohwasser seit Jahren stabil sind, ergeben sich keine Hinweise auf eine Erschöpfung des Abbaupotenzials.

Im Einzugsgebiet des Brunnens im Horizont 7 fehlt den quartären Sedimenten ein Nitratbaupotenzial, wobei dieselben Argumente wie für das Einzugsgebiet im Horizont 8 gelten.

Für den Horizont 9B liegen – sofern dieser als eigenständiges Stockwerk ausgebildet ist – keine aktuellen Grundwasseranalysen vor. Daten aus den 1970er und 1980er Jahren aus drei Messstellen zeigen niedrige Nitratkonzentrationen bei teilweise erhöhten Sulfat- und Chloridwerten als Indikatoren anthropogener Stoffeinträge, was auf einen Nitratabbau hinweist, ohne dass der Prozess feststellbar ist.

Die Sedimente des Horizonts 8 besitzen auch im Einzugsgebiet des Brunnens 3 eindeutig ein Nitratbaupotenzial. Dieses zeigt sich in insgesamt sechs Messstellen mit deutlichen anthropogenen Einflüssen, aber fehlenden bis geringen Nitratwerten. Auch wenn die hydrochemischen Daten der Messstellen keine konkrete Prozessidentifikation zulassen, ist aufgrund der räumlichen Nähe zum Einzugsgebiet der im Horizont 8 verfilterten Brunnen und der identischen geologischen Rahmenbedingungen von einer chemo-lithotrophen Denitrifikation (Kapitel 2.3.2) auszugehen.

Im Horizont 7A sind die anthropogenen Einflüsse bislang noch sehr gering und im Rohwasser des Förderbrunnens noch gar nicht nachweisbar. Beginnende Anstiege der Chloridkonzentrationen bei fehlenden Zunahmen der Nitratwerte zeigen einen Nitratabbau an, wobei nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Nitratreduktion bereits im Horizont 8 stattgefunden hat. Insofern sind hier keine verlässlichen Aussagen über den Nitratbauprozess oder das Nitratbaupotenzial möglich.

#### 3.28.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Der Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, an dem auch die Verbandswasserversorgung Euskirchen GmbH beteiligt ist, betreibt seit 1996 landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen einschließlich Lommersum, um u. a. die Nitratreinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.28.4 Wassergewinnungsanlage Oberelvenich

Die Wassergewinnungsanlage Oberelvenich erschließt mit seinen Brunnen die Horizonte 9B und 7A nach Schneider & Thiele 1965. Zwei Vertikalfilterbrunnen sind im Horizont 9B verfiltert, der als lokales zweites Grundwasserstockwerk anzusprechen ist. Überdeckt wird der Grundwasserleiter vom Horizont 9C (Oberer Rotton) als stockwerkstrennende Schicht mit durchgängiger Verbreitung, die zum Rand des Einzugsgebietes ausstreicht. Der Grundwasserleiter 9B ist allerdings nicht durchgängig ausgebildet, weil der Obere (Horizont 9C) und der ebenfalls durchgängig verbreitete Untere Rotton (Horizont 9A) stellenweise einen gemeinsamen Grundwasserstauer bilden, dem das sandig-kiesige Zwischenmittel fehlt. Das

dritte, wasserwirtschaftlich nicht genutzte Stockwerk, wird von der Hauptkies-Serie (Horizont 8) aufgebaut. Im Horizont 7A, der aufgrund der Ausbildung durchgängig verbreiteter Tone am Top des Horizonts 7 (7F bis 7B) als lokales viertes Grundwasserstockwerk angesprochen wird, ist ein weiterer Brunnen verfiltert. Die genannten Stockwerkseinteilungen gelten im Bereich der Gewinnungsstandorte. In südliche Richtung streichen die Tone aus, so dass in den dortigen Randbereichen auch im Horizont 7A ein hydraulischer Kontakt zum oberen Stockwerk besteht.

### 3.28.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser aller Brunnen ist nitratfrei, unterscheidet sich jedoch in seiner weiteren Zusammensetzung deutlich. Während sich im Horizont 9B ein deutlicher und zunehmender anthropogener Einfluss zeigt (Abbildung 115), fehlt dieser im Horizont 7A gänzlich (ohne Abbildung).

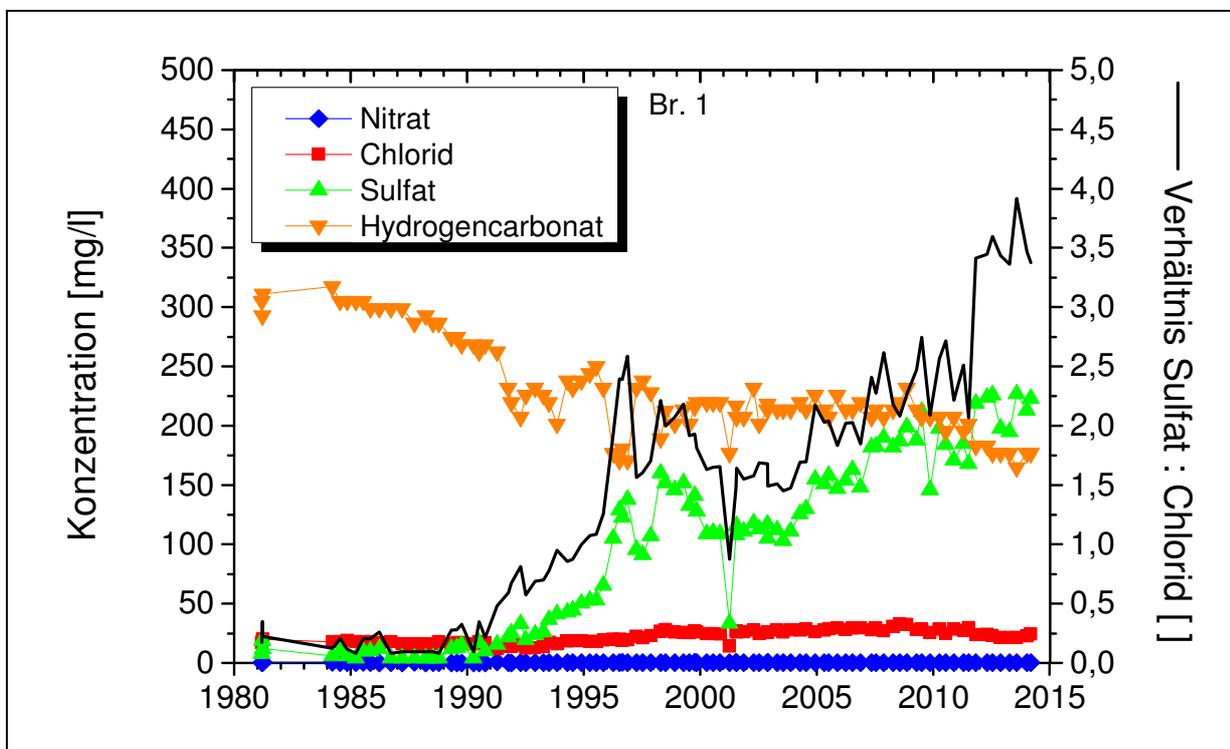


Abbildung 115: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 1 der Wassergewinnungsanlage Oberelvenich.

### 3.28.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die Einzugsgebiete der Brunnen in den beiden Förderhorizonten weisen unterschiedliche Größen auf, die sich trotz der geringen Fördermenge im Horizont 7A in einer weiteren Ausdehnung in südliche Richtung in diesem tiefen Leiter äußern. Für die Bewertung der Nitratkonzentrationen und des Nitratbaupotenzials (Kapitel 3.28.4.4) werden beide Einzugsgebiete gemeinsam betrachtet.

Im Einzugsgebiet der Brunnen liegen im Obersten Grundwasserstockwerk, das überwiegend aus quartären Terrassenkiesen besteht, meist erhöhte Nitratkonzentrationen vor. Anhand der aktuellen hydrochemischen Daten aus sieben Grundwassermessstellen lässt sich ein mittlerer Nitratwert von 75 mg/l berechnen. Die Einzelwerte liegen mit Ausnahme einer Messstelle mit nitratfreiem Grundwasser in einer Spanne zwischen 36 und 132 mg/l Nitrat.

Im Förderhorizont 9B sind die Grundwässer mit Null bis 11 mg/l Nitrat meist nitratarm bzw. zeigen keine Nitratbelastung, wie die aktuellen Grundwasseranalysen aus sechs Messstellen zeigen. Hierbei ist zu beachten, dass die Messstellen alle im nördlichen Teil des Einzugsgebiets liegen, wohin sich die anthropogene Belastung nur langsam ausbreitet. Aus dem Randbereich der Verbreitung des Oberen Rottons (Horizont 9C), wo der Einstrom höher mineralisierten und nitratreichen oberflächennahen Grundwassers erfolgt, stehen keine Grundwasseranalysen zur Verfügung.

Im Horizont 8 liegen ebenfalls zu sechs Messstellen aktuelle Analysen des Grundwassers vor, von denen drei nitratfrei sind. Die übrigen Messstellen zeigen niedrige Nitratkonzentrationen bis zu 22 mg/l und befinden sich alle im südlichen Teil des Einzugsgebietes. In den dortigen Randbereichen der Rottonverbreitung besteht ein hydraulischer Kontakt zum oberflächennahen Grundwasser.

Im Förderhorizont 7A ist die Situation mit der des Horizonts 8 vergleichbar. Auch hier zeigen die im nördlichen Teil des Einzugsgebiets gelegenen Messstellen nitratfreie Wässer, während im südlichen Bereich geringe Nitratwerte auftreten. In der südlichsten Messstelle werden bis zu 19 mg/l Nitrat im Grundwasser analysiert. Hier stellt der Horizont 7A das zweite lokale Grundwasserstockwerk dar.

#### 3.28.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Mit Ausnahme der kleineren Ortslagen wird nahezu das gesamte Einzugsgebiet landwirtschaftlich genutzt. Bei den Böden dominieren Parabraunerden, die in den Auenbereichen des Rot- und Bleibachs von Gleyen und Auenböden mit erhöhten Nitratabbaukapazitäten in der ungesättigten Zone abgelöst werden. Entsprechend dieser Verteilung ermittelt das Forschungszentrum Jülich modellgestützt Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 75 bis 100 mg/l unter landwirtschaftlichen Nutzflächen auf Parabraunerden, was den Befunden im oberflächennahen Grundwasser entspricht. In den Auengebieten liegen die prognostizierten Nitratwerte dagegen unter 10 mg/l aufgrund des erwarteten Abbaus in der ungesättigten Zone (Kapitel 2.4).

#### 3.28.4.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasser entsprechen die Nitratkonzentrationen im Mittel den Eintragskonzentrationen des Sickerwassers, was darauf hinweist, dass keine Nitratabbaureaktionen stattfinden. Hierauf weisen auch parallele Konzentrationentwicklungen des Nitrats, Chlorids und Sulfats hin, die in den meisten Messstellen zu beobachten sind. Lineare Zusammenhänge der Nitrat- und der Chloridkonzentrationen können als charakteristisch für

Grundwässer ohne Nitratbauprozesse angesehen werden (Abbildung 10, Abbildung 111). Eine Ausnahme bildet die Messstelle 390081 am Westrand des Einzugsgebietes. Trotz einer erhöhten anthropogenen Belastung, die im landwirtschaftlichen Einzugsgebiet grundsätzlich mit Nitratreinträgen verbunden ist, ist das Grundwasser nitratfrei (Abbildung 116). Da keine Hinweise auf Denitrifikationsprozesse in der ungesättigten Zone vorliegen, ergibt sich hieraus zwingend eine Nitratreduktion im Grundwasserleiter. Die Konstanz der Hydrogencarbonatkonzentrationen bei stabilen pH-Werten lässt erkennen, dass keine chemoorganotrophe Denitrifikation - Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) - stattfindet. Die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. der Nitratabbau durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) wird unter den vorliegenden geochemischen Rahmenbedingungen durch eine Sulfatfreisetzung nachgewiesen, weil außer den Eisendisulfiden ( $\text{FeS}_2$ , Pyrit) keine schwefelhaltigen Mineralphasen im Sediment vorliegen. Der zu beobachtende Anstieg der Sulfatkonzentrationen ist einzeln betrachtet noch kein Beleg für eine Sulfatfreisetzung, weil auch die Chloridwerte steigen und sich somit ein zunehmender anthropogener Einfluss ausbreitet, der auch einen Sulfateintrag einschließt. Ein deutliches Indiz für eine Sulfatfreisetzung ist das molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis. Während dieses Verhältnis im Sickerwasser oft bei Werten um 0,75 liegt, ist es hier durchgängig größer als 1,0 und beträgt maximal 1,7. Allerdings ist davon auszugehen, dass der Nitratabbau nur sehr lokal begrenzt stattfindet.

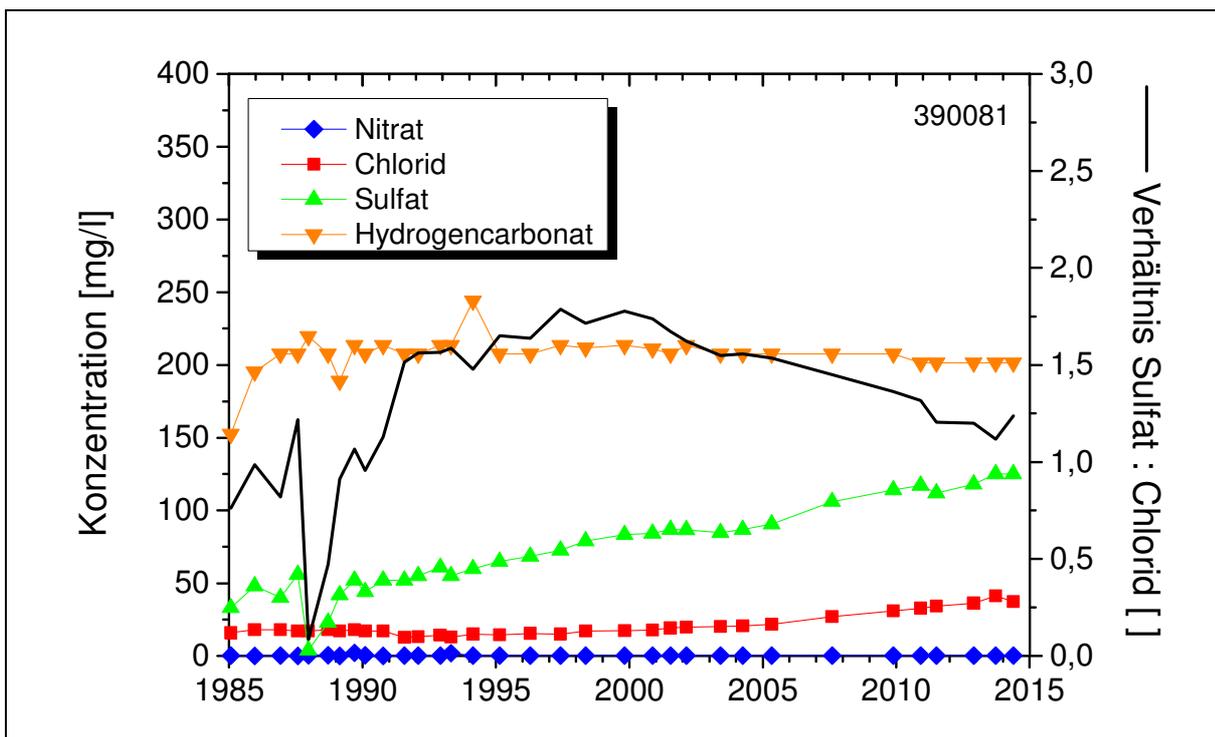


Abbildung 116: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 390081 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Oberelvenich.

Im Förderhorizont 9B existieren ebenfalls eindeutige Belege für eine chemo-lithotrophe Denitrifikation. Im Rohwasser des Brunnens 1 sind die Sulfatkonzentrationen in den 1990er

Jahren stark angestiegen, während die Chloridwerte nur geringe Zunahmen zeigen (Abbildung 115). Die zeitgleich stattfindende Erhöhung des Konzentrationsverhältnisses von Sulfat zu Chlorid belegt eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment des Grundwasserleiters. Vergleichbare Entwicklungen treten in mehreren Grundwassermessstellen auf. Berechnet man anhand der Sulfatfreisetzung unter Berücksichtigung der Reaktionsgleichung der Nitratreduktion durch Sulfidminerale aus dem Kapitel 2.3.2, welche Nitratkonzentration vorgelegen hat und unterstellt hierbei gleichzeitig eine Sauerstoffsättigung des Grundwassers – eine Sulfidoxidation durch Sauerstoff führt ebenfalls zu einer geringen Zunahme der Sulfatkonzentrationen und hohe Sauerstoffwerte sind im oberen Stockwerk plausibel und nachgewiesen – so ist von einem Nitratabbau bis zu 140 mg/l auszugehen. Vergleichbare Konzentrationen werden als Maximalwerte im oberen Stockwerk gemessen (Kapitel 3.28.4.2). Die hohen Nitratkonzentrationen im Zustrom sind allerdings nur im Bereich des Brunnens 1 zu beobachten. Im Rohwasser des Brunnens 2 werden lediglich 61 mg/l Sulfat gemessen. Hinweise auf ein Erschöpfen des Nitratbaupotenzials bestehen nicht. Trotzdem kann für die Randbereiche der Tonverbreitung, d. h. die Kontaktstellen zum obersten Grundwasserstockwerk ein lokaler Aufbrauch der Sulfidminerale nicht ausgeschlossen werden.

Im Horizont 8 findet ebenfalls eindeutig ein Nitratabbau statt, wie fehlende Nitratwerte bei einer insgesamt erhöhten anthropogenen Belastung zeigen. Allerdings geben die vorliegenden Daten keinen konkreten Hinweis auf den Abbauprozess, wobei für die Hauptkies-Serie eine Nitratreduktion durch Sulfide aufgrund von Vergleichen mit anderen Gewinnungsstandorten angenommen werden kann. Im Randbereich der Tonverbreitung finden sich im Kontaktbereich zum Oberen Grundwasserstockwerk z. T. erhöhte Nitratwerte, ohne dass ein Nitratabbau erkennbar ist. In diesen Einstrombereichen wurden entweder keine Sulfide gebildet, so dass nie ein Nitratbaupotenzial vorgelegen hat oder dieses ist durch die Nitrateinträge bereits aufgebraucht. Die ansonsten niedrigen Nitratkonzentrationen bei erkennbaren anthropogenen Belastungen zeigen aber an, dass flächendeckend ein Nitratbaupotenzial vorhanden ist.

Im Förderhorizont 7A findet ebenfalls eine Nitratreduktion statt. Da in den meisten Grundwassermessstellen wie auch im Rohwasser des Förderbrunnens keine oder nur geringe anthropogene Einflüsse festgestellt werden, sind keine verlässlichen Aussagen zum Nitratbauprozess möglich. In den südlichen Randbereichen zeigen auch hier erste Nitratanstiege an, dass das Abbaupotenzial lokal erschöpft ist bzw. nicht vorhanden war.

#### 3.28.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, an dem auch die Verbandswasserversorgung Euskirchen GmbH beteiligt ist, betreibt seit 1996 auch im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Oberelvenich landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperationsarbeit, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.28.5 Wassergewinnungsanlage Satzvey

Die Wassergewinnungsanlage Satzvey erschließt mit seinen beiden Brunnen die Antweiler Schichten (Horizont 01, untere Filterstrecke) und die Kölner Schichten (Horizont 04, obere Filterstrecke) innerhalb des Antweiler Grabens. Die Förderhorizonte stellen das lokale zweite und dritte Grundwasserstockwerk dar, wobei die Antweiler Schichten als homogene Sande anzusprechen sind, während die Kölner Schichten durch einen heterogenen Aufbau gekennzeichnet sind. Am Gewinnungsstandort unterscheiden sich die Horizonte eher aufgrund ihres Korngrößenspektrums, während sich in westliche Richtung ein stockwerkstrennender Tonhorizont einschaltet. In östliche Richtung stellen die Förderhorizonte einen gemeinsamen Grundwasserleiter dar, dessen Mächtigkeit und Überdeckung nach Osten kontinuierlich abnehmen. Quartäre Schichten beschränken sich in ihrer Verbreitung auf Tallagen, weisen in der Regel nur eine geringe Mächtigkeit auf und sind nur lokal ausgebildet.

#### 3.28.5.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der beiden Brunnen weist unterschiedliche Nitratniveaus auf. Die Werte liegen aktuell im Brunnen 1 bei 25 mg/l und im Brunnen 2 bei 40 mg/l. In Abbildung 117 ist exemplarisch der zeitliche Verlauf der Anionenkonzentrationen einschließlich Nitrat für den Brunnen 2 dargestellt.

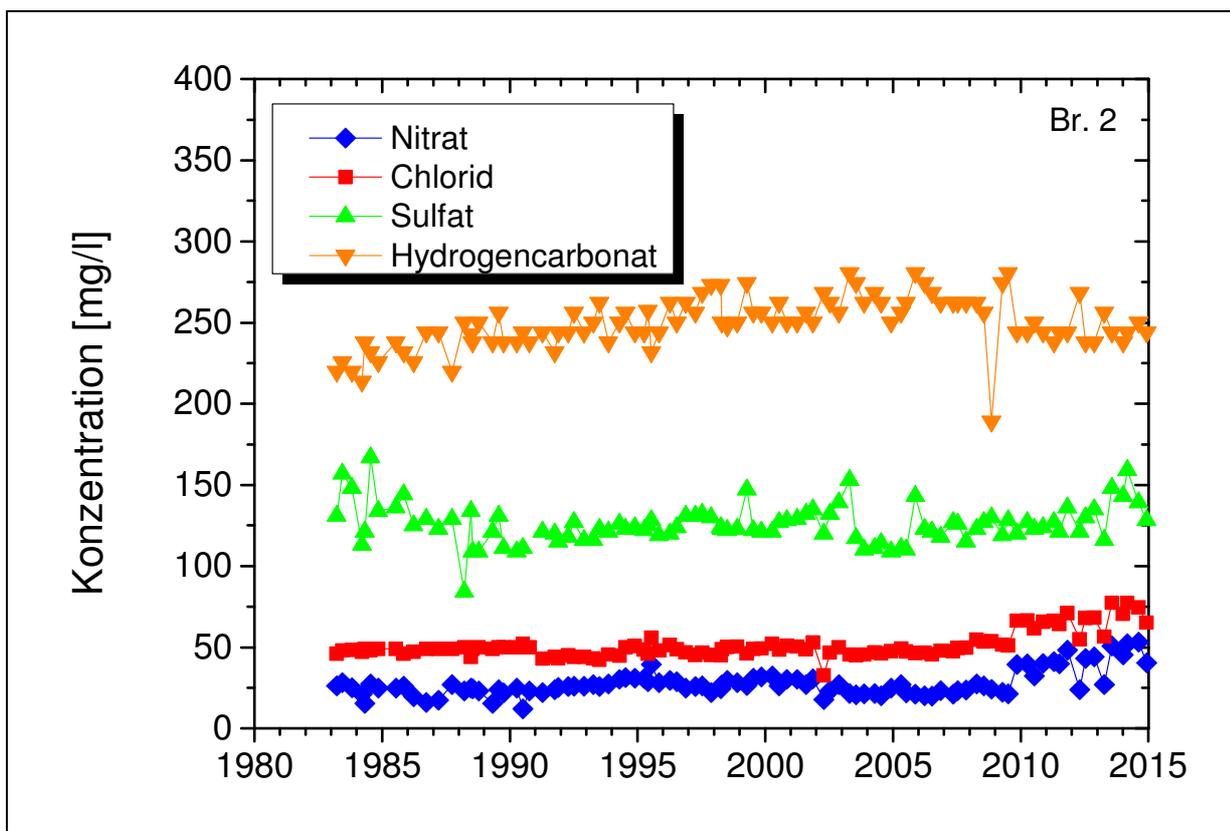


Abbildung 117: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Satzvey.

### 3.28.5.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Für die quartären Talfüllungen liegen lediglich Altdaten einer Messstelle im städtischen Nutzungsgebiet aus den 1990er Jahren vor, die Nitratkonzentrationen um 40 mg/l zeigt.

Die Daten aus den Förderhorizonten 01 und 04 werden gemeinsam betrachtet, weil die beiden Schichten in großen Teilen des Einzugsgebiets einen gemeinsamen Aquifer darstellen. Insgesamt liegen aktuelle Analysen von Proben aus 16 Grundwassermessstellen vor, deren Nitratkonzentrationen zwischen Null und 100 mg/l betragen. Die Messstellen mit erhöhten Nitratwerten befinden sich ausnahmslos im östlichen Teil des Einzugsgebietes. Hier stehen die tertiären Förderhorizonte unter einer geringmächtigen Überdeckung oberflächennah an, auch wenn sie formal dem zweiten Grundwasserstockwerk zuzuordnen sind. Im Westteil des Einzugsgebiets sowie an dessen Nordrand sind die Grundwasserleiter tiefer gelegen, werden von mächtigeren Tonlagen überdeckt und sind somit besser vor anthropogenen Stoffeinträgen geschützt. Hier sind die Nitratkonzentrationen mit unter 10 mg/l meist gering. Auf die Angabe eines Mittelwertes wird wegen der geologischen Heterogenitäten innerhalb des Gebietes und der ungleichen Verteilung hinsichtlich der Lage und Ausbautiefe der Messstellen verzichtet.

### 3.28.5.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Innerhalb des Antweiler Grabens sowie im südlich angrenzenden Regenerationsgebiet ist die Flächennutzung meist landwirtschaftlich geprägt, lediglich ausgenommen vom Siedlungsgebiet Mechernich-Satzveys und kleinerer Ortslagen. Am Nordrand ist der ebenfalls zum Regenerationsgebiet zählende südliche Teil des Billiger Horstes mit Wald bestanden. Trotz der hohen Flächenanteile der Landwirtschaft gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Grundlage von Berechnungen mit einem Modellverbund lediglich für kleinere Gebiete Nitratwerte über 50 mg/l an (Wendland et al. 2010). Den Berechnungen zufolge dominieren niedrige Nitratwerte unter 10 mg/l, was im Verbreitungsgebiet der Gleye und Auenböden entlang des Veybachs aufgrund des Nitratreduktionspotenzials der Böden nur lokal plausibel ist. In weiten Teilen des Regenerationsgebietes hängen die Nitratprognosen des Sickerwassers allerdings mit der Verbreitung von Pseudogleyen, aber auch Parabraunerden bei landwirtschaftlicher Nutzung zusammen und führen in diesen Fällen offensichtlich zu einer deutlichen Unterschätzung der Nitratreinträge bzw. zu einer Überschätzung des Nitratbaupotenzials in der ungesättigten Zone, wie das im Vergleich zu den Modellrechnungen erhöhte Nitratkonzentrationsniveau im Rohwasser und zeigt (vgl. Kapitel 3.28.5.1).

### 3.28.5.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

In den quartären Schottern, deren Verbreitung sich weitestgehend auf das Tal des Veybachs beschränkt, zeigen die Grundwasseranalysen aus den 1990er Jahren, die als einzige Bewertungsgrundlage zur Verfügung stehen, zeitweise einen Nitratabbau an. Dieser ist einerseits am Auftreten von Nitrit als Zwischenprodukt der Denitrifikation erkennbar und andererseits durch niedrige Nitratwerte bei erhöhten Sulfat- und Chloridkonzentrationen belegt, auch wenn das Zustromgebiet städtisch genutzt wird und die Sickerwasserbeschaffenheit daher stärkeren Schwankungen unterliegt als unter landwirtschaftlichen Nutzflächen. Wahrschein-

lich hängt der Nitratabbau mit der Verbreitung von organikreichen Auenböden zusammen, die aufgrund ihres hohen Anteils junger organischer Substanz ein Nitratabbaupotenzial aufweisen (vgl. Kapitel 2.4). Da die quartären Ablagerungen nicht in einem direkten hydraulischen Kontakt mit den Förderhorizonten stehen, ergeben sich aus dem Abbauprozess keine positiven Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen des Rohwassers.

In den Förderhorizonten treten sowohl in mehreren Grund- und auch in den Rohwasseranalysen punktuell erhöhte Nitritkonzentrationen bis zu 0,4 mg/l auf, die eine Nitratreduktion belegen. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ist ein Zwischenprodukt des Nitratabbaus, das innerhalb einer Reaktionskette zu Stickstoffgas ( $\text{N}_2$ ) reduziert wird und im Grundwasser nicht dauerhaft stabil ist. Nitrit ist unter den hydrogeologischen Randbedingungen im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Satzvey ein eindeutiger Indikator für ablaufende Nitratabbaureaktionen, wobei die Befunde immer nur vereinzelt auftreten und hier keine Rückschlüsse auf einen Abbauprozess zulassen.

In den im östlichen Teil des Einzugsgebiets gelegenen Messstellen zeigen die hohen Nitratkonzentrationen und der parallele Verlauf der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte an, dass die Grundwasserbeschaffenheit von den Stoffeinträgen abhängt, denn unter landwirtschaftlich genutzten Flächen werden die genannten Ionen meist einem gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen. Ein Einfluss von Denitrifikationsprozessen auf die Grundwasserbeschaffenheit ist nicht erkennbar.

Im westlichen Teil des Einzugsgebiets liegen mehrere Grundwassermessstellen mit geringen Nitratkonzentrationen. Einige dieser Messstellen zeigen insgesamt nur geringe anthropogene Einflüsse, die deutlich kleiner als im Rohwasser sind. In diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass die bekannten Heterogenitäten insbesondere innerhalb der Kölner Schichten dazu führen, dass die Bereiche um die Messstellenfilter nur eingeschränkt am Strömungsgeschehen innerhalb des Grundwasserleiters teilnehmen. In anderen Messstellen zeigen sich niedrige Nitratwerte in Kombination mit erhöhten Chlorid- und Sulfatkonzentrationen. Der anhand der Chlorid- und Sulfatdaten erkennbare anthropogene Einfluss lässt auch erhöhte Nitratreinträge in das Grundwasser erwarten. Da diese in einigen Messstellen nur gering ausfallen - es sind immer Nitratkonzentrationen im einstelligen Konzentrationsbereich messbar - ist mindestens punktuell von einer Nitratreduktion auszugehen, ohne dass ein Abbauprozess identifiziert werden kann.

Für die Bewertung der Höhe des Nitratabbaupotenzials werden die Rohwasserdaten herangezogen, deren zeitlicher Verlauf für den Brunnen 2 bereits exemplarisch in Abbildung 117 dargestellt wurde. Die lineare Korrelation zwischen Nitrat und Chlorid sowie Nitrat und Sulfat zeigt bei gleichbleibenden Hydrogencarbonatwerten an, dass die Rohwasserbeschaffenheit im Wesentlichen durch das Eintragungsgeschehen geprägt wird und Nitratabbauvorgänge keine nennenswerte Rolle spielen (Abbildung 118). Lediglich einige erhöhte Sulfatwerte, die zur Verdeutlichung eingekreist wurden, deuten auf eine Sulfatmobilisation aus dem Grundwasserleiter und damit auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) hin. Zeitlich sind diese hohen Sulfatwerte in Kombination mit Chloridkonzentrationen um 50 mg/l bereits Mitte der 1980er Jahre aufgetreten (Abbildung 117). Die ak-

tuellen Sulfatkonzentrationen um 160 mg/l gehen mit deutlich höheren Chloridwerten um 75 mg/l einher und sind kein Indiz für eine Sulfatfreisetzung, sondern für einen kombinierten Chlorid- und Sulfateintrag mit dem Sickerwasser.

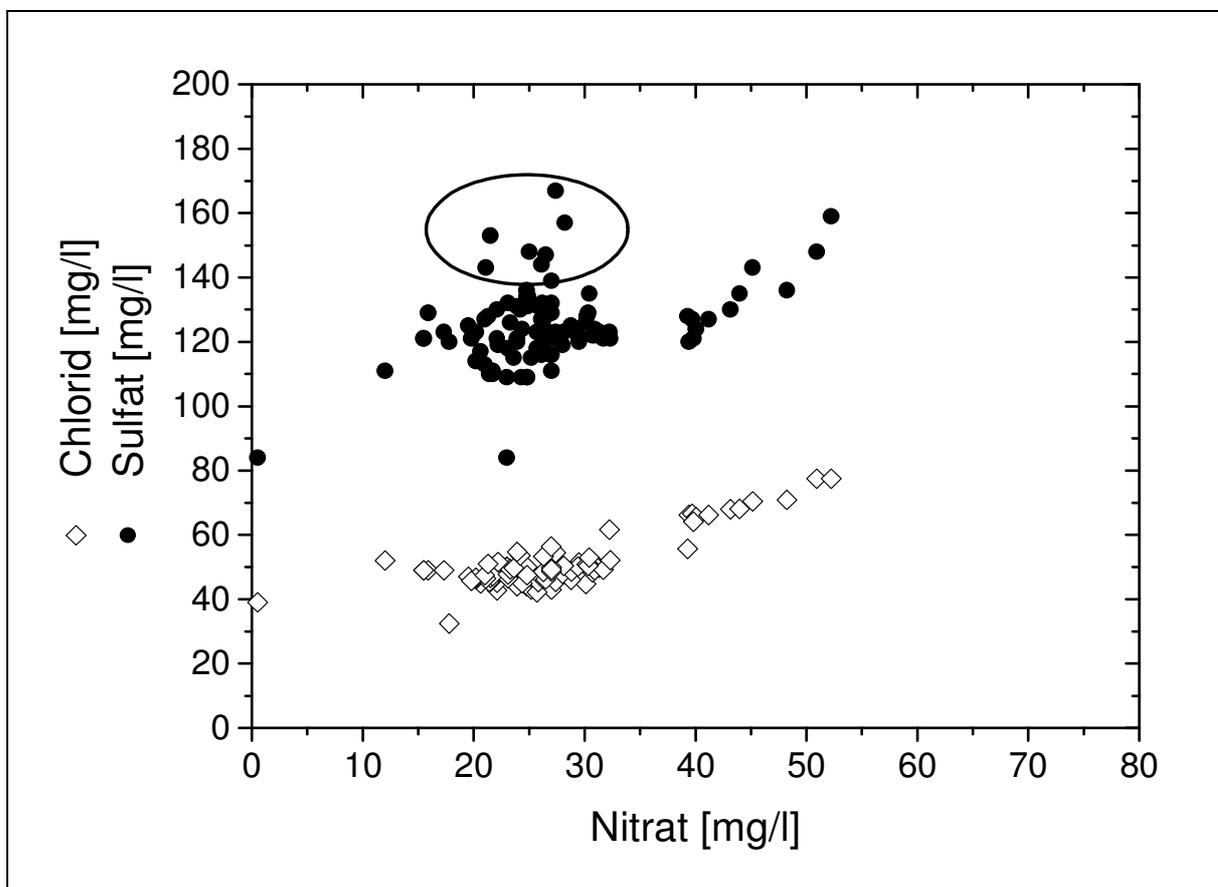


Abbildung 118: Korrelation zwischen den Nitratkonzentrationen und den Chlorid- bzw. Sulfatwerten im Rohwasser des Brunnens 2 der Wassergewinnungsanlage Satzvey.

Das Rohwasser zeigt als integrales Maß für die Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet an, dass Nitratabbauvorgänge nur von untergeordneter Bedeutung sind und das Nitratabbau Potenzial innerhalb des Einzugsgebietes als gering oder lokal begrenzt einzustufen ist. Die Rohwasserdaten deuten darauf hin, dass in der 1980er Jahren in geringem Umfang eine chemo-lithotrophe Denitrifikation stattgefunden hat und dieses Abbaupotenzial erschöpft ist.

### 3.28.5.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Der Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, an dem auch die Verbandswasserversorgung Euskirchen GmbH beteiligt ist, betreibt seit 1996 auch im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Satzvey landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperationsarbeit, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.29 Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal betreibt insgesamt sechs Wassergewinnungsanlagen mit Wasserrechten in einer Gesamthöhe von 5,750 Mio. m<sup>3</sup>/a, die sich wie folgt auf die einzelnen Gewinnungsstandorte verteilen.

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen mit Aufbereitung:

- Arloff		1,100 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Heimerzheim		2,500 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Ludendorf	Horizont 10	0,120 Mio. m <sup>3</sup> /a
	Horizont 8	0,280 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Nöthen		1,000 Mio. m <sup>3</sup> /a

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen ohne Aufbereitung:

- Engelbertusbrunnen	0,700 Mio. m <sup>3</sup> /a
- Kalkarer Stollen	0,050 Mio. m <sup>3</sup> /a

Das Wasserrecht in Arloff wurde für einen Pumpversuch erteilt, mit dessen Hilfe die Auswirkungen der Förderung auf nahegelegene Schutzgüter wie das Feuchtgebiet des Kalkarer Moors bewertet werden sollen. Ende 2014 wurde auf der Grundlage der Untersuchungen ein Wasserrecht in Höhe von 0,750 Mio. m<sup>3</sup>/a beantragt.

#### 3.29.1 Wassergewinnungsanlage Arloff

Die Wassergewinnungsanlage Arloff erschließt mit den beiden Brunnen, die für den Betriebspumpversuch genutzt wurden und langfristig betrieben werden sollen, die mitteldevonischen Kalksteine in der nordöstlichen Sötenicher Kalkmulde bzw. im östlichen Antweiler Graben. Der Förderhorizont wird dem lokalen zweiten Grundwasserstockwerk zugeordnet. Die oberflächennah anstehenden quartären Niederterrassenkiese der Erft bilden das oberste Grundwasserstockwerk, dem meist auch die tertiäre Grabenfüllung zuzurechnen ist. Lokal schalten sich tertiäre Tone ein, die zur Ausbildung eines eigenständigen zweiten tertiären Grundwasserstockwerks führen. In diesen Fällen sind die im Liegenden anschließenden Kalkschichten des Mitteldevons als drittes Stockwerk anzusprechen.

##### 3.29.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen ist nitratfrei, wie exemplarisch anhand der Daten des Brunnens 6 erkennbar ist (Abbildung 119).

##### 3.29.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Innerhalb der quartären Talschotter liegen für sieben Grundwassermessstellen aktuelle hydrochemische Daten vor. Die mittlere Nitratkonzentration beträgt 66 mg/l wobei die Einzelwerte zwischen zwei und Zweihundert Milligramm pro Liter schwanken.

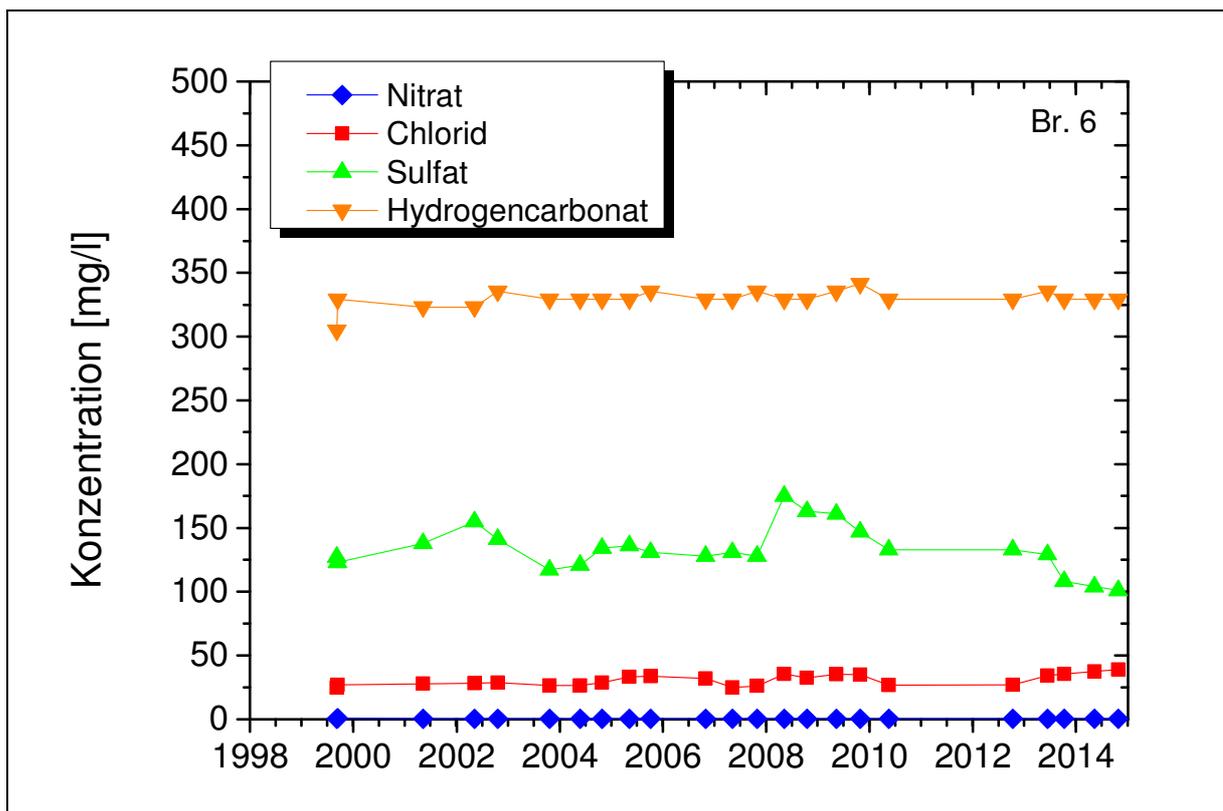


Abbildung 119: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 6 der Wassergewinnungsanlage Arloff.

Innerhalb der tertiären Füllung des Antweiler Grabens liegen lediglich für zwei Grundwassermessstellen hydrochemische Daten vor, die außerdem bereits 10 Jahre alt sind. Mit Null bzw. 20 mg/l sind die Nitratwerte hier gering, aber die Datenlage kann nicht als repräsentativ angesehen werden.

Im Förderhorizont der mitteldevonischen Kalksteinsolgen befinden sich 13 Messstellen mit aktuellen Grundwasserbeschaffenheitsdaten. Die Nitratkonzentrationen betragen hier Null bis 77 mg/l bei einem Mittelwert von 26 mg/l.

### 3.29.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Mit einem Flächenanteil von über zwei Dritteln wird der weitaus größte Teil des Einzugsgebiets landwirtschaftlich genutzt. Waldgebiete finden sich in den Randbereichen im Norden am Billiger Horst sowie im Osten und Südwesten, wogegen sich Siedlungsgebiete mit einem Flächenanteil unter 10 % auf die Ortslagen von Arloff, Kirspenich und Antweiler beschränken. Das Forschungszentrum Jülich gibt anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers an, die für die Waldgebiete unter 10 mg/l liegen und unter Stadtflächen bis zu 50 mg/l erreichen können (Wendland et al. 2010). In landwirtschaftlich genutzten Bereichen betragen die Eintragskonzentrationen des Nitrats 50 bis 100 mg/l, lediglich ausgenommen von Gebieten mit flurnahen Grundwasserständen im Bereich des Kalkarer Moors und der Erftaue. Hier besitzen die Gley- bzw. Auenböden ein hohes Nitratabbaupotenzial, so dass innerhalb der ungesättigten Zone von einer Nitratreduktion auszugehen ist (Kapitel 2.4).

#### 3.29.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

In den quartären Talschottern liegen keine Hinweise auf Nitratabbaureaktionen vor. Die Nitratwerte entsprechen den Eintragskonzentrationen und die parallelen Verläufe der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen deuten darauf hin, dass die Grundwasserbeschaffenheit von den Stoffeinträgen abhängt, weil die genannten Anionen unter landwirtschaftlichen Nutzflächen sehr oft in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. In den Messstellen, deren Proben niedrige Nitratwerte zeigen, ist von einem Nitratabbau durch die chemo-organotrophe Denitrifikation - Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) - in der ungesättigten Zonen auszugehen, weil diese ausnahmslos in den Verbreitungsgebieten von Gleyen und Auenböden liegen, die aufgrund ihres hohen Anteils rezenter organischer Materie ein erhöhtes Nitratabbauvermögen besitzen. Es handelt sich um die in Kapitel 3.29.1.3 beschriebenen Gebiete mit niedrigen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter landwirtschaftlichen Nutzflächen.

In den tertiären Schichten zeigen fehlende bis geringe Nitratkonzentrationen bei einem deutlich erkennbaren anthropogenen Stoffeintrag, der anhand erhöhter Chlorid- und Sulfatkonzentrationen belegt wird, eine Denitrifikation an. Der Nitratabbauprozess ist allerdings anhand der wenigen vorliegenden Daten nicht feststellbar.

Im devonischen Förderhorizont ist zu beachten, dass es sich hierbei um einen verkarstungsfähigen Grundwasserleiter handelt, in dem von extrem heterogen verteilten hydraulischen Durchlässigkeiten, Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten und Grundwasseraltern auszugehen ist. Dieser Umstand wird dadurch verstärkt, dass der Aquifer eine große Mächtigkeit aufweist und die Messstellen bzw. Brunnen in Teufen zwischen 15 und 230 m verfiltert sind. Hierdurch sind die hydrochemischen Signaturen, die sich durch Stoffeinträge und die im Grundwasserleiter ablaufenden hydrogeochemischen Prozesse ergeben, oft schwer zu interpretieren. Die Chemie der Grundwässer wird außerdem durch den Kontakt mit den Kalksteinen geprägt, was das Erkennen der Nitratreduktion durch organische Substanz erschwert. Bei dieser Reaktion wird anorganischer Kohlenstoff gebildet (Kapitel 2.3.1), der in den Karbonatgesteinen ebenfalls vorhanden ist, so dass die Ursache für Änderungen beispielsweise der Hydrogencarbonatkonzentrationen nicht eindeutig zu belegen sind.

Zieht man die Chloridkonzentrationen als Maß für die Höhe des anthropogenen Einflusses heran, zeigen die Wässer im devonischen Grundwasserleiter im Mittel mit 45 mg/l ein geringeres Niveau als im Quartär mit 65 mg/l. Die Nitratmittelwerte betragen 66 mg/l im quartären Aquifer und 26 mg/l im Devon. Die größere absolute und prozentuale Differenz im Vergleich zum Chlorid weist ebenso auf Nitratabbauvorgänge hin wie die Tatsache, dass in mehreren Messstellen nitratfreie Grundwässer auftreten, die durch erhöhte Chlorid- und Sulfatkonzentrationen gekennzeichnet sind. In landwirtschaftlich genutzten Gebieten sind mit den erhöhten Chlorid- und Sulfatwerten zwingend auch Nitrateinträge in das Grundwasser verbunden, denn diese drei Ionen weisen im Sickerwasser unter landwirtschaftlichen genutzten Flächen fast immer gleichbleibende Konzentrationsverhältnisse auf. Die Nitratzufuhr wird durch die Simulationen des Forschungszentrums Jülich bestätigt (Kapitel 3.29.1.3). Ausnahmen stellen lediglich die Verbreitungsgebiete der Gleye und Auenböden dar.

Die Denitrifikation findet nicht in allen Teilen des Einzugsgebiets statt. Ohne erkennbaren räumlichen oder tiefenbezogenen Zusammenhang bei ansonsten vergleichbarer Grundwasserbeschaffenheit ist eine Nitratreduktion in einigen Messstellen erkennbar und fehlt in anderen. Als Prozess des Nitratabbaus deutet sich die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. die Nitratreduktion durch Sulfidminerale an (Kapitel 2.3.2). Der Prozess ist anhand der Höhe und Tiefenverteilung der Sulfatkonzentrationen erkennbar. Während im quartären Grundwasserleiter maximal 100 mg/l Sulfat gemessen werden, treten im devonischen Aquifer in mehreren Messstellen Werte über 100 mg/l auf und können lokal sogar bis zu 300 mg/l erreichen. Auch das Rohwasser des Brunnens 6 enthielt 2013 bis zu 129 mg/l Sulfat, wobei im Jahr 2008 bis zu 175 mg/l erreicht wurden (Abbildung 119). Die erhöhten Sulfatkonzentrationen gehen mit fehlenden Nitratwerten einher. Als Erklärung hierfür kommt nur eine Sulfatfreisetzung innerhalb des Grundwasserleiters in Betracht, die bei der Nitratreduktion durch Sulfidminerale stattfindet. Diese Reaktion ist allerdings ohne erkennbares räumliches Muster auf Teile des Einzugsgebiets beschränkt.

#### 3.29.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen. Dieser betreibt seit 1996 auch im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Arloff eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, um u. a. die Stickstoffinträge in das Grundwasser zu verringern.

### 3.29.2 Wassergewinnungsanlage Heimerzheim

Die Wassergewinnungsanlage Heimerzheim gewinnt ihr Rohwasser mittels drei Vertikalfilterbrunnen, die in der Hauptkies-Serie (Horizont 8 nach Schneider & Thiele 1965) verfiltert sind. Die Hauptkies-Serie stellt in weiten Teilen des Einzugsgebiets das dritte lokale Grundwasserstockwerk dar. Stockwerkstrennend wirken die Tone der Rotton-Serie. Beide Grundwassernichtleiter, d. h. der Obere (Horizont 9C) und der Untere Rotton (Horizont 9A) streichen am Süd- bzw. Südostrand des Einzugsgebiets aus. Im Oberen Rotton finden sich darüber hinaus noch kleinere Fehlstellen im Nordosten des Einzugsgebiets.

#### 3.29.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen ist nitratfrei, wie die Daten des Brunnens 4 exemplarisch zeigen (Abbildung 120).

#### 3.29.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Das oberste quartäre Grundwasserstockwerk ist in weiten Teilen des Einzugsgebiets aufgrund der Sümpfungsmaßnahmen zur Trockenhaltung des Tagebaus Hambach und den damit verbundenen Absenkungen der Grundwasserstände trocken gefallen. Von den neun Grundwassermessstellen, zu denen Analysen vorliegen, sind nur zwei aktuell. Daher kann für die Nitratkonzentrationen dieses Aquifers nur eine Größenordnung angegeben werden, die zwischen 50 und 100 mg/l liegt.

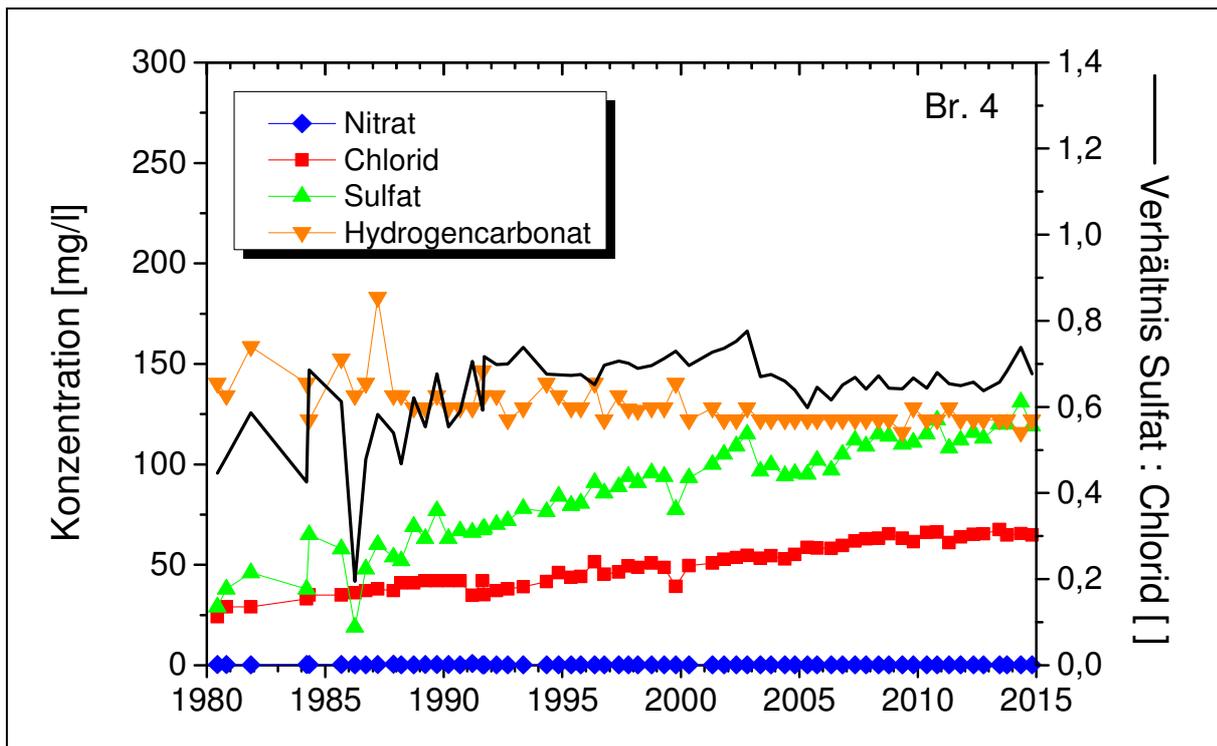


Abbildung 120: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen 4 der Wassergewinnungsanlage Heimerzheim.

Im Horizont 9B stehen hydrochemische Daten zu sechs Messstellen zur Verfügung, von denen drei Datensätze aktuell sind. Hier liegen die Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 85 mg/l und somit auf einem vergleichbaren Niveau.

Der Förderhorizont 8 (Hauptkies-Serie) ist sehr gut mit Messstellen erschlossen, so dass für insgesamt 14 Grundwassermessstellen aktuelle Analysen vorliegen. In sechs Grundwassermessstellen, die alle im nördlichen Teil des Einzugsgebiets nördlich der B 56 zwischen Buschhoven und Miel liegen, sind die Proben nitratfrei. In den übrigen Messstellen, die sich auf den Südteil des Einzugsgebiets verteilen bzw. im Einstrombereich aus den oberen Grundwasserleitern befinden, treten Nitratwerte zwischen 15 und 70 mg/l auf.

### 3.29.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Flächennutzung im Einzugsgebiet wird mit einem Anteil von zwei Dritteln durch Landwirtschaft dominiert. Das übrige Flächendrittel verteilt sich auf Waldgebiete, die überwiegend im Norden des Einzugsgebiets und bei Morenhoven auftreten sowie Siedlungsgebiete, von denen die Stadt Meckenheim am Südrand des Einzugsgebiets den größten Anteil aufweist. Das Forschungszentrum Jülich gibt anhand von Modellrechnungen Nitratwerte des Sickerwassers an, die unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist zwischen 50 und 100 mg/l liegen (Wendland et al. 2010). Ausnahmen bilden die Verbreitungsgebiete von Pseudogleyen, denen bei den Modellrechnungen ein hohes Nitratabbauvermögen unterstellt wird, das durch die Grundwasseranalysen allerdings weder hier noch an anderen Standorten bestätigt wer-

den kann, so dass die Nitratreintragswerte lokal unterschätzt bzw. die Nitratabbaureaktionen überschätzt werden. Während die Waldstandorte Konzentrationen unter 10 mg/l aufweisen, betragen die Nitratwerte des Sickerwassers unter Siedlungsgebieten 25 bis 50 mg/l.

### 3.29.2.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im quartären oberflächennahen Grundwasserleiter sind keine Anzeichen für Nitratabbaureaktionen erkennbar. Die Eintragskonzentrationen des Sickerwassers finden sich im Grundwasser wieder, wobei hier nur eine geringe Datendichte vorliegt. Da die Konzentrationen des Nitrats, Chlorids und Sulfats vergleichbare Entwicklungen aufweisen, ist davon auszugehen, dass die Stoffeinträge die Grundwasserbeschaffenheit prägen. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen werden die genannten Ionen häufig in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen, so dass sich die Ganglinienverläufe ähneln, falls sie nicht durch Nitratabbauvorgänge überprägt werden, was hier nicht zu erkennen ist.

Im Horizont 9B ist ebenfalls keine Denitrifikation nachweisbar. Neben dem erhöhten Konzentrationsniveau zwischen 50 und 85 mg/l Nitrat (Kapitel 3.29.2.2), das sich nicht von dem des quartären Aquifers unterscheidet, zeigt auch hier die Konzentrationsentwicklung der verschiedenen Anionen einen konservativen Transport an, der nicht durch hydrogeochemische Prozesse wie die Nitratreduktion beeinflusst wird. Dies ist beispielsweise an den gleichartigen Konzentrationsanstiegen des Nitrats, Chlorids und Sulfats in mehreren Messstellen erkennbar, exemplarisch dargestellt in Abbildung 121 für die Messstelle 340401.

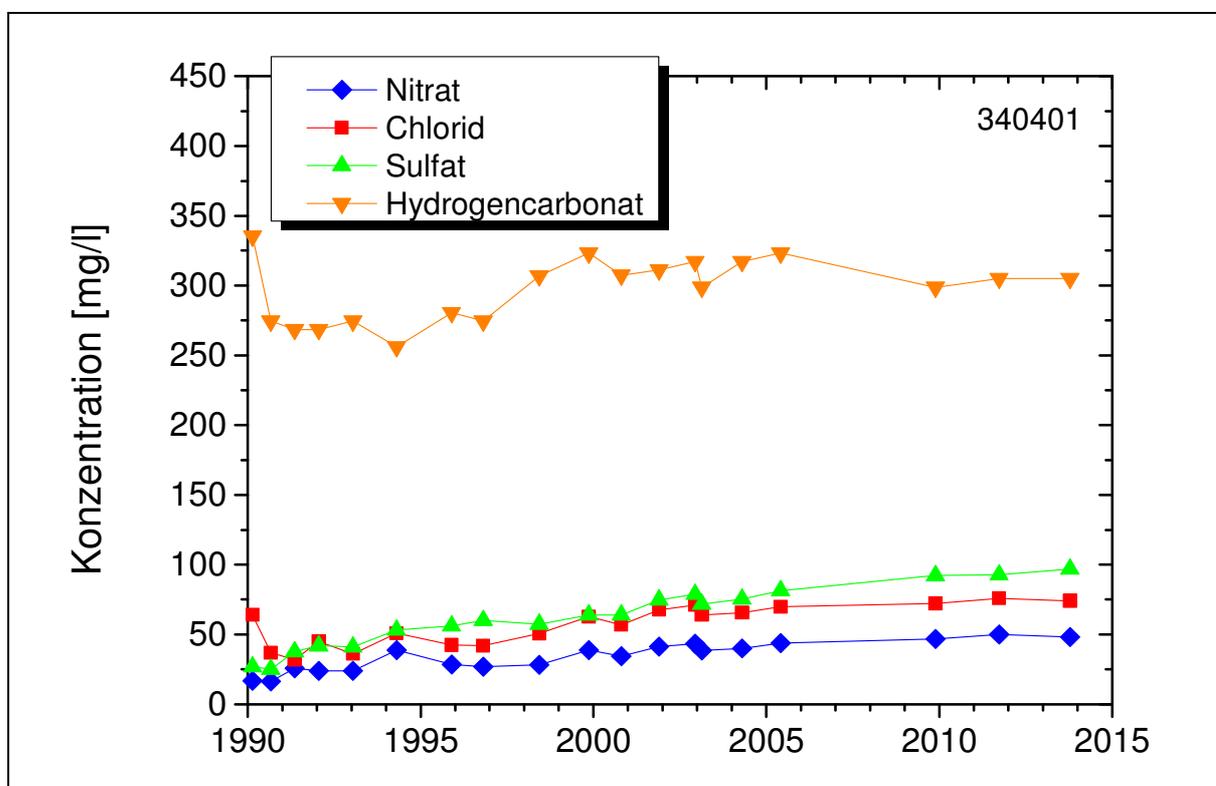


Abbildung 121: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 340401 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Heimerzheim.

Im Fall eines Nitratabbaus, d. h. eines reaktiven Stofftransports, würden die Nitratwerte niedrig bleiben und gleichzeitig eine Sulfatfreisetzung - bei der chemo-lithotropen Denitrifikation, Nitratreduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) - bzw. eine Mobilisation von anorganischem Kohlenstoff, erkennbar an einem Anstieg der Hydrogencarbonatwerte - bei der chemo-organotropen Denitrifikation, Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) - stattfinden. Da keine entsprechende reaktionsbeeinflusste Entwicklung erfolgt, ist von einem konservativen Stofftransport auszugehen.

Im Förderhorizont 8 findet definitiv eine Nitratreduktion statt. Die nitratfreien Rohwässer zeigen in Kombination mit erhöhten Chlorid- und Sulfatwerten einen deutlichen anthropogenen Einfluss an (Abbildung 120). Dieser ist in landwirtschaftlich genutzten Gebieten immer auch mit Nitratreinträgen in das Grundwasser verbunden, die sowohl im oberflächennahen Grundwasser als auch im Horizont 9B nachgewiesen werden (Kapitel 3.29.2.2) und gleichzeitig weitgehend den Prognosen zur Sickerwasserbeschaffenheit entsprechen (Kapitel 3.29.2.3).

Der Nachweis des Abbauprozesses ist anhand der Rohwasserdaten unsicher. Die Analysen des Brunnens 2 sind durch die teilweise Belüftung des Filters überprägt und der Brunnen 5 ist erst wenige Jahre alt. Im Brunnen 4 zeigen sich Schwankungen der Sulfatwerte, ohne dass das molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis einen signifikanten Anstieg zeigt (Abbildung 120). Sulfat und Chlorid werden bei landwirtschaftlicher Nutzung häufig in stabilen Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen. Eine Zunahme dieses Verhältnisses zeigt daher unabhängig vom Konzentrationsniveau eine Freisetzung von Sulfat und somit einen Nitratabbau durch Sulfidminerale an (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2). Dieser Prozess kann hier anhand der Rohwasserdaten nur vermutet werden.

Einen eindeutigen Beleg für die chemo-lithotrophe Denitrifikation liefern die Analysen einer Grundwassermessstelle (640402) aus dem Einzugsgebiet (Abbildung 122). Diese Messstelle liegt am Südwestrand des Einzugsgebiets in einem Raum, der sehr wahrscheinlich durch einen Grundwassereinstrom aus dem Horizont 9B und somit einen Nitratreintrag gekennzeichnet ist und sie weist außerdem eine bauliche Besonderheit auf. Die Messstelle besitzt zwei Filterelemente in einem Messrohr, von denen sich das eine an der Basis des Horizonts 8 und das andere 30 m höher am Top des Grundwasserleiters befindet. Am Top des Aquifers wurden kiesige Sedimente abgelagert, während an der Basis sandige Ablagerungen vorherrschen. Bei der Beprobung der Messstelle mit einer typischen Einhängtiefe der Pumpe einen Meter über der Filteroberkante, fließt die Hauptwassermenge aus dem höher durchlässigen Bereich zu, der sich am Top des Horizonts 8 befindet. Die zugehörige Wasserchemie ist in der Abbildung 122 zwischen 1990 und 2000 erkennbar. Zwar zeigt der leichte Anstieg des Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in diesem Zeitraum die Freisetzung von Sulfat und damit eine Nitratreduktion durch Sulfide an, aber die erhöhten und weiter steigenden Nitratwerte belegen, dass das Abbaupotenzial nur gering ist. 1998 ist der Grundwasserstand durch die Auswirkungen der Sumpfungsmaßnahmen so weit abgesunken, dass der obere Filter belüftet wird und im Jahr 2000 schließlich trocken fällt. In diesen zwei Jahren steigen die Sulfatwerte deutlich an, ohne dass sich die Nitratkonzentrationen nennenswert verändern. Dies ist auf eine Belüftung der Sedimente mit Sauerstoff aus der Atmosphäre über den Filter des Messrohres zurückzuführen. Die wenigen noch im Sediment vorhandenen Sulfide werden dadurch oxidiert und bewirken den kurzfristigen Anstieg der Sulfatkonzentrationen.

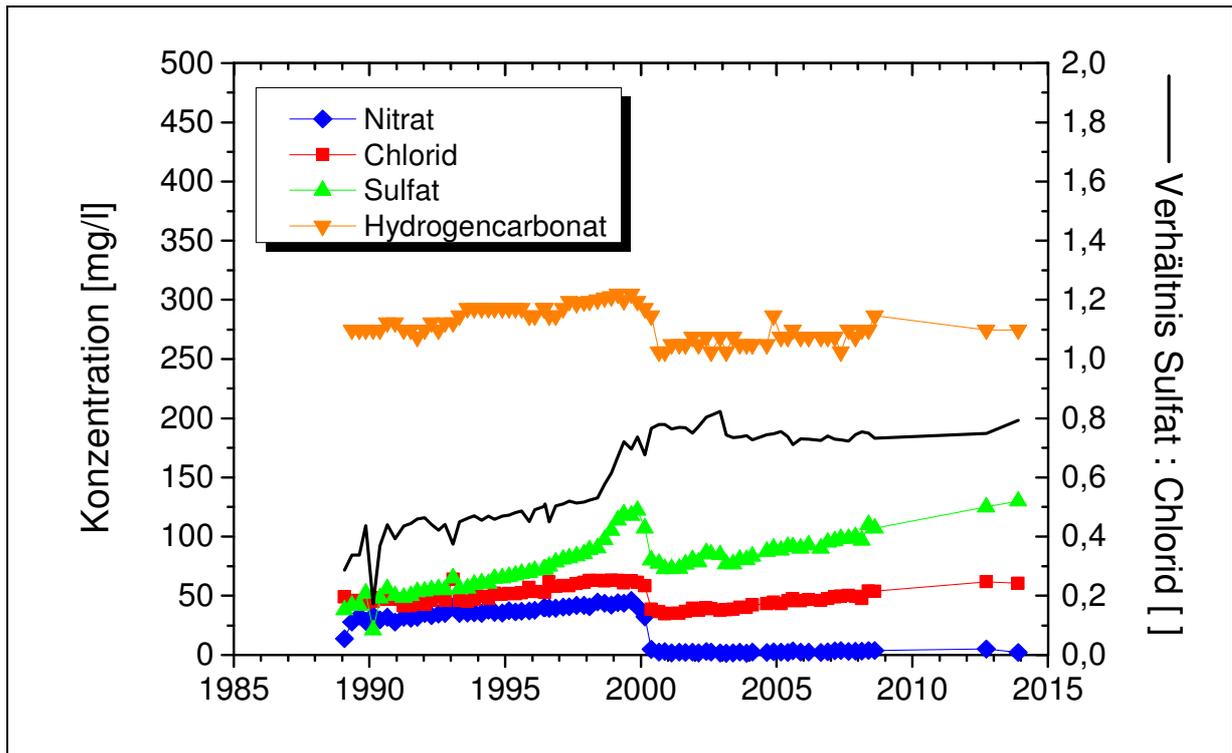


Abbildung 122: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 640402 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Heimerzheim.

Ab 2000 geben die hydrochemischen Daten die Grundwasserbeschaffenheit an der Horizontbasis wieder. Hier ist die Gesamtmineralisation etwas geringer, aber es ist ebenfalls bereits Nitrat nachweisbar, wenn auch im einstelligen Konzentrationsbereich (Abbildung 122). Das höhere Niveau des Sulfat : Chlorid-Verhältnisses zeigt hier die Nitratreduktion durch Eisendisulfidminerale an. Die Hydrogencarbonatwerte sind wie auch die pH-Werte stabil, so dass sich keine Hinweise auf einen Nitratabbau durch organische Materie ergeben.

Die höchsten im Förderhorizont gemessenen Nitratwerte finden sich überwiegend in Messstellen, die am Top des Horizonts 8 verfiltert sind. Bei der Interpretation der Verteilung der Nitratkonzentrationen ist somit neben der Ausbildung der Rottone als Stockwerksbildner und hydraulischer Barriere gegen Stoffeinträge sowie der Störungen, an denen in Abhängigkeit von der Versatzhöhe ein Einstrom aus dem Horizont 9B stattfinden kann, auch die tiefenabhängige Verteilung des Nitratabbaupotenzials innerhalb des Förderhorizonts zu beachten.

### 3.29.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen. Dieser betreibt in den Einzugsgebieten seit 1996 landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperationen, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern. Die Einzugsgebiete der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Heimerzheim und Ludendorf werden hierbei gemeinsam betrachtet.

### 3.29.3 Wassergewinnungsanlage Ludendorf

Die Wassergewinnungsanlage Ludendorf betreibt zwei Vertikalfilterbrunnen, von denen je einer im Horizont 10 und im Horizont 8 verfiltert ist. Der Horizont 10 stellt das zweite lokale Grundwasserstockwerk dar und wird am Gewinnungsstandort von den Tonen der Tegelen (Horizont 13) bzw. Reuver-Serie (Horizont 11) überdeckt. Die Tonschicht streicht in südlicher Richtung aus, so dass hier ein direkter hydraulischer Kontakt des Förderhorizonts zum quartären Grundwasserleiter besteht, der aufgrund der hoch anstehenden Tone allerdings nur lokal grundwasserführend ist. Der Förderhorizont 8 (Hauptkies-Serie) bildet am Gewinnungsstandort das vierte lokale Grundwasserstockwerk, weil sowohl der Obere (Horizont 9C) als auch der Untere Rotton (Horizont 9A) verbreitet sind. Der Horizont 9B weist als Grundwasserleiter allerdings nur eine geringe Mächtigkeit auf. Unklar ist die Lage des Einzugsgebiets, das in Abhängigkeit von der hydraulischen Wirksamkeit des Essiger Sprungs entweder nach Süden durch diese Störung begrenzt wird und sich in westliche oder östliche Richtung erstreckt oder bei fehlender hydraulischer Wirksamkeit weiter nach Süden reicht. Hierzu finden derzeit weitergehende Auswertungen einschließlich des Neubaus von Grundwassermessstellen statt. Hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit werden beide Optionen betrachtet.

#### 3.29.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des im Horizont 10 verfilterten Brunnens 2 enthält derzeit etwa 55 mg/l Nitrat (Abbildung 123), wobei bereits in den 1990er Jahren Werte bis zu annähernd 70 mg/l Nitrat erreicht wurden. Das Rohwasser des Brunnens 3 fördert aus der Hauptkies-Serie ein nitratfreies Wasser ohne jegliche anthropogenen Einflüsse (Abbildung 124).

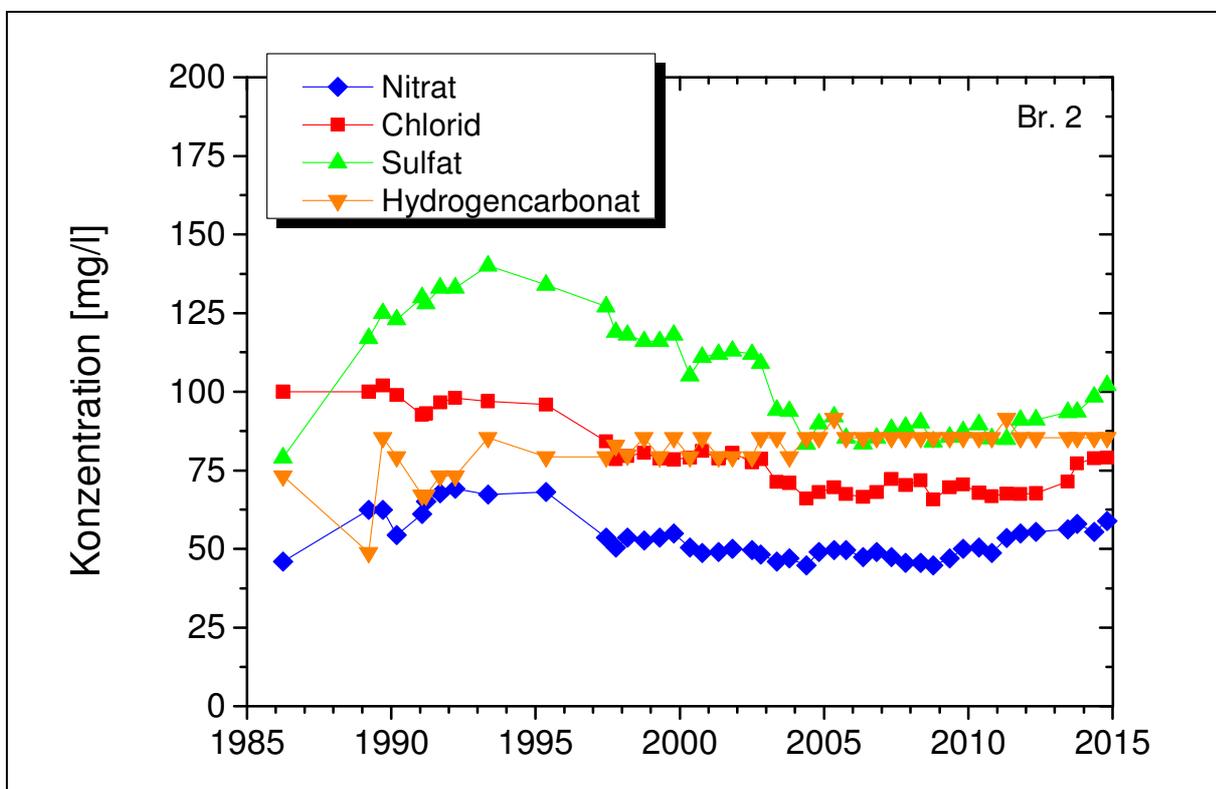


Abbildung 123: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 2 der Wassergewinnungsanlage Ludendorf.

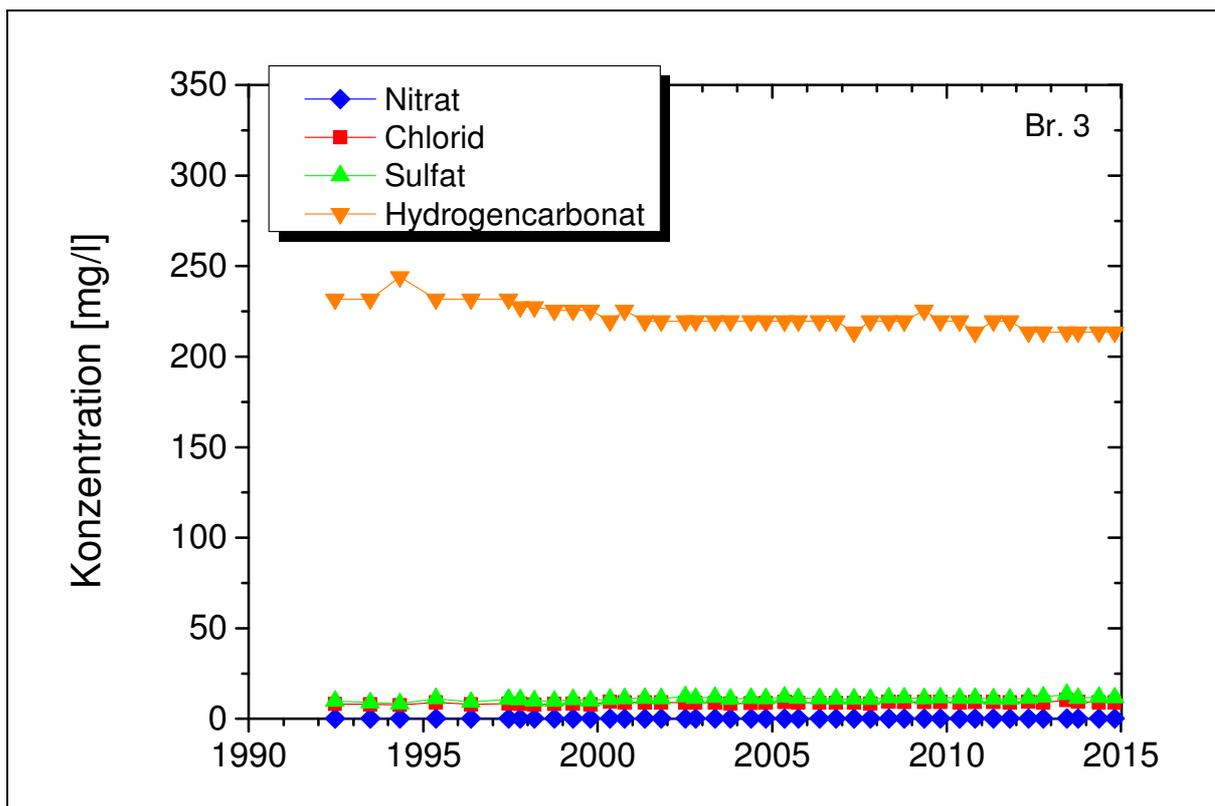


Abbildung 124: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Ludendorf.

### 3.29.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Das oberste quartäre Grundwasserstockwerk führt aufgrund der im nördlichen Teil des Einzugsgebiets verbreiteten und hoch anstehenden Tone nur lokal Grundwasser in geringer Mächtigkeit und wird daher gemeinsam mit dem Horizont 10 betrachtet. Hierbei wird einerseits auf das Einzugsgebiets des im Horizont 10 verfilterten Brunnens 2 Bezug genommen, das sich in südliche Richtung erstreckt. Andererseits wird für den selben Horizont und die tieferen Leiter das größere Einzugsgebiet des aus der Hauptkies-Serie fördernden Brunnens 3 betrachtet, um erkennen zu können, ob und wo in den Aquiferen im Hangenden der Hauptkies-Serie ein Nitratintrag bzw. Nitratabbau (Kapitel 3.29.3.4) stattfindet. Die genaue Lage des Einzugsgebiets ist derzeit noch unklar, wie bereits in Kapitel 3.29.3 erläutert wurde.

Im Einzugsgebiet des Brunnens 2 sind im Förderhorizont 10 vier Messstellen verfiltert, zu denen aktuelle Analysen vorliegen. In allen Messstellen zeigen sich erhöhte Nitratwerte zwischen 40 und 80 mg/l. Der aufgrund der geringen Datendichte wenig aussagekräftige Mittelwert entspricht mit 56 mg/l Nitrat trotzdem sehr gut der Nitratkonzentration des Rohwassers von aktuell 55 mg/l (Kapitel 3.29.3.1).

Betrachtet man das potenzielle Einzugsgebiet des in der Hauptkies-Serie verfilterten Brunnens 3 und unterstellt eine hydraulische Wirksamkeit des Essiger Sprungs, ist ein Zustrom zum Brunnen aus östlich und anteilig aus westlicher Richtung denkbar. In diesem Gebiet sind 13 Messstellen im Horizont 10 verfiltert, zu denen aktuelle Analysen verfügbar sind. Die

Nitratwerte schwanken hier zwischen 24 und 108 mg/l, wobei der Mittelwert wie im kleineren Einzugsgebiet des im Horizont 10 verfilterten Brunnens 56 mg/l Nitrat beträgt.

Sollte der Essiger Sprung keine oder eine verminderte hydraulische Wirksamkeit besitzen und sich das Einzugsgebiet vorwiegend in südliche Richtung ausdehnen, hätte dies nur geringfügige Auswirkungen auf den auszuwertenden Messstellenbestand im Horizont 10. Hier sind 10 Messstellen mit aktuellen Analysen zu betrachten, von denen neun zwischen dem Ludendorfer und dem Essiger Sprung liegen und somit in der vorgenannten Auswertung bereits enthalten waren. Der Mittelwert beträgt hier 51 mg/l Nitrat.

Im Horizont 9B sind unabhängig von der Lage des Einzugsgebiets weniger Messstellen verfiltert, weil dieser Horizont nur geringmächtig und teilweise vollständig vertont ist. Bei einer hydraulischen Wirksamkeit des Essiger Sprungs und einer Erstreckung des Einzugsgebiets in Ost-West-Richtung sind aktuelle hydrochemische Daten aus lediglich einer Messstelle zu betrachten, die Nitratkonzentrationen von aktuell 69 mg/l zeigt. In einer weiteren Messstelle ist der Horizont 9B lediglich einen Meter mächtig und hydraulisch nicht an die übrigen Verbreitungsbereiche dieses Aquifers angebunden, wie die Grundwasseranalysen zeigen.

Bei einer verminderten hydraulischen Wirksamkeit des Essiger Sprungs, verbunden mit einer Erstreckung des Einzugsgebiets in südliche Richtung, sind vier Messstellen zu betrachten, deren Nitratwerte zwischen 53 und 78 mg/l liegen und die im Mittel 63 mg/l Nitrat enthalten.

Im Förderhorizont 8 zeigt sich unabhängig von den hinsichtlich der Lage des Einzugsgebiets zu betrachtenden Varianten eine uneinheitliche Verteilung der Nitratkonzentrationen, die im Zusammenhang mit der Erläuterung der Nitratreduktionsprozesse im Kapitel 3.29.3.4 näher beschrieben wird. Insgesamt liegen Grundwasseranalysen von Proben aus 11 Messstellen vor, wobei in diesem Fall aufgrund der Komplexität auch Altdaten herangezogen werden. Die Nitratkonzentrationen schwanken im Horizont 8 zwischen Null und 63 mg/l.

### 3.29.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet des im Horizont 10 verfilterten Brunnens findet ausschließlich eine landwirtschaftliche Nutzung statt. Die Böden sind im Bereich der Gewinnungsanlagen als Auenböden des Jungbachs und im weiteren Teil des Einzugsgebiets als Parabraunerden anzusprechen. Das Forschungszentrum Jülich gibt anhand von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von überwiegend 50 bis 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). Im Verbreitungsgebiet der Auenböden sinken die Werte auf unter 10 mg/l ab, weil hier Nitratabbauvorgänge in der ungesättigten Zone erwartet werden. Diese gehen auf den Organikanteil der Auenböden zurück, der als Nitratabbau Potenzial wirkt (Kapitel 2.4).

Innerhalb des Einzugsgebiets des Brunnens, der Grundwasser aus der Hauptkies-Serie entnimmt, dominiert ebenfalls die landwirtschaftliche Nutzung. Mit den Swisttaler Ortsteilen Ludendorf und Odendorf – letzterer liegt nur bei fehlender hydraulischer Wirkung des Essiger Sprungs und damit verbundener Erstreckung des Einzugsgebiets in südliche Richtung innerhalb des Einzugsgebiets – nehmen die Siedlungsgebiete nur einen kleinen Flächenanteil ein.

Die Böden bestehen überwiegend aus Parabraunerden, die in Bachtälern von Auenböden abgelöst werden. Südlich von Miel treten lokal auch Pseudogleye auf. Die Eintragskonzentrationen des Nitrats schwanken überwiegend zwischen 50 und mehr als 100 mg/l (Wendland et al. 2010). Im Bereich der Pseudogleye wird das Nitratabbauvermögen im Boden modellseitig überschätzt. Die Messwerte im Grundwasser von durchschnittlich über 50 mg/l Nitrat stehen im Widerspruch zu den geringen modellierten Nitratwerten des Sickerwassers von weniger als 10 mg/l. In den Auen sind diese niedrigen Werte hingegen plausibel.

### 3.29.3.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Im oberflächennahen Grundwasser einschließlich des Horizonts 10 liegen keine Hinweise auf Nitrat-abbauvorgänge vor. Die Nitratkonzentrationen entsprechen den Eintragswerten und zeigen eine den Chlorid- und Sulfatkonzentrationen vergleichbare zeitliche Entwicklung. Da unter landwirtschaftlich genutzten Flächen Nitrat, Chlorid und Sulfat häufig in einem gleichbleibenden Konzentrationsverhältnis in das Grundwasser eingetragen werden, lässt sich aus dem gleichartigen Verlauf der Ganglinien ein konservativer Stofftransport ableiten, der nicht durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation überprägt wird.

Die gleiche Bewertung trifft überwiegend auch auf den Horizont 9B zu, dessen Nitratkonzentrationsniveau dem des oberflächennahen Grundwassers entspricht. Lediglich in einer Messstelle zeigen niedrige Nitratkonzentrationen bei steigenden Chlorid- und Sulfatwerten an, dass mindestens anteilig eine Nitratreduktion stattfindet (Abbildung 125).

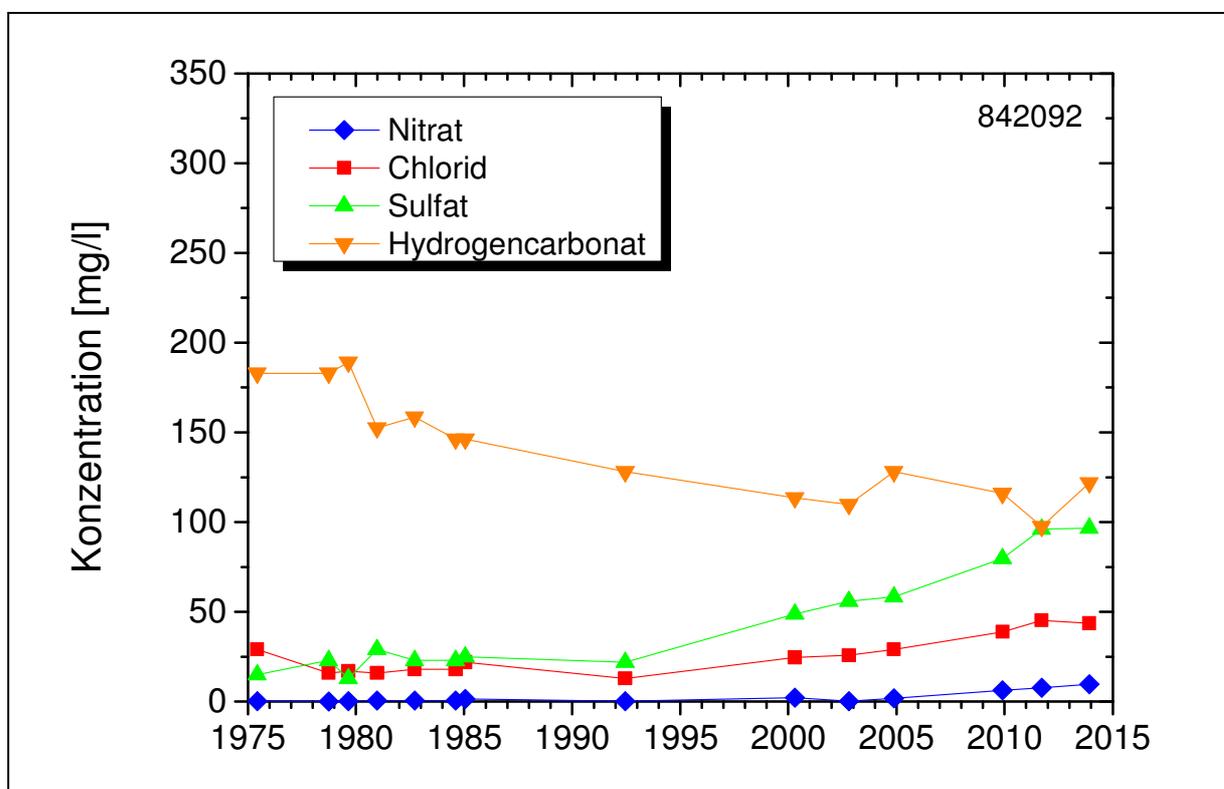


Abbildung 125: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 842092 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Ludendorf.

Der starke Anstieg der Sulfatkonzentrationen, der auch mit einer Zunahme des molaren Sulfat:Chlorid-Konzentrations-Verhältnisses von 0,6 im Jahr 1992 auf über 0,8 ab dem Jahr 2011 verbunden ist und somit eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment belegt, zeigt eine chemo-lithotrophe Denitrifikation an, d. h. eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2). Allerdings kann aus dem Anstieg der Nitratkonzentrationen abgeleitet werden, dass das Abbaupotenzial nahezu erschöpft ist. Die Abbauwirkung ist außerdem lokal begrenzt und tritt nur am äußersten Nordwestrand des Einzugsgebiets auf. Eine Relevanz für die Wasserqualität im tieferen Förderhorizont 8 ergibt sich somit nicht.

Im Horizont 8 (Hauptkies-Serie) macht die heterogene Verteilung der Nitratkonzentrationen eine vertiefte Betrachtung der geologischen Verhältnisse, der Grundwasserströmung und der hydrogeochemischen Prozesse erforderlich. Westlich bis nordwestlich des Förderbrunnens liegen im Nahbereich des Ludendorfer Sprungs zwei Messstellen, in denen die Beschaffenheit des Grundwassers wie auch des Rohwassers keinen anthropogenen Einfluss erkennen lässt und somit auch frei von Nitrat ist. In einem Fall handelt es sich allerdings um Altdaten aus den 1980er Jahren, was die Aussagekraft einschränkt.

Östlich bis nordöstlich des Brunnens ist das Wasser in zwei weiteren brunnennahen Messstellen nitratfrei bis nitratarm, lässt aber anhand der erhöhten Chlorid- und Sulfatwerte einen anthropogenen Einfluss und somit einen Nitratabbau erkennen. Da Chlorid- und Sulfateinträge unter landwirtschaftlichen Nutzflächen in diesem Raum immer auch mit einer Nitratzufuhr verbunden sind, zeigen die fehlenden Nitratwerte in diesem Fall eindeutig eine Denitrifikation an. Gleiches gilt auch für eine weiter entfernt gelegene Messstelle bei Peppenhoven, die im Fall einer hydraulischen Wirksamkeit des Essiger Sprungs und einer Erstreckung des Einzugsgebiets in östliche Richtung zu betrachten ist. Die zugehörigen Grundwasseranalysen stammen zwar aus den 1990er Jahren, enthielten aber zu dieser Zeit mehrfach Nitrit als Indikator für einen Nitratabbau. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ist ein Zwischenprodukt der Nitratreduktion, das innerhalb einer Reaktionskette zu Stickstoffgas ( $\text{N}_2$ ) reduziert wird und im Grundwasser nicht dauerhaft stabil ist. Es zeigt somit eine aktuell ablaufende Nitratabbaureaktion an. Die wenigen vorhandenen Analysen erlauben allerdings keine Identifikation des Abbauprozesses. Aufgrund der Nähe der Messstellen zum Brunnen - die Messstellen sind weniger als 500 m vom Brunnen entfernt - ist eine Auswirkung der erhöhten Mineralisation auf die Rohwasserbeschaffenheit zu erwarten, wird aber nicht beobachtet (Kapitel 3.29.3.1).

Südlich des Brunnens schließen sich in wenigen Hundert Metern Entfernung zwei Messstellen mit deutlich erhöhten Nitratkonzentrationen an. Die Proben aus beiden Messstellen beinhalten jeweils etwa 50 mg/l Nitrat sowie Chloridwerte über 70 mg/l und Sulfatkonzentrationen über 110 mg/l, wobei es sich in einem Fall um Altdaten aus dem Jahr 2001 handelt. Hier ergeben sich keine Hinweise auf Nitratabbauprozesse. Beide Messstellen befinden sich nördlich des Essiger Sprungs und sollten damit im direkten Zustrombereich des Brunnens liegen. Da die Nitratbelastung in den Messstellen bereits vor über 20 Jahren messbar war, das Rohwasser aber seit Beginn der Messungen vor über 20 Jahren keine Anzeichen eines anthropogenen Einflusses zeigt (Kapitel 3.29.3.1), deutet sich an, dass die genannten Messstellen nicht im Zustrombereich des Brunnens liegen. Das Wasser aus den Messstellen hätte den Brunnen ansonsten innerhalb weniger Jahre erreichen und zu einem Mineralisationsanstieg führen müssen. Aufgrund der Rohwasserbeschaffenheit ist ein direkter Zustrom aus

den genannten Messstellen aber ausgeschlossen, ohne dass die geologisch-hydraulischen Daten dies belegen. Die Filterpositionen, die Tiefenlage des Horizonts 8 sowie die Grundwasserstände und deren zeitliche Entwicklung sind in den betrachteten Messstellen vergleichbar. Indizien für die Lage in unterschiedlichen Horizonten oder hydraulischen Teilgebieten ergeben sich daher nicht. Eine mögliche Ursache für die fehlenden Auswirkungen auf die Rohwasserbeschaffenheit liegt darin, dass es sich bei den höher Nitrat-belasteten Messstellen um einen abgeschlossenen Teilbereich innerhalb der Hauptkies-Serie handelt. Diese weist lokal an mehreren Stellen Vertonungen und Bereiche geringer Mächtigkeit auf (s. u.).

Unter der Voraussetzung, dass der Essiger Sprung keine durchgängige hydraulische Wirksamkeit besitzt, erstreckt sich das Einzugsgebiet in südliche bis südwestliche Richtung. Aus geologischer Sicht ist hierbei zu betrachten, dass die Hauptkies-Serie im Gebiet zwischen den Rheinbacher Ortsteilen Niederdrees und Oberdrees vertont ist, wie Daten aus drei Bohrungen zeigen. Hiervon ausgehend ist der Horizont 8 in westliche Richtung bis zu den Swisttaler Ortsteilen Essig und Odendorf nur geringmächtig ausgebildet und weist mit sandig-schluffigen Korngrößen eine geringe Durchlässigkeit auf, wie die Ansprache der Sedimente aus vier weiteren Bohrungen zeigt. Diese geologische Situation wirkt sich sowohl auf das Grundwasserströmungsgeschehen als auch auf die Hydrochemie aus. Die südlich des Essiger Sprungs gelegenen Messstellen, in denen die Hauptkies-Serie kiesig ausgebildet ist, enthalten Nitrat und lassen keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen erkennen. Da der Förderhorizont in südliche Richtung in geringerer Tiefe als im Norden ansteht und die Überdeckung mit grundwasserstauenden Schichten aufgrund des Ausstreichens der Rottone abnimmt, findet hier ein Einstrom oberflächennahen Grundwassers in den Horizont 8 statt. Im Vergleich hierzu treten in den Messstellen mit sandig-schluffiger Korngrößenverteilung Nitrat-Abbauvorgänge auf. Diese sind an fehlenden Nitratbelastungen bei gleichzeitig erhöhten Chlorid- und Sulfatkonzentrationen zu belegen. Der Zustrom chlorid- und sulfatreichen Grundwassers ist in einem landwirtschaftlich genutzten Raum immer mit Nitrateinträgen verbunden. Fehlen diese, sind hieraus Nitratreduktionsvorgänge abzuleiten. Da in den hangenden Schichten kein Nitrat-Abbau stattfindet, kann dieser nur innerhalb der Hauptkies-Serie abgelaufen sein. Anhand der wenigen vorliegenden Daten kann allerdings kein Abbauprozess identifiziert werden.

Auf die Art des Denitrifikationsprozesses ergeben sich innerhalb der Hauptkies-Serie keine konkreten Hinweise. Da in nahezu allen in diesem Bericht betrachteten Standorten - auch auf der Erft-Scholle - innerhalb des Horizonts 8 eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale nachgewiesen werden konnte, ist dieser Prozess auch im Einzugsgebiet des Ludendorfer Brunnens wahrscheinlich. Allerdings zeigen die Grundwasseranalysen, dass das Nitrat-Abbaupotenzial auf wenige Teilgebiete des Förderhorizonts beschränkt ist. Diese befinden sich einerseits östlich des Brunnens in dessen Nahbereich. Erstreckt sich das Einzugsgebiet weiter nach Osten, kann auch hier von einer Denitrifikation ausgegangen werden. Erfolgt der Zustrom zum Brunnen eher aus südlicher Richtung, kann nur im Zusammenhang mit einem sandig-schluffigen Korngrößenspektrum ein Nitrat-Abbau erwartet werden. Die feinkörnigen Sedimentausbildungen innerhalb des Horizonts 8 treten am Rand eines Gebiets auf, in dem der Förderhorizont vertont ist. Niedrige Nitratkonzentrationen gehen im Wesentlichen nicht auf Abbaureaktionen zurück, sondern liegen dort vor, wo sich noch kein anthropogener Einfluss zeigt und die Stoffeinträge die Messstellen bzw. Brunnen noch nicht erreicht haben.

### 3.29.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen. Dieser betreibt in den Einzugsgebieten seit 1996 landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperationen, um u. a. die Stickstoffeinträge in das Grundwasser zu verringern. Die Einzugsgebiete der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Lüdendorf und Heimerzheim werden hierbei gemeinsam betrachtet.

## 3.29.4 Wassergewinnungsanlage Nöthen

Die Wassergewinnungsanlage Nöthen befindet sich derzeit in einer Umstellungsphase vom Betrieb dreier Flachbrunnen auf zwei Tiefbrunnen innerhalb der Sötenicher Kalkmulde. Alle Brunnen erschließen die mitteldevonischen Kalk- und Mergelsteine der Nohner-, Junkerberg- und Ahrdorfer Schichten. Zwischen dem tiefen und dem flachen Förderbereich lässt sich eine hydraulische Trennung erkennen, ohne dass ein zusammenhängender Grundwasserleiter identifiziert werden kann. Daraus ergibt sich eine Einordnung der Tiefbrunnen in das zweite lokale Grundwasserstockwerk.

### 3.29.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Flachbrunnen enthält etwa 50 mg/l Nitrat, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 3 (Abbildung 126). Das Wasser des Tiefbrunnens 5 ist nitratfrei (Abbildung 127).

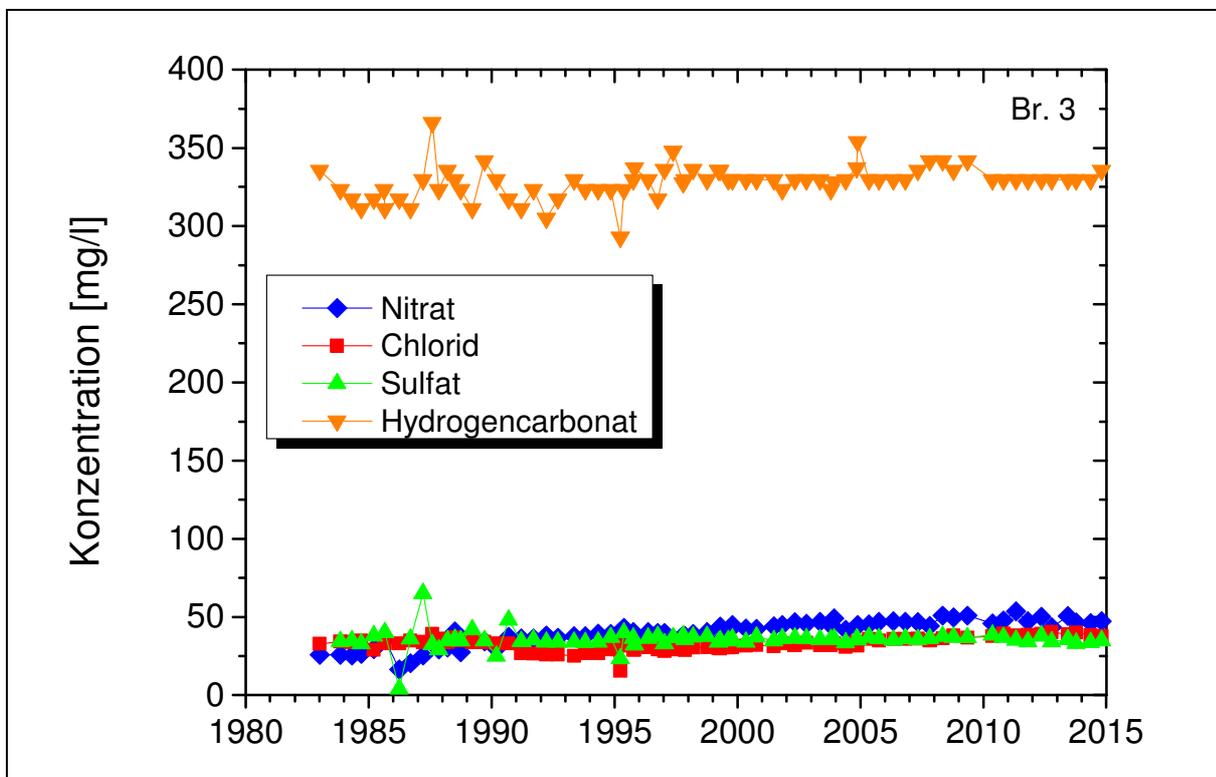


Abbildung 126: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im flachen Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Nöthen.

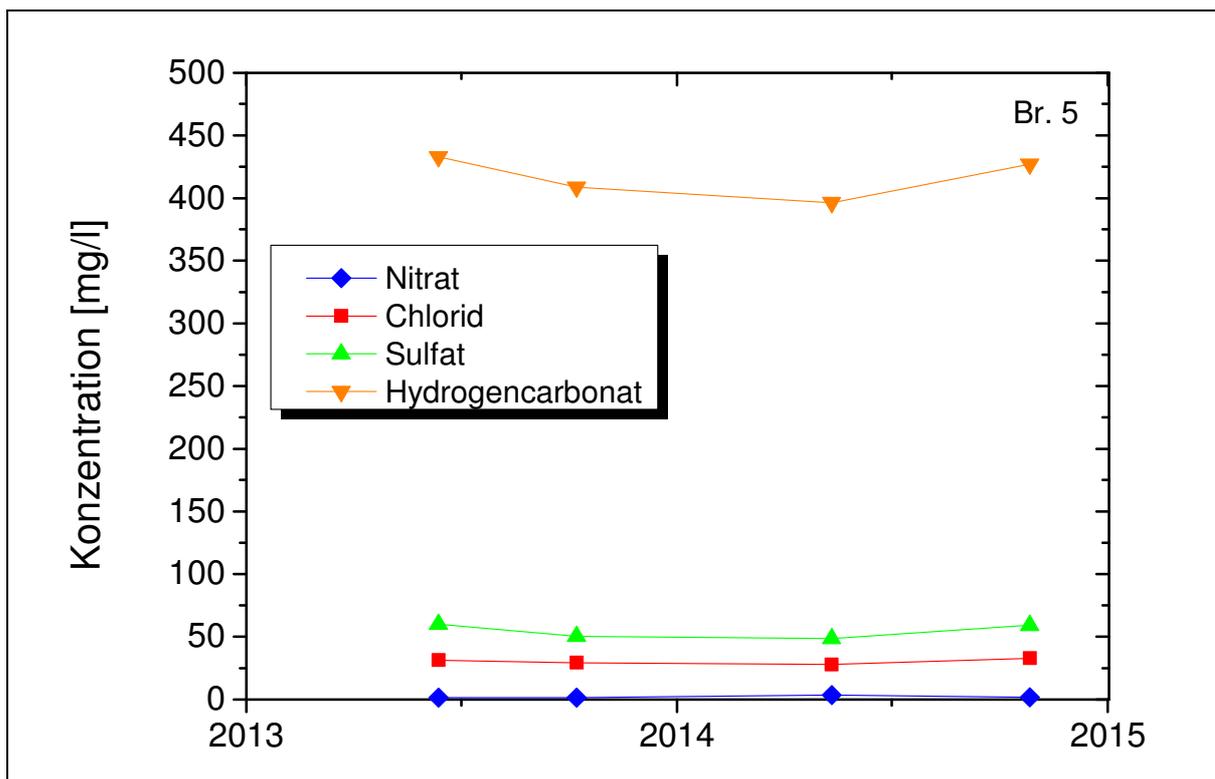


Abbildung 127: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im tiefen Brunnen 5 der Wassergewinnungsanlage Nöthen.

#### 3.29.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Nöthen befinden sich sieben Grundwassermessstellen bzw. nicht mehr genutzte Förderbrunnen mit aktuellen Analysen. Die Nitratkonzentrationen schwanken zwischen 30 und 50 mg/l bei einem Mittelwert von 40 mg/l. Dieser Wert liegt niedriger als die Nitratkonzentration des Rohwassers der Flachbrunnen von 50 mg/l (Kapitel 3.29.4.1). Der Unterschied ist dadurch zu erklären, dass die Filtertiefe der Brunnen lediglich etwa 20 m beträgt, während die Messstellen in Tiefen bis zu 50 m verfiltert sind und die anthropogenen Stoffeinträge noch nicht alle tieferen Messstellen in vollem Umfang erreicht haben. Zieht man Altdaten von weiteren flachen Grundwassermessstellen heran, ist lokal von Nitratkonzentrationen über 100 mg/l auszugehen. Messstellen, die die Ausbautiefe der tiefen Brunnen von bis zu 170 m erreichen, existieren im Einzugsgebiet nicht.

#### 3.29.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Innerhalb der mitteldevonischen Sötenicher Kalkmulde wird überwiegend eine landwirtschaftliche Flächennutzung betrieben. Im Süden erstreckt sich das Einzugsgebiet auf die gering durchlässigen Schichten des Unterdevons, die meist mit Wald bestanden sind. Für die landwirtschaftlichen Nutzflächen sind nach Angaben des Forschungszentrums Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 100 mg/l zu erwarten, wie Modellrechnungen ergeben (Wendland et al. 2010). Lediglich in Bachauen sind von niedrigeren Werten auszugehen. Unter Waldstandorten werden niedrige Nitratwerten unter 10 mg/l berechnet.

#### 3.29.4.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im oberflächennahen Grundwasser und im Rohwasser der Flachbrunnen ergeben sich keine Hinweise auf einen Nitrat-Abbau. Die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte zeigen in allen Messstellen einen gleichartigen Verlauf. Unter landwirtschaftlich genutzten Flächen deutet dies auf einen konservativen Transport ohne Einflüsse von hydrogeochemischen Reaktionen wie der Denitrifikation hin, weil die genannten Parameter in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. Das Nitrat-Konzentrationsniveau erreicht im Grundwasser innerhalb der Sötenicher Kalkmulde zwar im Mittel nicht die erwarteten Eintragskonzentrationen, was aber mit der Tiefenverteilung der Messstellen erklärt werden kann. Offensichtlich sind nicht alle Messstellen gleichermaßen stark von anthropogenen Stoffeinträgen geprägt, wie insbesondere die Verteilung der Chloridkonzentrationen zeigt. Diese sind teilweise mit Werten um 20 mg/l gering und zeigen damit einen geringen anthropogenen Einfluss an.

Anhand der Rohwasserbeschaffenheit der Tiefbrunnen kann auf Nitrat-Abbauvorgänge geschlossen werden. Das Niveau der Chloridkonzentrationen entspricht dem des oberflächennahen Grundwassers und lässt zwingend auch Nitrateinträge in der Größenordnung erwarten, die für das oberflächennahe Grundwasser charakteristisch sind. Da die gemessenen Nitratkonzentrationen im Rohwasser aus dem Tiefbrunnen 5 aktuell nur 3 mg/l betragen (Abbildung 127), ist gesichert von einer Nitratreduktion auszugehen. Eindeutige Belege für die Art des Abbauprozesses ergeben sich nicht. Die Sulfatkonzentrationen sind im Rohwasser des Brunnens mit 50 mg/l gegenüber den Werten im oberflächennahen Grundwasser mit mittleren 30 mg/l Sulfat erhöht. Diese Differenz deutet auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitrat-Abbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) hin und könnte einen Nitrat-Abbau in der Größenordnung von 20 mg/l Nitrat erklären. Eindeutig ist der Befund allerdings nicht. Gleichzeitig weist das tiefe Rohwasser auch die höchsten Hydrogencarbonatkonzentrationen auf, die um etwa 100 mg/l höher als im oberflächennahen Grundwasser liegen. Da allerdings die Karbonatgesteine und deren Löslichkeit die Grundwasserchemie prägen, ist eine Freisetzung von gelöstem anorganischen Kohlenstoff infolge einer chemo-organotrophen Denitrifikation (Nitrat-Abbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) nicht nachweisbar und demzufolge auch nicht gänzlich auszuschließen. In jedem Fall zeigen die zwar geringen, aber messbaren Nitratkonzentrationen bei einem mittleren Eintragsniveau an, dass der Nitrat-Abbau unvollständig abläuft und nicht von einem hohen Abbaupotenzial auszugehen ist. Die als Reduktionsmittel wirkenden Sulfidminerale bzw. die organische Substanz können sich nur in Klüften bzw. Karsthohlräumen gebildet bzw. angesammelt haben und lassen somit auch aus geologischer Sicht nur ein geringes Nitrat-Abbauvermögen des Grundwasserleiters erwarten.

#### 3.29.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen. Dieser betreibt u. a. im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Nöthen seit 1996 eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation zur Verringerung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser.

### 3.29.5 Wassergewinnungsanlage Engelbertusbrunnen

Die Wassergewinnungsanlage Engelbertusbrunnen besteht aus einem Horizontalfilterbrunnen, der in den kiesigen Sedimenten der Erft-Talerrasse wenige Meter unter der Geländeoberfläche und oberhalb des Festgesteins verfiltert ist. Der Brunnen liegt in unmittelbarer Nähe der Erft.

#### 3.29.5.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Engelbertusbrunnens weist seit 30 Jahren gleichbleibende Nitratkonzentrationen um 20 mg/l auf, wie die Ganglinien der Anionenkonzentrationen zeigen (Abbildung 128).

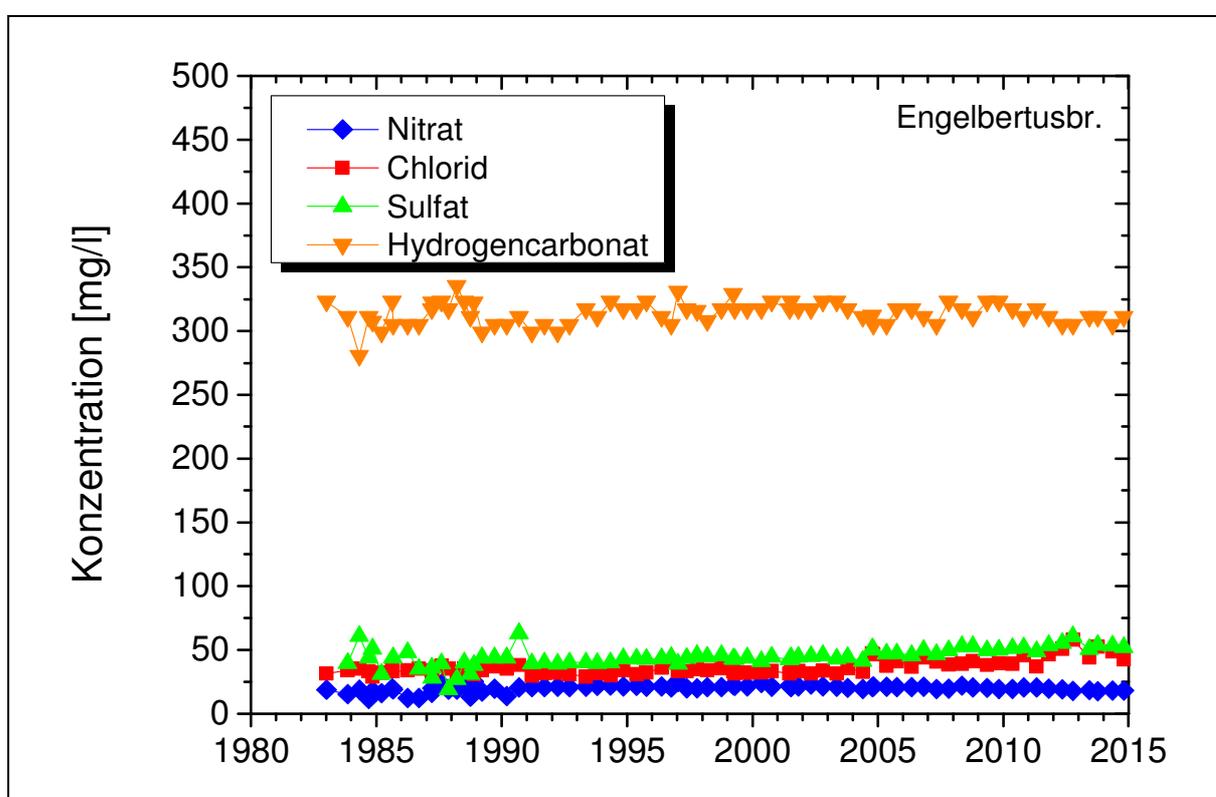


Abbildung 128: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Engelbertusbrunnen.

#### 3.29.5.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Auf die Herkunft des Rohwassers und die Bilanzkomponenten wird im Kapitel 3.29.5.4 im Zusammenhang mit der Betrachtung der Erkenntnisse zum Nitratabbau eingegangen. Im Einzugsgebiet des Engelbertusbrunnens befinden sich lediglich zwei Grundwassermessstellen, von denen nur zu einer aktuelle Analysen vorliegen. Beide Messstellen befinden sich zudem nur wenige Meter von der Erft entfernt, so dass eine Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit durch Oberflächenwasser nicht ausgeschlossen werden kann. Die Nitratkonzentrationen liegen in einem Fall unter 10 mg/l und in der anderen Messstelle um 35 mg/l.

### 3.29.5.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Innerhalb der mitteldevonischen Sötenicher Kalkmulde findet überwiegend eine landwirtschaftliche Flächennutzung statt. In den südlichen Zustrombereichen im Verbreitungsgebiet der unterdevonischen Schichten dominieren Waldflächen. Siedlungsgebiete liegen in unmittelbarer Nähe zur Erft und nehmen nur geringe Flächenanteile ein. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Grundlage von Berechnungen mit einem Modellverbund Nitratkonzentrationen des Sickerwassers an, die als Eintragskonzentrationen betrachtet werden können und im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen meist zwischen 25 und 50 mg/l liegen (Wendland et al. 2010). Punktuell werden höhere Konzentrationen bis zu 100 mg/l Nitrat im Sickerwasser angegeben. Lediglich im Nahbereich der Erft mit den dort verbreiteten Auenböden ist aufgrund des erhöhten Anteils organischer Substanz und dem damit verbundenen Nitratabbau Potenzial in der ungesättigten Zone (Kapitel 2.4) von niedrigen Nitratkonzentrationen auszugehen. Im Bereich der Waldstandorte werden grundsätzlich geringe Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter 10 mg/l erwartet.

### 3.29.5.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Bei der Betrachtung der Grund- und Rohwasseranalysen ist die Herkunft des Wassers zu berücksichtigen. Analysen verschiedener sogenannter Umwelttracer wie Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) lassen in Kombination mit Tritiummessungen einen Anteil jungen Grundwassers um 80 % einschließlich Anteile von Uferfiltrat erwarten, ohne dass diese näher bestimmt werden können. Der verbleibende Anteil setzt sich aus älteren Grundwässern zusammen, die aus dem südlichen Randbereich der Sötenicher Mulde zuströmen.

Hinweise auf Nitratabbauvorgänge im Grundwasserleiter ergeben sich aufgrund der Höhe der Nitratkonzentrationen und des dauerhaft gleichbleibenden Konzentrationsverlaufs des im Rohwasser gelösten Nitrats nicht. Die Tatsache, dass die Nitratwerte im letzten Jahrzehnt eher gleich geblieben sind, während bei den Chlorid- und Sulfatkonzentrationen ein Anstieg beobachtet wurde, weist nicht auf Nitratreduktionsvorgänge, sondern auf Änderungen der Flächennutzung oder Bauaktivitäten hin. Die Einschätzung, dass die Änderungen aus dem Stoffeintrag im Einzugsgebiet stammen und nicht das Ergebnis hydrogeochemischer Prozesse sind, wird dadurch bestätigt, dass sich ähnliche Effekte unter anderen geologischen Randbedingungen im Rohwasser des Kalkarer Stollens zeigen (Kapitel 3.29.6.1).

Die in einer der Messstellen festgestellten geringen Nitratwerte unter 10 mg/l sind wahrscheinlich das Ergebnis eines Nitratabbaus in der ungesättigten Zone. Da das Wasser der Erft Nitratkonzentrationen zwischen 10 und 25 mg/l enthält – der Mittelwert liegt bei 18 mg/l – ist ein aus hydraulischer Sicht ebenfalls plausibler Zustrom von Oberflächenwasser unter Berücksichtigung der hydrochemischen Daten als alleiniger Einflussfaktor auszuschließen.

### 3.29.5.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen. Dieser betreibt seit 1996 in den Einzugsgebieten der Brun-

nen der Wassergewinnungsanlagen Arloff, Engelbertusbrunnen und Kalkarer Stollen eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, deren Ziel u. a. in der Minderung der Nitratreinträge in das Grundwasser besteht.

### 3.29.6 Wassergewinnungsanlage Kalkarer Stollen

Der Kalkarer Stollen ist ein zu Wassergewinnungszwecken ausgebauter Sickerstollen auf dem Gelände einer ehemaligen Eisenerzgrube. Nachdem die Eisengewinnung wegen zu starken Wasserandrangs aufgegeben worden war, wurde der Stollen für die Trinkwassergewinnung ausgebaut. Er erschließt das Grundwasservorkommen des Muldenkerndolomits in der nordöstlichen Sötenicher Kalkmulde.

#### 3.29.6.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser des Kalkarer Stollens gleichbleibende Nitratkonzentrationen um 30 mg/l auf, wie die Ganglinien der Anionenkonzentrationen zeigen (Abbildung 129).

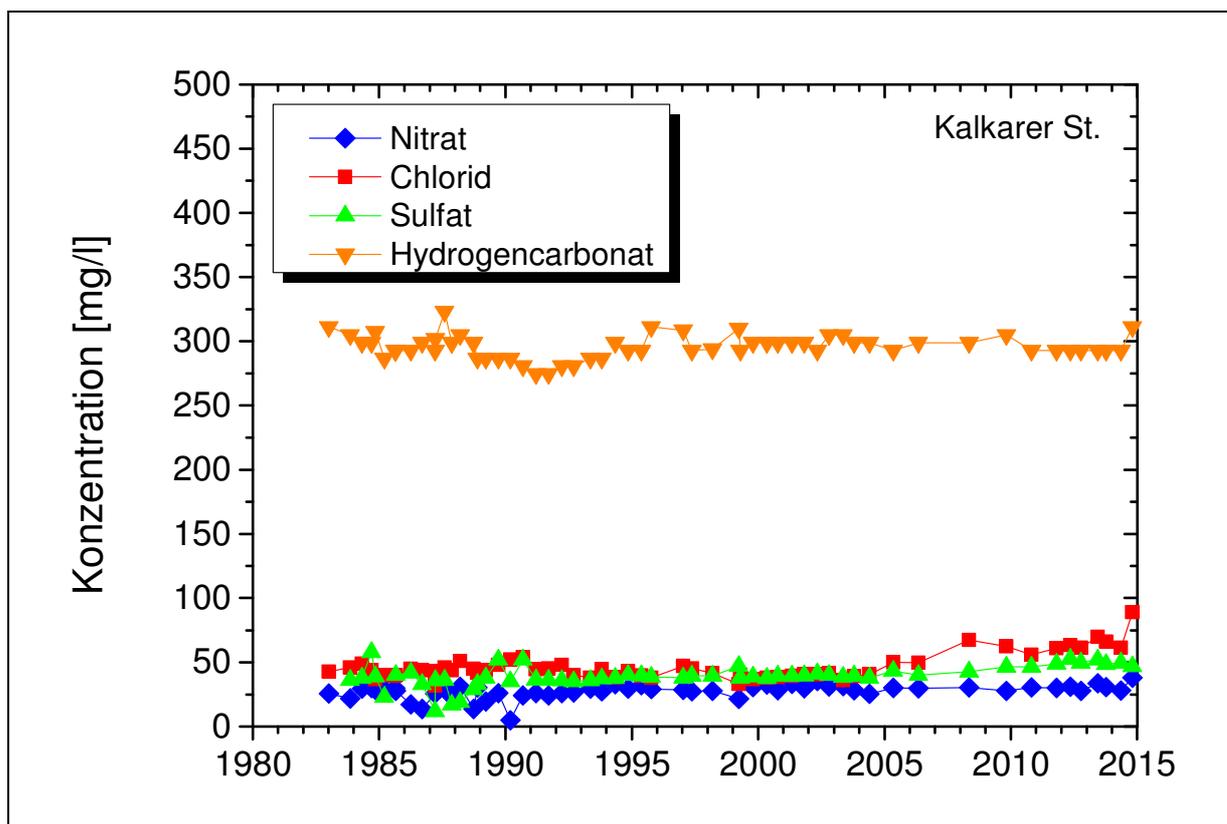


Abbildung 129: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Kalkarer Stollen.

#### 3.29.6.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet des Kalkarer Stollens befindet sich lediglich eine Messstelle mit aktuellen hydrochemischen Daten. Daher wird ergänzend auf Analysen benachbarter Messstellen zu-

rückgegriffen. Die Nitratkonzentrationen liegen in den oberflächennah im Quartär des Antweiler Grabens bzw. der Eifel-Talschotter verfilterten Messstellen zwischen 20 und 200 mg/l. Im mitteldevonischen Kalkstein werden Nitratwerte zwischen Null und 65 mg/l gemessen, wobei die beiden in diesem Fall ausgewerteten Messstellen in einer Tiefe von jeweils etwa 70 m verfiltert sind.

### 3.29.6.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet des Kalkarer Stollens befinden sich überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen, für die das Forschungszentrum Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l angibt (Wendland et al. 2010). Die Werte wurden mittels eines Modellverbundes unter Berücksichtigung der Grundwasserneubildung, der auf Gemeindeebene bekannten Stickstoffüberschüsse und des Nitratbaupotenzials der Böden in der ungesättigten Zone berechnet. Im Bereich der wenigen Siedlungsgebiete wie beispielsweise Iversheim ist von geringeren Nitratreintragskonzentrationen bis zu 25 mg/l auszugehen.

### 3.29.6.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im Rohwasser des Kalkarer Stollens zeigt sich eine anthropogene Beeinflussung, die anhand erhöhter Nitrat-, Chlorid und Sulfatkonzentrationen erkennbar ist. Da die genannten Ionen unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, weist die gleichartige Entwicklung der Konzentrationen auf einen konservativen Transport hin. Der Anstieg der Chlorid- und Sulfatwerte in den letzten Jahren ist nicht auf hydrogeochemische Prozesse zurückzuführen und zeigt sich in gleicher Weise im Rohwasser des Engelbertusbrunnens, was auf Effekte im Einzugsgebiet wie Bauaktivitäten oder geänderte Flächennutzung hindeuten. Hinweise auf Denitrifikationsreaktionen ergeben sich nicht.

Auch im Grundwasser der quartären Aquifere innerhalb des Antweiler Grabens bzw. in den Talschottern der Erft sind, soweit diese Gebiete im Einzugsgebiet liegen, keine Anzeichen für Nitratreduktionsvorgänge zu erkennen.

Innerhalb des mitteldevonischen Kalksteinaquifers ergeben sich zwar in einer Messstelle Anzeichen für eine Nitratreduktion. Da diese Messstelle jedoch in 70 m Tiefe verfiltert ist und es sich um einen Einzelbefund handelt, sind die Resultate nicht als charakteristisch für das oberflächennahe Grundwasser anzusehen.

### 3.29.6.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Der Wasserversorgungsverband Euskirchen-Swisttal beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen. Dieser betreibt seit 1996 in den Einzugsgebieten der Brunnen der Wassergewinnungsanlagen Arloff, Engelbertusbrunnen und Kalkarer Stollen eine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation, deren Ziel u. a. in der Minderung der Nitratreinträge in das Grundwasser besteht.

### 3.30 Stadtwerke Mechernich

Die Stadtwerke Mechernich gewinnen ihr Trinkwasser in zwei eigenen Wassergewinnungsanlagen und betreiben gemeinsam mit dem Wasserbeschaffungsverband Hermesberg die Quellen Hauser Benden. Die Wasserrechte der in diesem Kapitel behandelten betriebseigenen Wassergewinnungsanlagen betragen in Summe 1,230 Mio. m<sup>3</sup>/a und verteilen sich wie folgt auf die beiden Standorte:

Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen:

- |            |                              |
|------------|------------------------------|
| - Düttling | 0,260 Mio. m <sup>3</sup> /a |
| - Urfey    | 0,970 Mio. m <sup>3</sup> /a |

#### 3.30.1 Wassergewinnungsanlage Düttling

Die Wassergewinnungsanlage Düttling betreibt zwei Vertikalfilterbrunnen, die Grundwasser aus dem Mittleren Buntsandstein (sm) gewinnen. Der Förderhorizont ist als zweites lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen. Zwar sind keine durchgängigen Grundwassernichtleiter ausgebildet, aber lokal verbreitete gering durchlässige Schichten sowie ein unterschiedliches Korngrößenspektrum führen dazu, dass sich innerhalb des Mittleren Buntsandsteins eine Differenzierung hinsichtlich der Grundwasserstände und -beschaffenheit ausbildet.

##### 3.30.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der beiden Brunnen weist Nitratkonzentrationen um 5 mg/l bei einer sehr geringen Gesamtmineralisation auf, wie die Daten des Brunnens 3 exemplarisch zeigen (Abbildung 130). Punktuell sind sowohl im Brunnen 3 als auch im Nachbarbrunnen 2 auch höhere Nitratwerte bis zu annähernd 20 mg/l aufgetreten.

##### 3.30.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Düttling befindet sich lediglich eine Grundwassermessstelle, deren Analysen jedoch bereits älter als 10 Jahre sind. Daher werden benachbarte Messstellen mit in die Auswertung einbezogen.

In Abhängigkeit von der Filtertiefe und der damit verbundenen Stockwerkszugehörigkeit zeigen sich in den Grundwassermessstellen verschiedene chemische Signaturen. In einer 120 m tiefen Messstelle, die dem zweiten Grundwasserstockwerk zuzuordnen ist, liegt wie im Rohwasser eine in jeder Hinsicht geringe Mineralisation mit ebenfalls niedrigen Nitratkonzentrationen zwischen fünf und acht Milligramm pro Liter vor.

In zwei flacher ausgebauten Messstellen treten erhöhte Nitratwerte zwischen 27 und 65 mg/l in Verbindung mit einer ebenfalls erhöhten Gesamtmineralisation auf, die auf anthropogene Einflüsse hinweist.

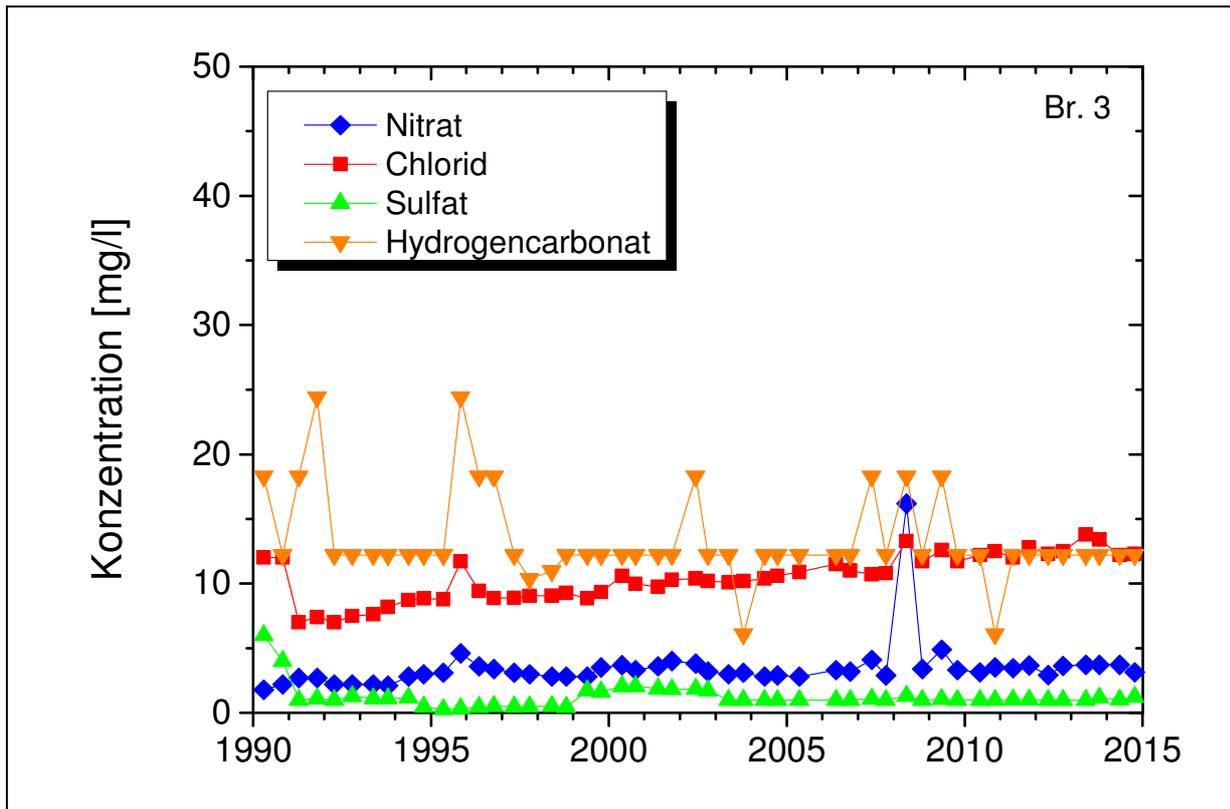


Abbildung 130: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Düttling.

### 3.30.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Das Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Düttling ist hinsichtlich der Flächennutzung zweigeteilt. Das Umfeld der Fassungsanlagen wird landwirtschaftlich genutzt, während der übrige Teil aus Wald besteht. Das Forschungszentrum Jülich gibt in einer Auswertung zur Sickerwasserbeschaffenheit, die auf Modellrechnungen beruht, für die landwirtschaftlichen Nutzflächen Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 75 mg/l, während unter Waldstandorten von Nitratwerten unter 10 mg/l ausgegangen wird (Wendland et al. 2010).

### 3.30.1.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im ersten Grundwasserstockwerk zeigen die hydrochemischen Daten der beiden in diesem Bereich verfilterten Messstellen keine Nitratbaureaktionen an. Die Nitratkonzentrationen steigen mit den Chlorid- und Sulfatwerten an, was einen Hinweis auf konservative Transportvorgänge gibt, weil Nitrat, Chlorid und Sulfat häufig in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. Hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation würden diese chemische Signatur überprägen und beispielsweise dazu führen, dass niedrige Nitratkonzentration in Kombination mit erhöhten Chloridwerten auftreten, was im Einzugsgebiet nicht beobachtet wird.

Im tiefen Förderhorizont ist die anthropogene Beeinflussung zwar gering, aber die Entwicklung der Rohwasserbeschaffenheit deutet darauf hin, dass auch hier keine Nitratreduktion

stattfindet. Einerseits treten bereits bei sehr geringen Chloridkonzentrationen, die ein verlässlicher Indikator für einen anthropogenen Einfluss sind, messbare Nitratkonzentrationen auf. Hieraus ist zu folgern, dass selbst niedrige Nitratreinträge nicht abgebaut werden. Darauf weisen auch einige punktuelle Anstiege der Nitratkonzentrationen des Rohwassers beispielsweise in den Jahren 1995 und 2008 hin, die jeweils mit Anstiegen der Chloridkonzentrationen verbunden sind. Die gleichartige Entwicklung der Nitrat- und Chloridwerte ist typisch für einen konservativen Stofftransport.

#### 3.30.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Die Stadtwerke Mechernich beteiligen sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, der seit 1996 mittels landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlicher Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen einschließlich Düttling u. a. an einer Verringerung der Nitratreinträge in das Grundwasser arbeitet.

### 3.30.2 Wassergewinnungsanlage Urfey

Die Wassergewinnungsanlage Urfey betreibt drei Vertikalfilterbrunnen, die in den mitteldevonischen Kalksteinen der Sötenicher Mulde verfiltert sind. Die Brunnen sind dem zweiten lokalen Grundwasserstockwerk zuzuordnen. Zwar lässt sich kein durchgängig verbreiteter Grundwassernichtleiter identifizieren, aber lokal auftretende Tonhorizonte sowie Ton- bzw. Schluffeinlagerungen innerhalb der Kalksteine weisen auf eine hydraulische Trennung zwischen dem Förderhorizont und den flacheren Teilen des Grundwasserleiters hin.

#### 3.30.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen enthält etwa 10 mg/l Nitrat, exemplarisch dargestellt für den Brunnen 3 (Abbildung 131).

#### 3.30.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Urfey stehen zu sechs im Mitteldevonischen Kalkstein verfilterten Messstellen aktuelle Grundwasseranalysen zur Verfügung. Die Nitratkonzentrationen betragen 20 bis 40 mg/l. Lediglich in einer Messstelle wird kein Nitrat im Grundwasser nachgewiesen.

#### 3.30.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Landnutzung wird innerhalb des Einzugsgebiets der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Urfey von landwirtschaftlichen Flächen bestimmt, die einen Flächenanteil um 60 % einnehmen. Die übrigen 40 % der Fläche werden forstwirtschaftlich genutzt. Die Waldgebiete befinden sich im zentralen Teil des Einzugsgebiets um die Brunnen und westlich der Fassungsanlagen. Basierend auf Modellrechnungen gibt das Forschungszentrum Jülich für die landwirtschaftlichen Nutzflächen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers eine breite Spanne zwischen 25 und 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). Punktuell können die Nitratreintrags-

konzentrationen im westlichen Einzugsgebietsteil auch bis zu 100 mg/l Nitrat betragen. Unter den brunnennahen Waldstandorten wird von geringen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter 10 mg/l ausgegangen.

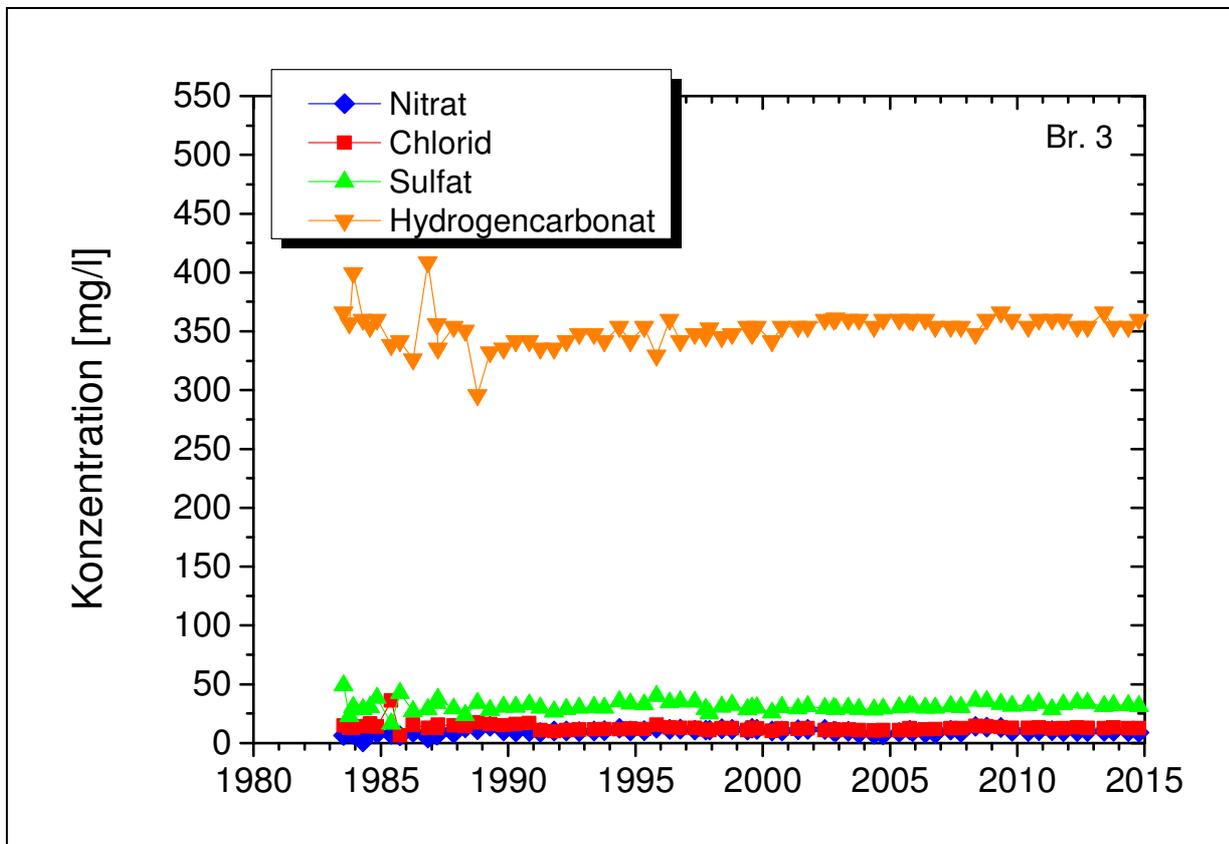


Abbildung 131: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen 3 der Wassergewinnungsanlage Urfey.

#### 3.30.2.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Die Daten zur Rohwasserbeschaffenheit sowie die Analysen aus fünf der zur Verfügung stehenden sechs Grundwassermessstellen lassen keine Anzeichen für Nitrat-abbauereaktionen erkennen. Die zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen erfolgt gleichartig und auf niedrigem Niveau. Unter landwirtschaftlich genutzten Flächen deutet dies auf einen konservativen Transport ohne Einflüsse von hydrogeochemischen Reaktionen wie der Denitrifikation hin, weil die genannten Parameter langjährig in vergleichbaren Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden.

Insgesamt sind die Nitratkonzentrationen des Rohwassers geringer als die im Sickerwasser prognostizierten und im Grundwasser gemessenen Konzentrationen. Der hohe Waldanteil im Einzugsgebiet mit etwa 40 % und die Lage der Waldstandorte im unmittelbaren Vorfeld der Brunnen tragen zu geringen Nitratkonzentrationen des Rohwassers bei. Da die wasserrechtlich bewilligte Menge von 0,970 Mio. m<sup>3</sup>/a in den letzten Jahren nur zu durchschnittlich 70 % ausgeschöpft wurde und das Einzugsgebiet entsprechend kleiner als bei einer Vollaustattung war, lag der Waldanteil höher als bei einer Betrachtung der maximalen Ausdehnung

des Einzugsgebiets. Die niedrigen Eintragswerte unter Wald besitzen daher eine höhere Bedeutung. Die höchsten Nitratkonzentrationen werden in den landwirtschaftlich genutzten Teilen des Einzugsgebiets gemessen, insbesondere an dessen Westrand.

Anzeichen für einen Nitratabbau im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Urfey sind nur punktuell in einer Grundwassermessstelle vorhanden, ohne dass sich hier von erkennbare Auswirkungen auf die Rohwasserbeschaffenheit ergeben. Die Messstelle weist zwei Filterelemente in Tiefen um 50 m und von etwa 60 m auf. Die Proben aus dem flacheren Messrohr enthalten 30 mg/l Nitrat, während das nur wenig tiefere Grundwasser nitratfrei ist. Anthropogene Beeinflussungen der Grundwasserbeschaffenheit sind in beiden Tiefen nachweisbar. Da die anthropogene Stoffzufuhr unter landwirtschaftlichen Nutzflächen, die im Zustrom zur Messgruppe vorherrschen, immer auch einen Nitratintrag beinhaltet, muss davon ausgegangen werden, dass auch der tiefere Filter von nitrathaltigem Grundwasser angeströmt wird. Die fehlenden Nitratkonzentrationen der Grundwasserproben zeigen somit eine Nitratreduktion an. Zwischen den beiden Filterelementen befindet sich eine vier Meter mächtige Tonsteinschicht, die eine geologische Trennung anzeigt. Während das obere Filterelement eine Kalksteinschicht erschließt, steht der tiefere Filter in einem Dolomitgestein, das teilweise erhöhte Tonbeimengungen aufweist. Da Tonbeimengungen meist mit organischer Materie verknüpft sind, resultiert hieraus möglicherweise ein lokales Nitratabbau-potenzial. Hinweise auf die Art des Abbauprozesses ergeben sich allerdings nicht. Da es sich um einen Einzelbefund handelt, ist für das Einzugsgebiet insgesamt nicht von einem nennenswerten Nitratabbau-potenzial auszugehen.

### 3.30.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratinträge und -konzentrationen

Die Stadtwerke Mechernich beteiligen sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, der seit 1996 mittels landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlicher Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsstandorte u. a. an einer Verringerung der Nitratinträge in das Grundwasser arbeitet. Dies schließt die gesamte Sötenicher Kalkmulde und somit auch das Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Urfey ein.

## 3.31 Wasserbeschaffungsverband Hermesberg

Der Wasserbeschaffungsverband Hermesberg wird gemeinsam von der Gemeinde Nettersheim und den Stadtwerken Mechernich betrieben und gewinnt sein Rohwasser aus den Quellen Hauser Benden. Die vier Quellen befinden sich nahe des Ortes Dreimühlen am Südwestrand der Sötenicher Kalkmulde und entspringen dem Muldenkerndolomit. Das Wasserrecht der Quelfassungen umfasst eine Menge von jährlich 0,700 Mio. m<sup>3</sup>.

### 3.31.1 Wassergewinnungsanlage Hauser Benden

Die Wassergewinnungsanlage Hauser Benden nutzt Wasser aus den sogenannten Römerquellen I und II, der Hauptfassung sowie einem Grundwasserzufluss in einen ehemaligen Bergbaustollen. Alle Wässer stammen aus dem verkarstungsfähigen Dolomitgestein des sogenannten Muldenkerns der Sötenicher Kalkmulde, das sich vor der Zentralaufschiebung in der Sötenicher Kalkmulde und der in diesem Bereich verbreiteten Tonsteinen der Junker-

berg-Schichten staut und an der Geländeoberfläche austritt. Es handelt sich hierbei um oberflächennahes Grundwasser.

### 3.31.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Quellen enthält zwischen 35 und 53 mg/l Nitrat, exemplarisch dargestellt für die Hauptfassung der Quellen Hauser Benden (Abbildung 132).

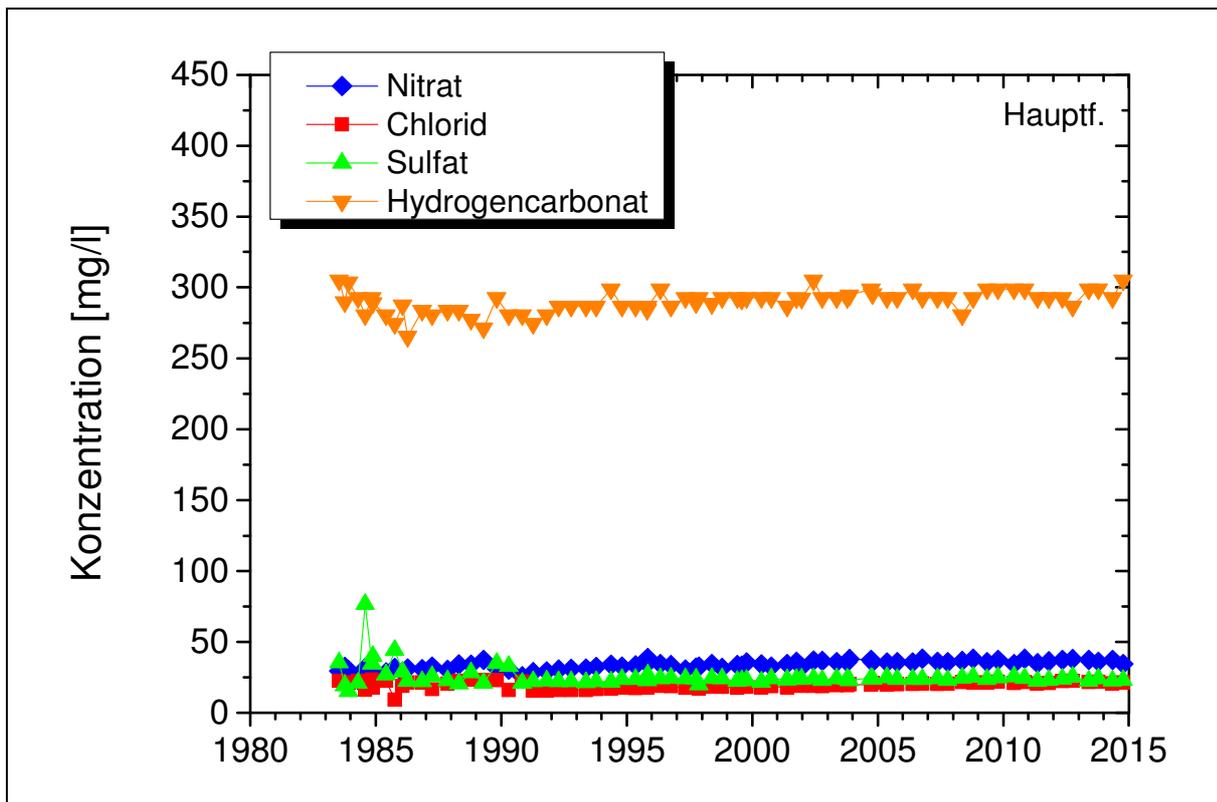


Abbildung 132: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Hauptfassung der Quellen Hauser Benden.

### 3.31.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Quellen Hauser Benden liegen zwei Grundwassermessstellen mit aktuellen Grundwasseranalysen. Die ebenfalls aktuellen Analysen zweier weiterer Grundwassermessstellen, die sich knapp außerhalb des Zustromgebiets befinden, werden ergänzend für die Auswertung herangezogen. Die Nitratkonzentrationen des Grundwassers, das aus Tiefen zwischen 30 m und 60 m stammt, betragen 40 bis 50 mg/l und bestätigen somit das im Rohwasser vorgefundene Niveau.

### 3.31.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Quellen Hauser Benden findet nahezu ausschließlich eine landwirtschaftliche Nutzung statt. Im Norden ragt lediglich die Ortschaft Weyer in das Einzugsgebiet hinein. Das Forschungszentrum Jülich geht basierend auf Berechnungen mit einem Modell-

verbund von Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l, seltener zwischen 25 und 50 mg/l aus (Wendland et al. 2010).

#### 3.31.1.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im Einzugsgebiet der Quellen Hauser Benden liegen keine Hinweise auf Nitratabbauvorgänge im Grundwasserleiter vor. Die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers, des Grundwassers und des Rohwassers befinden sich auf demselben Niveau, was einen konservativen Transport nahelegt. Auch die Konzentrationen des Nitrats, Chlorids und Sulfats, die unter landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Regel in gleichbleibenden Verhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, weisen nicht darauf hin, dass im Grundwasserleiter hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation ablaufen.

#### 3.31.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Der Wasserbeschaffungsverband Hermesberg beteiligt sich am Arbeitskreis Gewässerschutz im Kreis Euskirchen, der seit 1996 mittels landwirtschaftlich-wasserwirtschaftlicher Kooperationen in den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsstandorte u. a. an einer Verringerung der Nitrateinträge in das Grundwasser arbeitet. Dies schließt die gesamte Sötenicher Kalkmulde und somit auch das Einzugsgebiet der Quellen Hauser Benden ein.

### 3.32 Wasserwerk der Stadt Bad Münstereifel

Die Stadt Bad Münstereifel wird überwiegend mit Wasser aus der Olefalsperre mit Wasser versorgt, die außerhalb des Tätigkeitsbereichs des Erftverbands liegt und erhält außerdem Wasser vom Wasserbeschaffungsverband Hermesberg (Kapitel 3.31). Als eigene Gewinnungsanlage wird die Wespelquelle mit einem Wasserrecht von 0,070 Mio. m<sup>3</sup>/a betrieben.

#### 3.32.1 Wassergewinnungsanlage Wespelquelle

Das Wasser der Wespelquelle stammt aus den mitteldevonischen Kalk- und Kalksandsteinen der Hundert-Mulde. Das Grundwasser staut sich an den nördlich der Quelle anstehenden Ton- und Schluffsteinen des Unterdevons und tritt dann an der Geländeoberfläche aus.

##### 3.32.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Quellen enthält etwa 20 mg/l Nitrat, wie die Ganglinien den Anionenkonzentrationen in Abbildung 133 zeigen.

##### 3.32.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Wespelquelle befinden sich keine Grundwassermessstellen, so dass zur Grundwasserbeschaffenheit im Vorfeld keine Aussagen getroffen werden können.

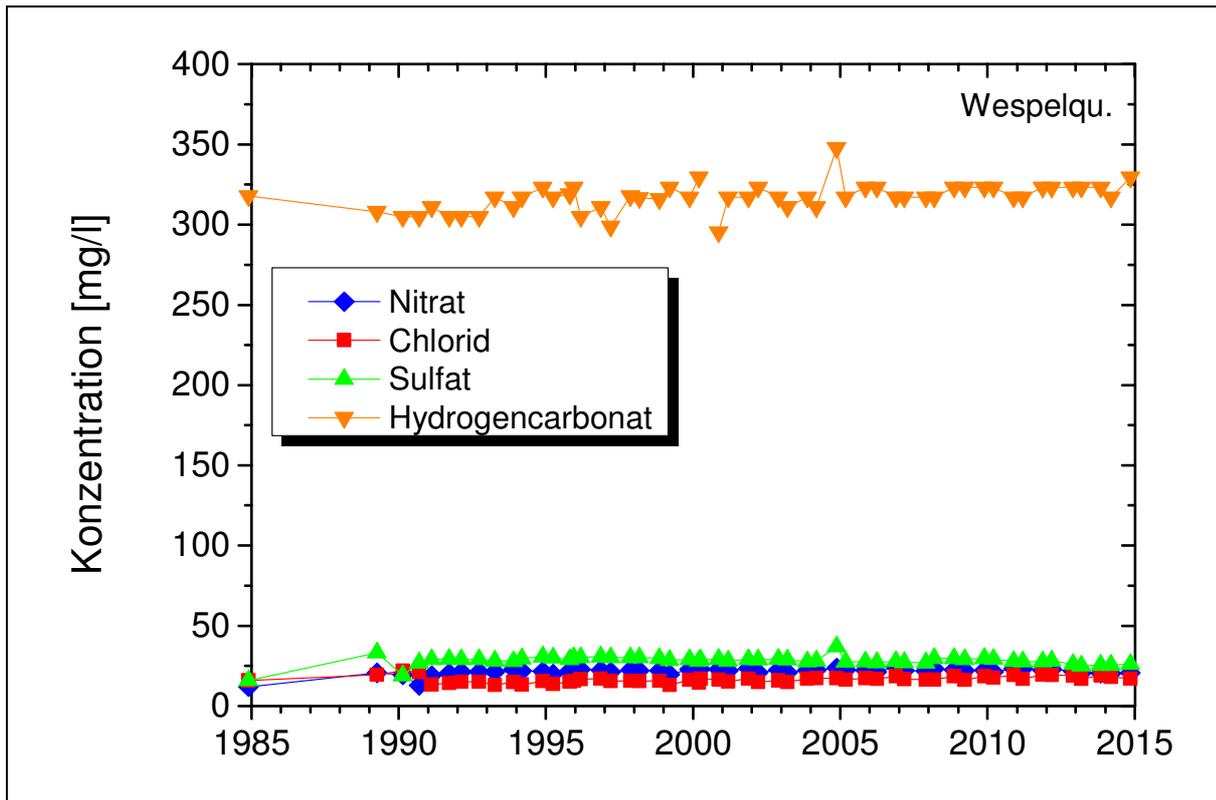


Abbildung 133: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Wespelquelle.

### 3.32.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im nahen Zustromgebiet der Wespelquelle befinden sich zusammenhängende Waldflächen. An den Rändern des Einzugsgebiets findet insbesondere in dessen südlichen Teil eine landwirtschaftliche Nutzung statt. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Grundlage von Modellrechnungen für die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter Wald Werte von weniger als 10 mg/l Nitrat an, während für die landwirtschaftlichen Nutzflächen von Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 75 mg/l ausgegangen wird (Wendland et al. 2010).

### 3.32.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-abbauereaktionen

Die Daten zur Rohwasserbeschaffenheit geben keinen Hinweis auf Nitrat-abbauereaktionen im Grundwasserleiter. Die Nitratkonzentrationen des Rohwassers entsprechen in dem Wald-dominierten Einzugsgebiet den als Gebietsmittel zu erwartenden Eintragswerten in das Grundwasser. Das Verhältnis der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte entspricht dem in anderen Einzugsgebieten, in denen das Fehlen von Nitratreduktionsprozessen besser belegt ist, wie beispielsweise dem Zustromgebiet der Quellen Hauser Benden (Kapitel 3.31.1).

### 3.32.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Wespelquelle wird keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

### 3.33 RWE Vertrieb AG

Die Westnetz GmbH übernimmt im Auftrag der RWE Vertrieb AG die Betriebsführung der Wassergewinnungsanlagen Glesch und Sindorf. Hierbei handelt es sich um zwei Wassergewinnungsstandorte, die bereits vor Beginn der bergbaulichen Sumpfungsmaßnahmen bestanden und zu der Zeit eine wasserrechtlich abgesicherte Förderung betrieben. Derzeit ruhen die Wasserrechte der Wassergewinnungsanlagen, weil keine Eigenförderung mehr erfolgt. Die Rohwasserförderung und dessen Lieferung bis zur Wassergewinnungsanlage erfolgt heute durch die RWE Power AG aus Sumpfungsbrunnengalerien. Einige dieser Brunnen wurden zum Zweck der Trinkwassergewinnung umgerüstet oder neu errichtet. Rechtlich sind die zu hebenden Mengen über die Sumpfungserlaubnis des Tagebaus Hambach abgedeckt. Die Aufbereitung des Wassers führt die Westnetz GmbH durch und übernimmt auch die Verteilung. Um einen Vergleich mit den übrigen Gewinnungsstandorten zu ermöglichen, werden nachfolgend die im Jahr 2013 für die öffentliche Wasserversorgung genutzten Mengen aufgeführt, die in Summe 7,720 Mio. m<sup>3</sup> umfassten:

Im Jahr 2013 für die öffentliche Wasserversorgung genutzte Wassermengen der Wassergewinnungsanlagen der RWE Vertrieb AG:

- Glesch	1,103 Mio. m <sup>3</sup>
- Sindorf	6,617 Mio. m <sup>3</sup>

#### 3.33.1 Wassergewinnungsanlage Glesch

Die Wassergewinnungsanlage Glesch gewinnt ihr Rohwasser aus drei Brunnen am Nordwestrand der sogenannten AC-Galerie, die in den Horizonten 8 (Hauptkies-Serie) bzw. 7 verfiltert sind und dem vierten lokalen Grundwasserstockwerk zugeordnet werden. Der Tegelen (Horizont 13) und der Reuver-Ton (Horizont 11) sind im Einzugsgebiet durchgängig verbreitet und werden als gemeinsamer Grundwassernichtleiter betrachtet, weil das Zwischenmittel nur geringmächtig ausgebildet ist. Auch die Rottone (Horizonte 9C und 9A) sind flächenhaft verbreitet.

##### 3.33.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der AC-Brunnen ist nitratfrei. Beispielhaft werden die Konzentrationsganglinien der wichtigsten Anionen für den Brunnen AC 80 in Abbildung 134 dargestellt.

##### 3.33.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Glesch sind die Terrassenkiese des obersten Grundwasserstockwerks bis zu 80 Meter mächtig. Hier liegen nur wenige Messstellen mit zugehörigen hydrochemischen Daten. Um eine belastbare Datenbasis heranziehen zu können, werden die Einzugsgebiete der Brunnen der AC-Galerie in ihrer Gesamtheit betrachtet, was zu einer gemeinsamen Betrachtung der Einzugsgebiete der Wassergewinnungsanlagen Paffendorf (Kapitel 3.34.3) und Glesch führt. Insgesamt liegen für sechs Messstellen, deren Filterpositionen sich an der Stockwerksbasis befinden, aktuelle Analysen vor. Mit Ausnahme einer Messstelle, deren Proben Nitratkonzentrationen von aktuell 16 mg/l

aufweisen, enthalten die beprobten Grundwässer kein Nitrat. In zwei älteren Datensätzen sind in den 1980er Jahren Nitratwerte bis zu 30 mg/l aufgetreten.

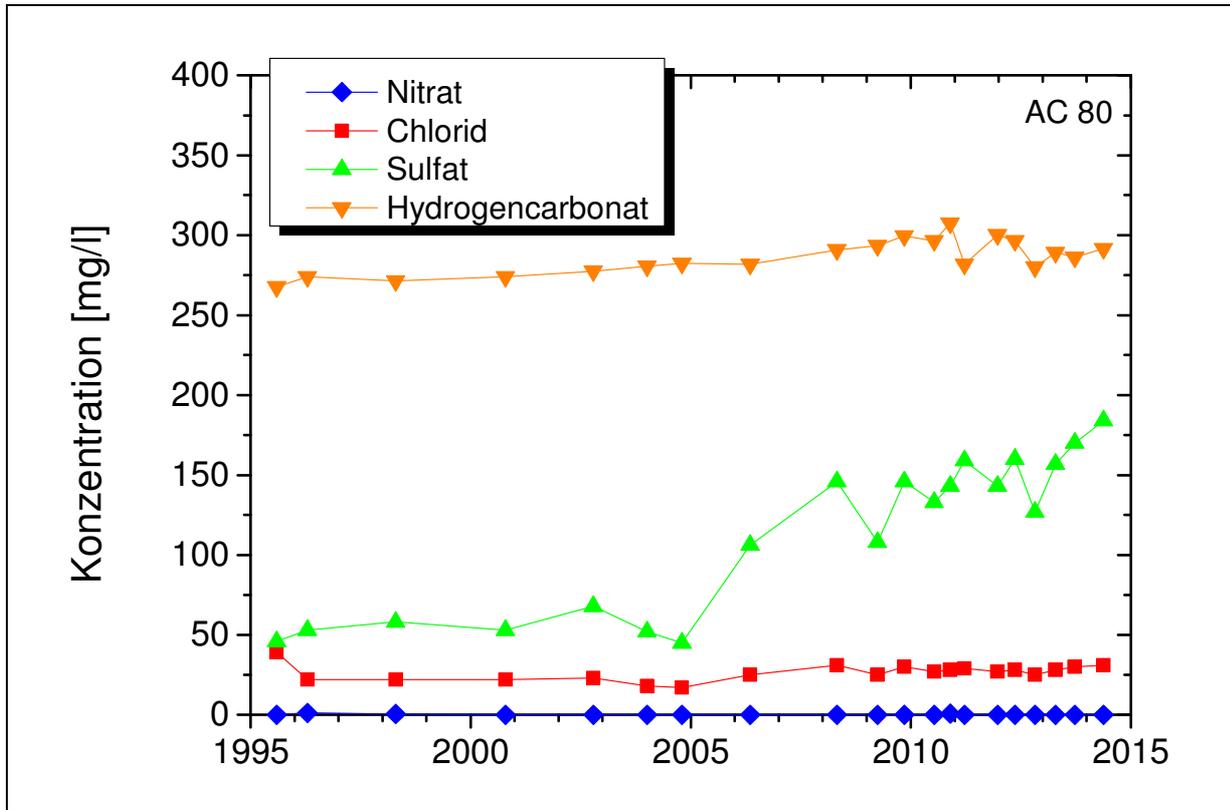


Abbildung 134: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen AC 80 der Wassergewinnungsanlage Glesch.

In den Horizonten 10 und 9B sind nur wenige Messstelle verfiltert, zu denen darüber hinaus keine Grundwasseranalysen vorliegen.

Im Förderhorizont 8 liegen zu vier Messstellen aktuelle Analysen vor. Zu fünf weiteren Messstellen können ältere hydrochemische Daten ausgewertet werden. Alle Proben sind nitratfrei.

### 3.33.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Glesch dominiert die landwirtschaftliche Flächennutzung, gefolgt von städtischen Nutzgebieten der Stadt Bedburg. Das Forschungszentrum Jülich hat mittels eines Modellverbunds die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers ermittelt und gibt sowohl für die landwirtschaftlich genutzten Gebiete als auch die Siedlungsbereiche Werte zwischen 25 und 50 mg/l Nitrat an (Wendland et al. 2010). Lediglich in den Auen des Finkelbachs und Pützbachs ist aufgrund des Nitratbaupotenzials der dortigen Gleyböden (Kapitel 2.4) von geringeren Nitratwerten unter 10 mg/l im Sickerwasser auszugehen.

#### 3.33.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Die hydrochemischen Daten werden für das Einzugsgebiet der gesamten AC-Galerie betrachtet, was die Wassergewinnungsanlagen Glesch und Paffendorf (Kapitel 3.34.3) einschließt. Für den obersten quartären Grundwasserleiter liegen Hinweise auf Nitrat-Abbauprozesse an der Stockwerksbasis vor. Erhöhte Chloridkonzentrationen zwischen 80 und 100 mg/l und Sulfatwerte zwischen 150 und 200 mg/l zeigen eine deutliche anthropogene Beeinflussung an, die in einem landwirtschaftlich genutzten Raum zwingend mit Nitratreinträgen verbunden sind, wie auch die Angaben zur Sickerwasserbeschaffenheit mit bis zu 50 mg/l Nitrat (Kapitel 3.33.1.3) zeigen. Die im Vergleich zu diesem Niveau fehlenden bis geringen Nitratkonzentrationen (Kapitel 3.34.3.2) belegen das Auftreten eines Denitrifikationsprozesses.

Die Identifikation des Abbauprozesses ist nicht eindeutig möglich. Die Sulfatkonzentrationen sind zwar sehr hoch, was aber nicht als Beleg für eine chemo-lithotrophe Denitrifikation - Nitratreduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2) – angesehen werden kann, weil diese immer im Zusammenhang mit den Chloridwerten zu betrachten sind, die ebenfalls ein sehr hohes Konzentrationsniveau aufweisen. Das molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis ist mit Werten zwischen 0,65 und 0,75 als typisch für landwirtschaftlich geprägte Regionen einzustufen und gibt keine Anhaltspunkte für einen hydrogeochemischen Prozess wie die chemo-lithotrophe Denitrifikation, die mit einer Sulfatfreisetzung und somit einer Erhöhung des genannten Konzentrationsverhältnisses verbunden wäre. Außerdem zeigen die Sulfat- und Chloridwerte häufig einen vergleichbaren zeitlichen Verlauf, was ebenfalls auf einen konservativen Stofftransport hindeutet. Demgegenüber sind in einer Grundwassermessstelle (821291) über den Messzeitraum leicht steigende Hydrogencarbonatwerte zu erkennen (Abbildung 135), was bei einem stabilen pH-Wert einen Hinweis auf die Mobilisation von anorganischem Kohlenstoff aufgrund der chemo-organotrophen Denitrifikation gibt, d. h. der Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1). Allerdings ist dieser Befund nicht eindeutig und grundsätzlich auch durch andere Einflussfaktoren wie Änderungen der Grundwasserströmungsrichtung oder die Kalkung von Böden erklärbar.

Für die Horizonte 10 und 9B fehlen zwar hydrochemische Daten, aber Untersuchungen der Pyrit-Schwefelgehalte der Abraumsedimente im nahegelegenen Tagebau Hambach zeigen, dass der sandig-kiesige Abraum Gehalte um 0,05 Gew. % Pyrit-Schwefel aufweist (Uhlmann 2007). Daraus lässt sich ein sulfidgebundenes Nitrat-Abbaupotenzial ableiten.

Die Nitratreduktion durch Eisendisulfide ist auch für den Horizont 8 mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Hier betragen die Pyrit-Schwefelgehalte nach Angaben von Uhlmann (2007) in den nicht bindigen Sedimenten der Hauptkies-Serie 0,14 Gew. %. Daraus leitet sich ein hohes und langfristig wirksames Nitratreduktionsvermögen im Förderhorizont ab. Eine Identifikation bzw. Bestätigung des Abbauprozesses anhand von Grundwasseranalysen ist aufgrund der nur wenigen hierzu vorliegenden Datensätze nicht möglich. Bei Abstichwerten von über 200 Metern ist die Bebrohung der vorhandenen Grundwassermessstellen mit hohem Aufwand über Schöpfsysteme verbunden und die Aussagekraft mehrerer Parameter wie beispielsweise gelöster Gase, Hydrogencarbonat, Eisen und Mangan begrenzt.

Die wenigen vorhandenen Analysen lassen in großen Teilen der Hauptkies-Serie ein Grundwasser mit nachweisbaren, aber geringen anthropogenen Einflüssen erkennen. Die Chloridkonzentrationen betragen in diesen Fällen höchstens 15 mg/l bei maximalen Sulfatwerten bis zu 40 mg/l. Diese Werte liegen nur geringfügig über denen anthropogen unbeeinflusster Wässer, in denen Konzentrationen beider Wasserinhaltsstoffe um 10 mg/l zu erwarten sind. Die fehlende Nitratbelastung des Grundwassers ist hier nicht auf eine Denitrifikation zurückzuführen, sondern dadurch zu erklären, dass anthropogen beeinflusstes nitrathaltiges Grundwasser große Teile des Förderhorizonts erst in geringem Umfang erreicht hat.

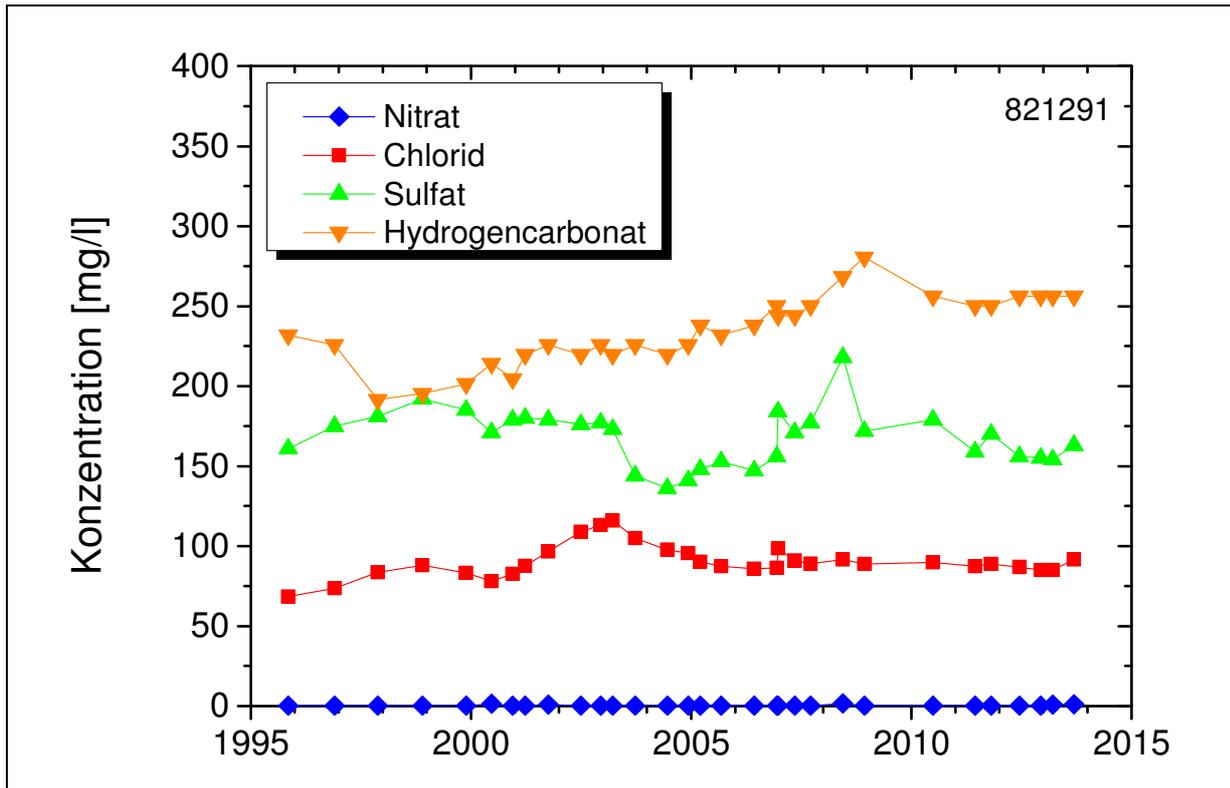


Abbildung 135: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 821291 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Glesch.

Der Anstieg der Sulfatkonzentrationen im Rohwasser des Brunnens AC 80 (Abbildung 134), der in ähnlicher Form auch in den Rohwasserproben der anderen Brunnen zu beobachten ist, kommt nicht durch Nitratabbauvorgänge zustande. Vielmehr findet bei Bergheim-Paffendorf, aber auch in Teilen Bedburgs ein Überstrom sulfatreichen Kippengrundwassers aus der Abraumkippe des ehemaligen Tagebaus Fortuna-Garsdorf in die Erft-Scholle statt. In Paffendorf ist dieser Zustrom besonders ausgeprägt, weil hier Teile des hydraulisch wirksamen Quadrather Sprungs beim Tagebaubetrieb abgegraben wurden, so dass eine hydraulische Verbindung zwischen dem Förderhorizont 8 und der nahegelegenen Abraumkippe geschaffen worden ist (Kapitel 3.34.3.4). Die hydrochemische Entwicklung, die auch einen Anstieg der Eisen-, Calcium- und Magnesiumwerte beinhaltet, ist typisch für einen Kippengrundwassereinfluss. Aufgrund der mit einer Pyritoxidation infolge Sauerstoffzufuhr verbundenen Säurefreisetzung erfolgt im Grundwasserleiter die Lösung sedimenteigener Calcium- und Magnesiumkarbonatminerale, wodurch sich die Konzentrationsanstiege erklären.

### 3.33.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der AC-Brunnen der Wassergewinnungsanlage Glesch wird keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

## 3.33.2 Wassergewinnungsanlage Sindorf

In der Wassergewinnungsanlage Sindorf wird das Rohwasser mittels sieben Vertikalfilterbrunnen gewonnen, die in der Hauptkies-Serie (Horizont 8) verfiltert sind und als V-Brunnen bezeichnet werden. In einzelnen Fällen reichen die Filterstränge bis in den Horizont 7E. Am Gewinnungsstandort ist der Förderhorizont als fünftes lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen. Die Tone der Tegelen-Serie (Horizont 13) weisen eine durchgängige Verbreitung auf, die nur durch wenige kleine „Fenster“ unterbrochen wird. Der Reuver-Ton (Horizont 11) ist ebenfalls ausgebildet, zeigt aber größere Verbreitungslücken. Die Rottone (Horizonte 9A und 9C) finden sich im gesamten Einzugsgebiet, wobei der Obere Rotton (Horizont 9C) im südwestlichen Teil des Einzugsgebiets ebenfalls ein „Fenster“ aufweist.

### 3.33.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der V-Brunnen der Wassergewinnungsanlage Sindorf ist nitratfrei. Beispielhaft werden die Konzentrationsganglinien der wichtigsten Anionen für den Brunnen V 254 dargestellt (Abbildung 136).

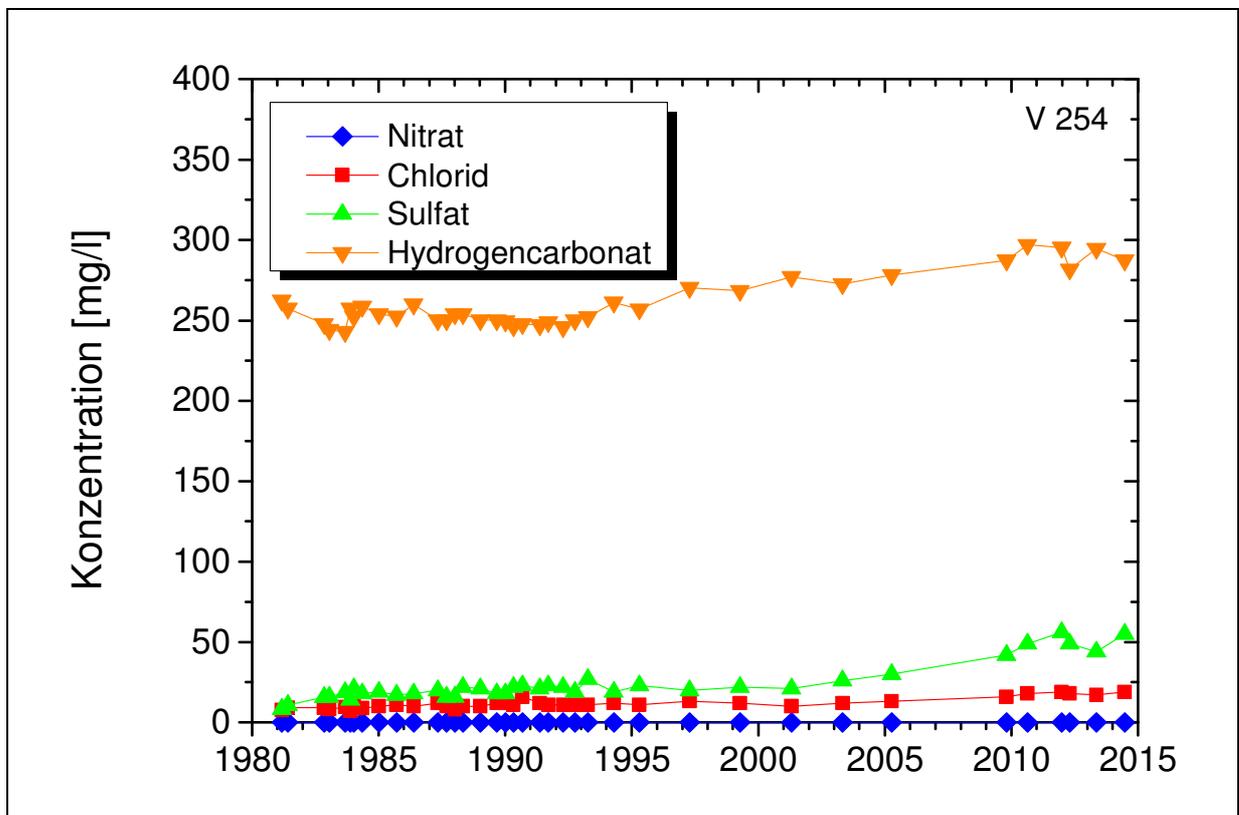


Abbildung 136: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen V 254 der Wassergewinnungsanlage Sindorf.

### 3.33.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im quartären obersten Grundwasserleiter liegen nur zu zwei Messstellen aktuelle Analysen vor, die beide ein Konzentrationsniveau von etwa 60 mg/l Nitrat aufweisen. In den Horizonten 12 und 10 ist nur jeweils eine Messstelle verfiltert. Die aus den 1980er Jahren stammenden hydrochemischen Daten zeigen hierbei jeweils nitratfreie Grundwasserproben. Auch die drei im Horizont 9B verfilterten Messstellen sowie die fünf Messstellen, die den Förderhorizont 8 erschließen, liefern unabhängig von ihrer Lage innerhalb des Einzugsgebiets Grundwasserproben ohne nachweisbare Nitratkonzentrationen.

### 3.33.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Sindorf wird mit einem Flächenanteil von etwa 75 % eine überwiegend landwirtschaftliche Nutzung betrieben. Städtische Flächen liegen in Kerpen und Kerpen-Sindorf. Nördlich der Kerpener Innenstadt befinden sich zusammenhängende Waldgebiete wie der Lörfelder Busch und der Hubertusbusch. Das Forschungszentrum Jülich gibt auf der Grundlage von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter landwirtschaftlichen Nutzflächen zwischen 50 und 75 mg/l an (Wendland et al. 2010). Für die städtischen Gebiete wird demnach von Nitratreintragskonzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l ausgegangen, während die Waldgebiete kaum Nitrat emittieren und die Sickerwasserwerte hier unter 10 mg/l Nitrat liegen. Am Ostrand des Einzugsgebiets wird der Einfluss der Flächennutzung durch die nitratreduzierenden Eigenschaften der in der Erfttaue verbreiteten Gleyböden überlagert. Aufgrund des hohen Anteils junger organischer Substanz ist in diesem Bereich von einem hohen Nitratreduktionspotenzial in der ungesättigten Zone auszugehen (Kapitel 2.4). Die Denitrifikation in der Bodenzone bewirkt, dass kein Nitratreintrag in das Grundwasser erfolgt.

### 3.33.2.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Sindorf ergeben sich im obersten Grundwasserstockwerk keine Hinweise auf Nitrat-Abbaureaktionen. Die Nitratkonzentrationen liegen in der gleichen Größenordnung, die das Forschungszentrum Jülich für das Sickerwasser angibt. Außerdem zeigen die Konzentrationen des Chlorids, Sulfats und Nitrats eine gleichartige Entwicklung, was auf einen konservativen Transport hindeutet, weil die genannten Stoffe unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. Da diese Aussagen nur auf zwei Messstellen beruhen, die sich am Nordwestrand des Einzugsgebiets befinden, ist keine Übertragbarkeit auf das gesamte Einzugsgebiet möglich.

In westliche Richtung nimmt die Quartärmächtigkeit deutlich zu und erreicht bis zu 80 m. In diesem mächtigen Sedimentpaket werden weiter nördlich im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Glesch Nitrat-Abbauvorgänge an der Horizontbasis beobachtet, die wahrscheinlich auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitrat-Abbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) zurückgehen. Aufgrund der vergleichbaren geologischen Situation ist auch im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Sindorf lokal ein solcher Abbau anzunehmen, kann aber hydrochemisch nicht belegt werden.

Für die Horizonte 12, 10 und 9B liegen nur Einzelanalysen aus wenigen Grundwassermessstellen vor. Da die beprobten Grundwässer alle nitratfrei sind, gleichzeitig aber anhand erhöhter Chlorid- und Sulfatkonzentrationen einen starken anthropogenen Einfluss erkennen lassen, ist sicher von einem Nitratabbau auszugehen. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen sind Chlorid- und Sulfateinträge außerhalb der Erfttaue - mit den dort in der ungesättigten Zone stattfindenden Nitratabbaureaktionen - zwingend mit einer Nitratzufuhr in das Grundwasser verbunden. Hierbei ist zu beachten, dass die Sulfatwerte teilweise durch Pyritoxidationsreaktionen infolge einer Belüftung von Messstellenfiltern erhöht sind, ohne dass dies mit Stoffeinträgen an der Geländeoberfläche oder einem Nitratabbau zusammenhängt. Anhand der hydrochemischen Daten können keine Aussagen zum Prozess der Nitratreduktion getroffen werden. Allerdings zeigen Untersuchungen der Pyrit-Schwefelgehalte der Abraumsedimente im nahegelegenen Tagebau Hambach, dass die nicht-bindigen, d. h. sandig-kiesigen Sedimente in den drei genannten Horizonten Pyrit-Schwefel enthalten. Uhlmann (2007) gibt für den Horizont 12 einen Pyrit-Schwefelgehalt von 0,02 Gew.% an. Die Horizonte 10 und 9B enthalten demnach jeweils 0,05 Gew.% Pyrit-Schwefel. Daraus lässt sich für alle drei genannten Grundwasserleiter ein sulfidgebundenes Nitratabbaupotenzial und das Auftreten einer chemo-lithotropen Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) ableiten.

Für die Hauptkies-Serie als Förderhorizont gibt Uhlmann (2007) Pyrit-Schwefelgehalte von 0,14 Gew.% für die nicht-bindigen Sedimentbestandteile im Tagebau Hambach an. Aufgrund der räumlichen Nähe zur Wassergewinnungsanlage Sindorf ist auch hier von einer entsprechenden Sedimentzusammensetzung auszugehen, die ein hohes und langfristig wirksames Nitratabbaupotenzial darstellt. Als Abbauprozess ist von einer chemo-lithotropen Denitrifikation, d. h. einer Nitratreduktion durch Sulfidminerale auszugehen (Kapitel 2.3.2). Eine Bestätigung des Abbauprozesses anhand von Rohwasserdaten ist aufgrund der geringen anthropogenen Beeinflussung nicht möglich. Mit maximal 16 mg/l Chlorid und 42 mg/l Sulfat weist das Rohwasser nur geringe anthropogen bedingte Stoffeinträge auf. Die niedrigen Nitratkonzentrationen sind somit nicht Ausdruck einer Denitrifikation, sondern zeigen im vorliegenden hydrochemischen Kontext an, dass oberflächennahes hoch mineralisiertes Grundwasser die Brunnen bisher nicht in nennenswertem Umfang erreicht hat.

Die wenigen vorliegenden Grundwasseranalysen zeigen für weite Teile des Einzugsgebiets ein den Rohwasserdaten vergleichbares Bild, auch wenn es sich um Altdaten aus den 1980er und 1990er Jahren handelt. Abweichende Befunde liegen am östlichen Rand des Einzugsgebiets vor. Hier ist anhand erhöhter Sulfatkonzentrationen von bis zu 500 mg/l ein Zustrom aus der Abraumkippe des ehemaligen Tagebaus Frechen in den Horizont 8 erkennbar. Die Sulfatkonzentrationen gehen auf die Pyritoxidation durch Luftsauerstoff in den Abraumsedimenten des offenen Tagebaus zurück und haben keinen Zusammenhang mit einer Nitratreduktionsreaktion.

### 3.33.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der V-Brunnen der Wassergewinnungsanlage Sindorf existiert keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation.

### 3.34 RWE Power AG - Ersatzwassergewinnungsstandorte

Zur Deckung von Ersatzwasserverpflichtungen betreibt die RWE Power AG insgesamt vier Wassergewinnungsanlagen, deren Brunnengalerien ursprünglich zur Hebung von Sumpfungswasser dienten. Ausgewählte Brunnen wurden mit zunehmendem Ersatzwasserbedarf zu Zwecken der Trinkwassergewinnung umgerüstet oder neu gebaut. Die zu hebenden Mengen sind über die Sumpfungserlaubnisse der einzelnen Tagebaue abgedeckt. Eine Ausnahme hiervon bildet die Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim mit einem Wasserrecht in Höhe von 33,500 Mio. m<sup>3</sup>/a, wovon 7,160 Mio. m<sup>3</sup>/a vorrangig der öffentlichen Trinkwasserversorgung zur Verfügung zu stellen sind. Um einen Vergleich mit den übrigen Gewinnungsstandorten zu ermöglichen, werden nachfolgend die im Jahr 2013 für die öffentliche Wasserversorgung genutzten Mengen aufgeführt, die in Summe 14,282 Mio. m<sup>3</sup> umfassten:

Im Jahr 2013 für die öffentliche Wasserversorgung genutzte Wassermengen der RWE-Wassergewinnungsanlagen zur Deckung von Ersatzwasseransprüchen:

- Dirmerzheim	5,095 Mio. m <sup>3</sup>
- Fürth	5,948 Mio. m <sup>3</sup>
- Paffendorf	1,133 Mio. m <sup>3</sup>
- Türnich	2,106 Mio. m <sup>3</sup>

Die Ersatzbrunnen in Jülich-Bourheim bzw. -Kirchberg, mit denen die Wassergewinnungsanlage Aldenhoven beliefert wird, haben den selben Status, werden aber im Zusammenhang mit der Wassergewinnungsanlage Aldenhoven (Kapitel 3.20.1) behandelt, weil RWE hier keine eigenständige Wassergewinnungsanlage betreibt.

#### 3.34.1 Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim

In der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim wird das Rohwasser aus 11 Vertikalfilterbrunnen gewonnen, die im Horizont 8 (Hauptkies-Serie) verfiltert und meist dem dritten oder vierten lokalen Grundwasserstockwerk zuzuordnen sind. Der Förderungsschwerpunkt liegt innerhalb der Galerie bei den südwestlichen Brunnen.

Die Tone der Telegen- (Horizont 13) und Reuver-Serie (Horizont 11) treten im nordwestlichen bzw. nordöstlichen Teil des Einzugsgebiets auf und zeigen jeweils Verbreitungslücken in Form von „Fenstern“ und Rinnen. Beide Tonschichten sind an den Gewinnungsstandorten nicht durchgängig verbreitet und weisen auf die potenzielle Gesamtgröße des Einzugsgebiets bezogen lediglich ein regionales Verbreitungsgebiet auf. Der Obere Rotton (Horizont 9C) ist hingegen in weiten Teilen des Einzugsgebiets als hydraulische Trennschicht ausgebildet. Lediglich am südwestlichen und nordöstlichen Rand fehlt der Tonhorizont streifenartig an den Schollenrändern der Erft-Scholle. Die Verbreitungslücken schließen auch die nordöstlichsten Förderbrunnen ein. Eine noch größere Ausdehnung zeigt der Untere Rotton (Horizont 9A). Dieser Stockwerkstrenner ist im Bereich der Brunnengalerie durchgängig verbreitet und zeigt lediglich am nordöstlichen Einzugsgebietsrand eine Verbreitungslücke und im Südwesten einige kleinere „Fenster“.

Eine direkte hydraulische Anbindung an das oberste Grundwasserstockwerk ergibt sich für den Förderhorizont 8 damit im Nordosten des Einzugsgebiets zwischen Swist-Sprung und Erft-Sprung sowie an dessen Südwestrand nordöstlich des Rurrands-West.

### 3.34.1.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim ist nitratfrei. Die Konzentrationsentwicklung der wichtigsten Anionen ist exemplarisch für den Brunnen D 43 in Abbildung 137 dargestellt.

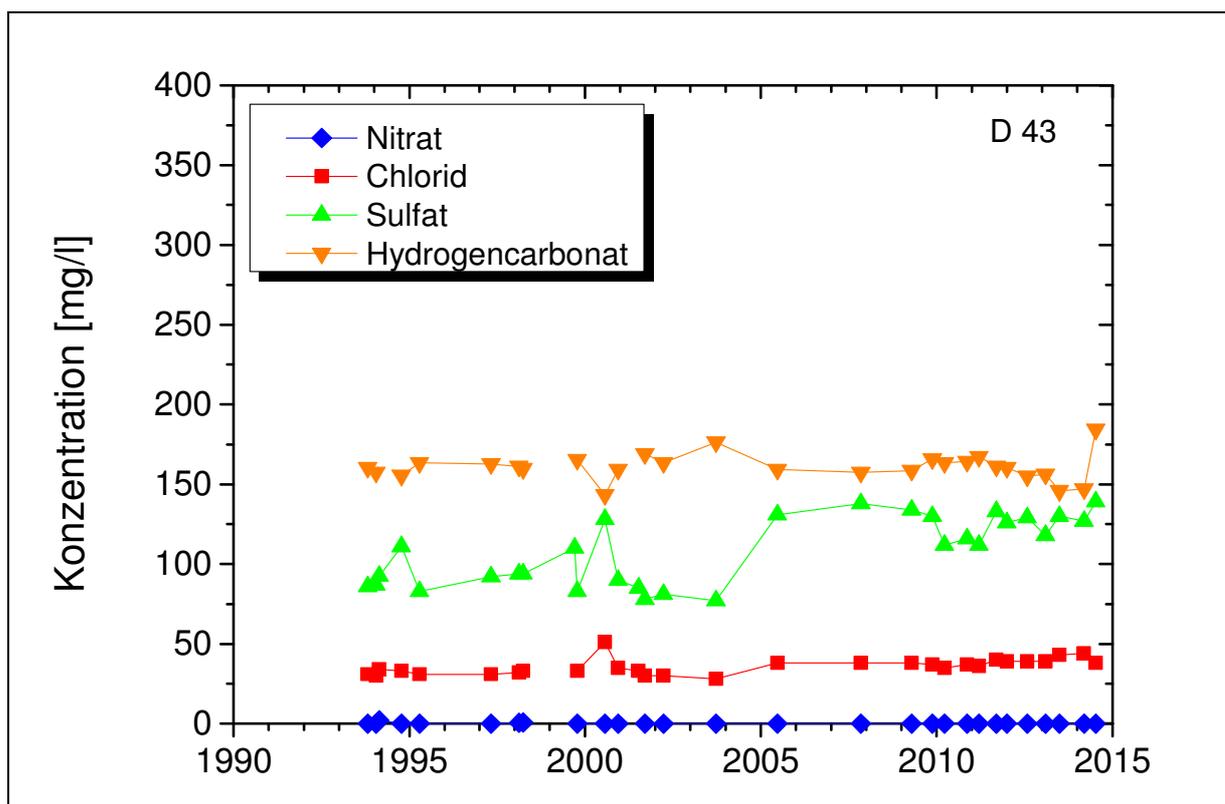


Abbildung 137: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen D 43 der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim.

### 3.34.1.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Die Auswertungen zu den Nitratkonzentrationen des Grundwassers im potenziellen Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim schließen die Einzugsgebiete der Wassergewinnungsanlagen Lommersum (Kapitel 3.28.3.2), Heimerzheim (Kapitel 3.29.2.2) und Ludendorf (Kapitel 3.29.3.2) mit ein. Die in den dortigen Einzugsgebieten liegenden Messstellen werden hier innerhalb eines größeren Datenbestands erneut betrachtet.

Innerhalb des potenziellen Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim befinden sich 43 Grundwassermessstellen, die im oberflächennahen quartären Grundwasserleiter verfiltert sind und zu denen aktuelle Grundwasserbeschaffenheitsdaten vorliegen. Hier-

bei ist zu beachten, dass der obere Aquifer auf der Erft-Scholle großflächig bergbaubedingt trocken gefallen ist. Im nördlichen Drittel des Einzugsgebiets existiert derzeit annähernd kein zusammenhängendes Grundwasservorkommen im obersten Stockwerk. Insgesamt besteht etwa die Hälfte des Einzugsgebiets im obersten Leiter aus Trockengebieten. Der Mittelwert der Nitratkonzentrationen in den genannten 43 Grundwassermessstellen liegt bei 65 mg/l. Die Einzelwerte betragen Null bis 329 mg/l Nitrat.

Während für den Horizont 12 keine Grundwasseranalysen vorliegen, stehen für eine Auswertung der Grundwasserbeschaffenheit im Horizont 10 aktuelle Analysen aus 12 Messstellen zur Verfügung. Aufgrund einer weiträumigen Entwässerung des Horizonts 10 im Norden des Einzugsgebiets befinden sich die Messstellen überwiegend in dessen Südteil. Sechs Messstellen sind aufgrund des Fehlens der Telegen- (Horizont 13) und Reuver-Tone (Horizont 11) dem ersten Grundwasserstockwerk zuzuordnen und wurden mit den dortigen Analysen ausgewertet (s. o.). Betrachtet man alle 12 Messstellen unabhängig von ihrer Stockwerkszugehörigkeit ergibt sich ein mittlerer Nitratwert von 40 mg/l. Die sechs Messstellen, die den Horizont 10 als lokales zweites Stockwerk erschließen, enthalten im Mittel 22 mg/l Nitrat, wobei die Einzelwerte zwischen Null und 71 mg/l Nitrat betragen.

Die Nitratsituation im Horizont 9B kann anhand der Analysen aus 27 Messstellen beschrieben werden, die formal überwiegend dem zweiten und dritten lokalen Grundwasserstockwerk zugehörig sind. Lediglich in drei Fällen ist der Horizont 9B Teil des obersten Stockwerks. Die mittlere Nitratkonzentration aller 27 Grundwassermessstellen beträgt 29 mg/l. Wertet man die 24 Messstellen getrennt aus, in denen der Grundwasserleiter nicht Teil des oberen Stockwerks ist, liegt der Nitrat-Mittelwert bei 27 mg/l. Die Einzelwerte schwanken zwischen Null und 81 mg/l Nitrat.

Der Förderhorizont 8 wird insgesamt durch 120 Messstellen mit vorhandenen Analysen erschlossen, die als zweites, drittes oder viertes lokales Stockwerk anzusprechen sind. Für etwa die Hälfte dieser Messstellen (63) liegen aktuelle Daten zur Grundwasserchemie vor. Die mittlere Nitratkonzentration beträgt 12 mg/l, wobei lokal bis zu 102 mg/l Nitrat gemessen werden.

Detailliertere Angaben zur räumlichen Verteilung der Nitratkonzentrationen innerhalb der einzelnen Horizonte sind im Zusammenhang mit der Erläuterungen zu den Nitratabbaureaktionen in Kapitel 3.34.1.4 enthalten.

### 3.34.1.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Flächennutzung ist im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim landwirtschaftlich geprägt. Der Anteil landwirtschaftlicher Nutzflächen beträgt etwa 80 %. Die übrigen Flächen verteilen sich zu gleichen Teilen auf Siedlungsgebiete und Waldflächen, wobei keine größeren Städte und somit keine zusammenhängenden städtischen Strukturen innerhalb des Einzugsgebiets liegen. Zusammenhängende Waldgebiete befinden sich nordöstlich des Gebiets Swisttal-Heimerzheim und Weilerswist als Teile der Ville.

Basierend auf Modellrechnungen gibt das Forschungszentrum Jülich Nitratkonzentrationen des Sickerwassers unter landwirtschaftlichen Nutzflächen überwiegend zwischen 50 und 100 mg/l an (Wendland et al. 2010). Für die städtischen Gebiete wird demnach von Nitratreintragskonzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l ausgegangen, während die Waldgebiete kaum Nitrat emittieren und die Sickerwasserwerte unter 10 mg/l liegen. In den Auen der Flüsse und Bäche wie Erft, Swist, Rotbach und anderen Fließgewässern wird der Einfluss der Flächennutzung durch die nitratreduzierenden Eigenschaften der Böden überlagert. Aufgrund des hohen Anteils junger organischer Substanz ist in diesem Bereich von einem hohen Nitratreduktionspotenzial in der ungesättigten Zone auszugehen (Kapitel 2.4) und es erfolgt kein Nitratreintrag in das Grundwasser.

#### 3.34.1.4 Erkenntnisse zu Nitrat-Abbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk treten im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmierzheim nur lokal Nitrat-Abbaureaktionen auf und sind an besondere bodenkundliche bzw. geologische Situationen gebunden. In den meisten Messstellen entsprechen die Nitratkonzentrationen den Eintragskonzentrationen des Sickerwassers, wie auch der Nitrat-Mittelwert für das oberflächennahe Grundwasser von 65 mg/l zeigt (Kapitel 3.34.1.2). Außerdem lassen zahlreiche Ganglinien einen gleichartigen Verlauf der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatwerte erkennen, was auf einen konservativen Stofftransport im Grundwasser hinweist, der nicht durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation überprägt ist. Die genannten Ionen werden unter landwirtschaftlich genutzten Flächen häufig in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen eingetragen (Abbildung 10 und Abbildung 111). Einschränkend ist zu bemerken, dass das oberste Grundwasserstockwerk im nördlichen Teil des Einzugsgebiets weiträumig entwässert ist und daher Grundwasseranalysen fehlen (Kapitel 3.34.1.2). In den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Lommersum, Heimerzheim und Ludendorf finden im obersten Grundwasserstockwerk ebenfalls keine Nitratreduktionsprozesse statt.

Nitrat-Abbaureaktionen sind lokal im Bereich der Erftaue bei Weilerswist anhand älterer Grundwasseranalysen aus den 1970er und 1980er Jahren in zwei Grundwassermessstellen belegt, danach allerdings zum Erliegen gekommen, wie beispielhaft anhand der Ganglinien der Messstelle 841431 in Abbildung 138 gezeigt wird. Zu Beginn der Messreihen lassen die Analysen anhand hoher Chlorid- und Sulfatwerte einen deutlichen anthropogenen Einfluss erkennen, der in dem landwirtschaftlich intensiv genutzten Raum zwingend mit hohen Stickstoffeinträgen verbunden gewesen sein muss. Fehlende Nitratwerte zu dieser Zeit sind nur durch Denitrifikationsreaktionen plausibel zu begründen. Der Abbauprozess ist nicht eindeutig zu identifizieren. Einerseits ergeben sich Hinweise auf eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitrat-Abbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1), worauf sinkende Hydrogencarbonatwerte in dem Zeitraum hindeuten, der durch einen Nitratdurchbruch gekennzeichnet ist (Abbildung 138). Da die pH-Werte zeitgleich stabil waren, kann eine Beeinflussung der Hydrogencarbonatkonzentrationen beispielsweise durch Versauerung ausgeschlossen werden. Andererseits zeigt das molare Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid mit anfänglichen Werten über 1,0 eine chemo-lithotrophe Denitrifikation an (Nitrat-Abbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2). Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen liegt das genannte Verhältnis in der Niederrheinischen Bucht meist um 0,75 und geht ab Anfang der 1980er Jahre bei erkennbaren Schwankungen auf diesen Wertebereich zurück. Höhere Werte werden als

Sulfatfreisetzung aus dem Grundwasserleiter interpretiert, wie sie durch die chemo-lithotrophe Denitrifikation zustande kommen. Die hydrochemischen Daten lassen offen, ob eine der beiden genannten Reaktionen oder beide parallel abgelaufen sind. Im letztgenannten Fall muss eine zeitgleiche Erschöpfung des organisch gebundenen Kohlenstoffs und der Eisendisulfidminerale als Nitratreduktionspotenziale im Sediment des Grundwasserleiters angenommen werden.

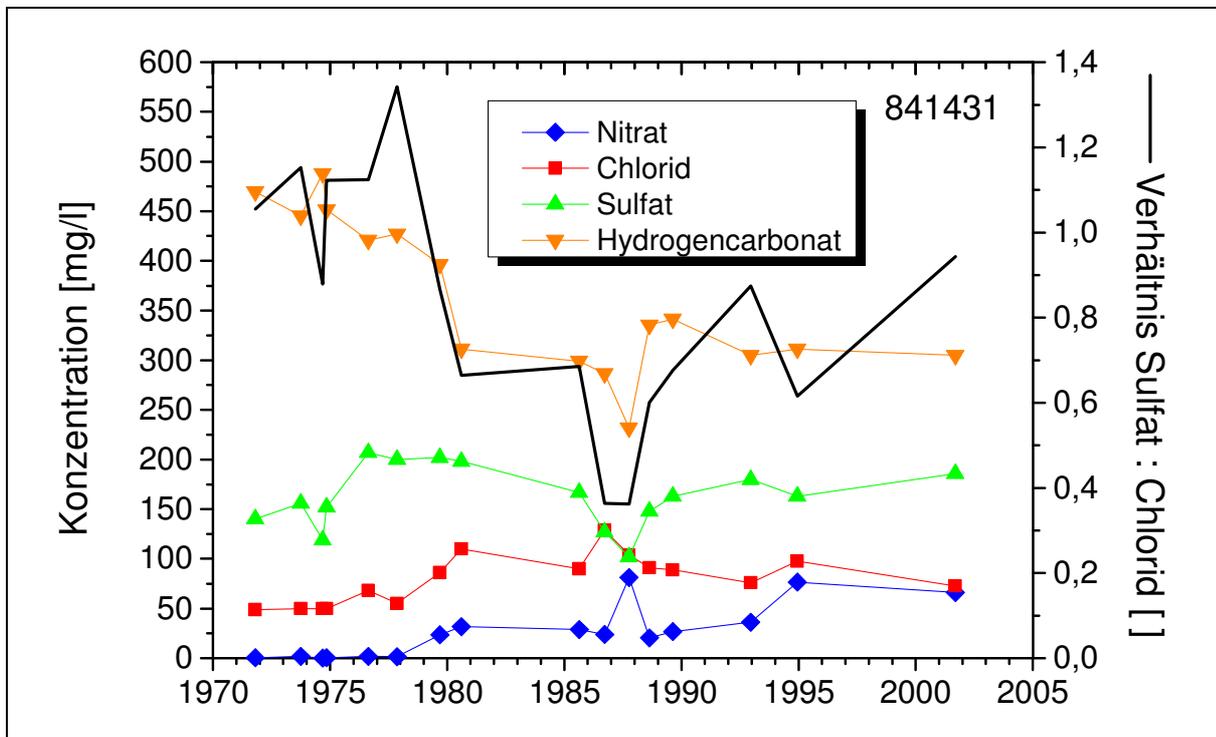


Abbildung 138: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 841431 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim.

Die beiden Messstellen befinden sich im Auenbereich, sind aber beide in Tiefen um 20 m verfiltert. Daher ist von einem Nitratabbau im Grundwasserleiter auszugehen und nicht von einem Zustrom nitratfreien Grundwassers aus der ungesättigten Zone zu den Messstellen.

Weitere lokale Beispiele für einen Nitratabbau finden sich im Süden des Einzugsgebiets im Horizont 8 bei dessen kleinräumiger Zugehörigkeit zum obersten Grundwasserstockwerk. Fehlende bis geringe Nitratkonzentrationen bei einem insgesamt hohen Grad anthropogener Beeinflussung lassen in einigen Messstellen eine Denitrifikation erkennen. In einer Messstelle legen erhöhte Sulfatwerte von bis zu 750 mg/l die Oxidation von Sulfiden nahe, wobei hier nicht von Nitrat, sondern von Sauerstoff aus der Luft als Oxidationsmittel auszugehen ist. Insofern kann hier nicht der Abbauprozess, wohl aber die Anwesenheit eines Abbaupotenzials in Form von Eisensulfidmineralen nachgewiesen werden. Die Sulfide stehen dann aber grundsätzlich auch für eine Nitratreduktion zur Verfügung (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2). In zwei anderen Messstellen weisen die Grundwasserproben erhöhte Hydrogencarbonatwerte auf, die infolge einer Oxidation organischer Substanz durch Nitrat (chemo-

organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) entstanden sein können. Die Befunde hinsichtlich des Abbauprozesses sind allerdings nicht eindeutig. Grundsätzlich sind beide Abbauewege innerhalb der Hauptkies-Serie vorstellbar. Im Kontaktbereich zum obersten Grundwasserstockwerk ist lokal auch bereits eine Erschöpfung des Abbaupotenzials erkennbar (s. u.). Diese Beobachtung ist allerdings räumlich begrenzt und nicht auf weitere Teile des Einzugsgebiets übertragbar.

Im Horizont 10 beschränken sich die Aussagen zum Nitratabbau auf den Süden des Einzugsgebiets, weil der Aquifer in dessen Nordwesten weiträumig entwässert und trocken gefallen ist. Gehört der Horizont 10 zum ersten Grundwasserstockwerk, liegen keine Hinweise auf Nitratabbaureaktionen vor.

Von den sechs Messstellen, die den Horizont 10 als zweites Grundwasserstockwerk erschließen, zeigen sich an drei Standorten Belege für einen Nitratabbau. Alle Standorte liegen am westlichen Rand des Einzugsgebiets zwischen Ertfstadt-Niederberg und Weilerswist-Ottenheim nordwestlich der Wassergewinnungsanlage Lommersum, so dass von einer engen räumlichen Begrenzung des Abbaupotenzials auszugehen ist. In zwei Messstellen ist die anthropogene Beeinflussung zwar gering, aber mehrfache Nachweise von Nitrit belegen eindeutig eine Nitratreduktion. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ist ein Zwischenprodukt des Nitratabbaus, das innerhalb einer Reaktionskette zu Stickstoffgas ( $\text{N}_2$ ) reduziert wird und im Grundwasser nicht dauerhaft stabil ist. Der Abbauprozess lässt sich aus den vorhandenen Daten allerdings nicht ableiten. In den übrigen Messstellen liegen keine Hinweise auf eine Denitrifikation vor. Auch im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Ludendorf findet kein Nitratabbau im Horizont 10 statt (Kapitel 3.29.3.4). In den Zustromgebieten der Wassergewinnungsanlagen Lommersum und Heimerzheim ist der Grundwasserleiter nicht als hydraulisch eigenständiger Horizont ausgebildet, sondern Teil des obersten Grundwasserstockwerks.

Im Horizont 9B ist hinsichtlich der Verteilung der Nitratkonzentrationen des Grundwassers und der Belege für Nitratabbaureaktionen eine Zweiteilung zu beobachten. Nitratkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze finden sich in der nordwestlichen Hälfte des Einzugsgebiets, beginnend nördlich der Gewinnungsanlagen Heimerzheim und Lommersum. Da die Grundwasserproben nahezu alle eine deutliche anthropogene Beeinflussung in Form erhöhter Chlorid- und Sulfatkonzentrationen erkennen lassen, ist auch zwingend von einem Nitratreintrag in den Horizont 9B auszugehen, weil Nitrat, Chlorid und Sulfat unter landwirtschaftlich genutzten Flächen in aller Regel in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser verlagert werden. Die fehlende Nitratbelastung des Grundwassers kann somit nur durch Abbaureaktionen erklärt werden. Eine eindeutige Identifikation der Abbauprozesse ist anhand der vorliegenden Daten nicht möglich. Hinweise bestehen sowohl auf die chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) als auch auf die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2). Im Bereich der Fassungsanlagen zeigen erhöhte Sulfatkonzentrationen zwischen 400 und 700 mg/l in drei Messstellen an, dass der Grundwasserleiter Eisendisulfidminerale enthält. Die hohen Sulfatwerte sind allerdings durch eine Belüftung des Grundwasserleiters über trocken gefallene Filterelemente von Messstellen und Brunnen entstanden, die zu einer Pyritoxidation durch Luftsauerstoff geführt hat. Grundsätzlich können die Sulfidminerale auch als Nitratabbaupotenzial wirksam werden.

Bestätigt wird diese auf hydrochemischen Daten basierende Einschätzung durch Messungen der Pyrit-Schwefelgehalte in den Sedimenten zweier Bohrungen im Nahbereich der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim. In beiden Fällen wurden im Mittel Pyrit-Schwefelgehalte zwischen 0,02 und 0,04 Gew.% in den Sedimenten des Horizonts 9B ermittelt. Bei der vorliegenden Eintragungssituation und den gegebenen hydrogeologischen Randbedingungen resultiert daraus ein Nitratbaupotenzial, das mindestens mehrere Jahrzehnte anhalten wird. Die Abschätzung der „Lebensdauer“ des Nitratbaues wird im Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA 2015, DVGW 2015) erläutert.

Im der südöstlichen Hälfte des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim liefern mit zwei Ausnahmen alle im Horizont 9B verfilterten Grundwassermessstellen nitrat-haltige Grundwasserproben. Dies schließt auch das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Heimerzheim ein, während für die Wassergewinnungsanlage Lommersum aufgrund fehlender Messstellen bzw. Grundwasserproben keine Aussagen getroffen werden können. Im Ludendorfer Einzugsgebiet befindet sich eine der Messstellen, für die punktuell von Nitratbauprozessen auszugehen ist, was aber als Ausnahme gewertet werden muss. Die Messstellen mit nitrat-haltigen Proben liegen alle nahe der Verbreitungsränder der grundwasser-nichtleitenden Tone der Tegelen- (Horizont 13) bzw. Reuver-Serie (Horizont 11) sowie des Oberen Rottons (Horizont 9C) und damit nahe der Einstromgebiete oberflächennahen Grundwassers in den Horizont 9B. Die räumliche Verteilung deutet darauf hin, dass hier aufgrund des hydraulischen Kontakts zum oxidierenden Grundwasser nie ein Nitratbaupotenzial vorhanden war oder dieses durch den anhaltenden Zustrom sauerstoff- und nitrat-haltigen Grundwassers aufgebraucht wurde.

Im Förderhorizont 8 ist für weite Teile des Einzugsgebiets ein Nitratbauprozess nachweisbar. Insgesamt lassen sich Denitrifikationsreaktionen in den Proben aus 73 Grundwassermessstellen belegen. In allen Fällen zeigt sich ein anthropogener Einfluss anhand von Chlorid- und Sulfatkonzentrationen, die die Hintergrundwerte von jeweils etwa 10 mg/l meist deutlich übersteigen, ohne dass Nitrat im Grundwasser nachweisbar ist. Angesichts der im Einzugsgebiet dominierenden landwirtschaftlichen Nutzung sind erhöhte anthropogen bedingte Stoffeinträge immer mit einer Nitratzufuhr verbunden, weil Nitrat, Chlorid und Sulfat in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden. Ohne eine Überprägung durch Abbaureaktionen würden daraus lineare Zusammenhänge der Konzentrationen der genannten Anionen resultieren (Abbildung 10, Abbildung 111). Der Nitratbauprozess findet in großen Teilen des Einzugsgebiets statt. Im Verbreitungsgebiet der Rottone (Horizonte 9A und 9C) ist nahezu flächendeckend von einer Denitrifikation auszugehen.

Als Hauptbauprozess ist die chemo-lithotrophe Denitrifikation anzusehen. Diese im Kapitel 2.3.2 detailliert beschriebene Nitratreduktion durch Eisendisulfidminerale (Pyrite,  $\text{FeS}_2$ ) kann in sieben Grundwassermessstellen eindeutig identifiziert werden. Kennzeichnend ist eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment des Grundwasserleiters, die sich in einem Anstieg der Sulfatkonzentrationen und / oder einer Zunahme des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses äußert. Dieses Verhältnis wäre ohne Beeinflussung durch den Nitratbauprozess annähernd konstant, weil Sulfat und Chlorid unter landwirtschaftlichen Nutzflächen in einem gleichbleibenden Verhältnis in das Grundwasser eingetragen werden. In der Abbildung 139 ist ein kontinuierlicher Anstieg der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen

über den dargestellten Zeitraum erkennbar. Allerdings steigen die Sulfatwerte stärker als die Chloridkonzentrationen und das Sulfat : Chlorid-Verhältnis erreicht mit maximal 0,91 einen Wert, der im landwirtschaftlich geprägten oberflächennahen Grundwasser nicht auftritt, sondern im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim zwischen 0,50 und 0,75 schwankt. Auf diese Weise lässt sich eine fortschreitende Sulfatmobilisation in der Hauptkies-Serie belegen.

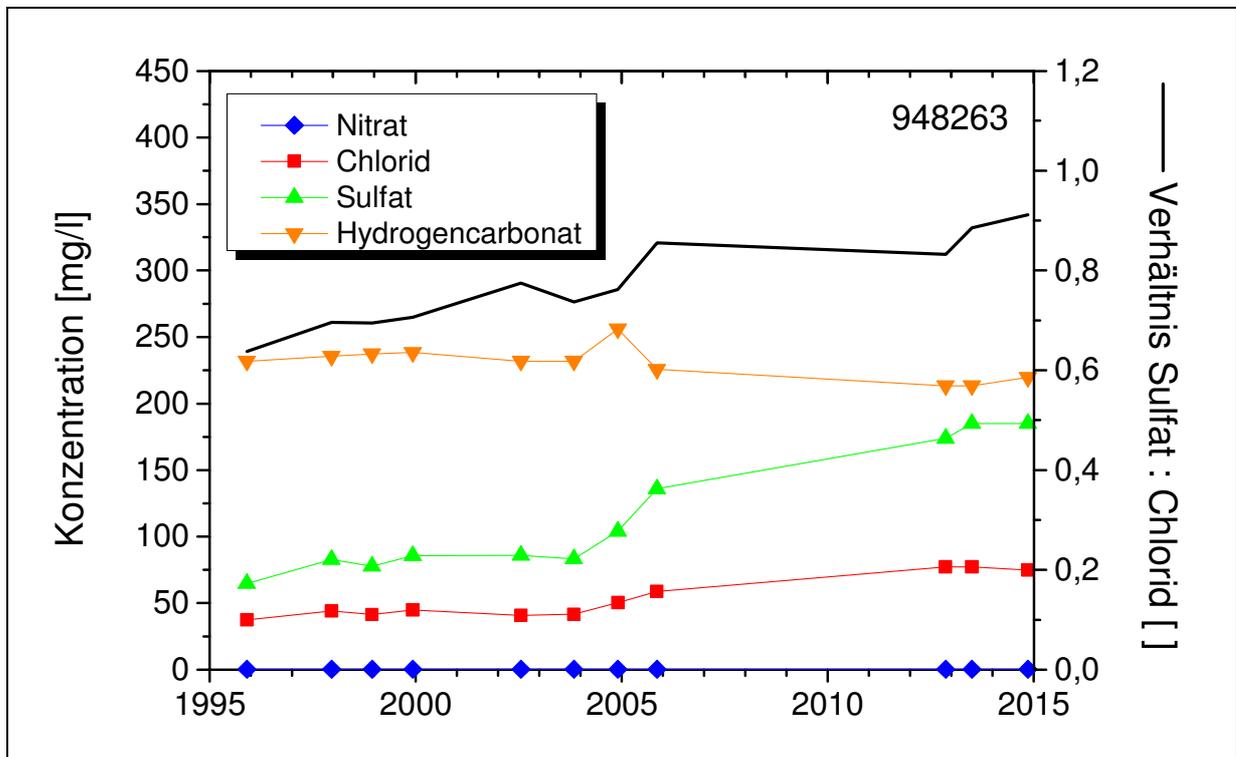


Abbildung 139: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 948263 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim.

Die Chloridkonzentrationen betragen zuletzt 75 mg/l und lagen damit nur geringfügig unterhalb des Chlorid-Mittelwerts für das oberflächennahe Grundwasser mit 87 mg/l, zeigen also an, dass der anthropogene Einfluss den Horizont 8 nahezu in vollem Umfang erreicht hat. Die in der aktuellen Probe aus der Messstelle gemessene Sulfatkonzentration von 185 mg/l wird im oberflächennahen Grundwasser im gesamten Einzugsgebiet nur an zwei Messstellen erreicht, von denen eine durch Pyritoxidationseffekte infolge Belüftung geprägt wird und Sulfatwerte bis zu 750 mg/l aufweist. Anhand dieses Vergleichs wird deutlich, dass die hohen Sulfatwerte nicht aus dem oberflächennahen Grundwasser stammen. Geht man von einem Eintrag um 65 mg/l Nitrat aus, was dem Mittelwerten des oberflächennahen Grundwassers entspricht und berechnet anhand der in Kapitel 2.3.2 erläuterten Reaktionsgleichung der Nitratreduktion durch Sulfidminerale die denitrifikationsbedingte Sulfatfreisetzung, resultiert ein Wert von 72 mg/l Sulfat. Diese Menge löst sich zusätzlich im Grundwasser. Addiert man den Mittelwert der Sulfatkonzentration im oberflächennahen Grundwasser von 111 mg/l, wird mit 183 mg/l rechnerisch annähernd die gemessene Sulfatkonzentration erreicht und erklärt die

Sulfatdifferenz zwischen dem oberflächennahen Grundwasser und dem Förderhorizont 8. Dieser Befund entspricht den Erkenntnissen aus den Einzugsgebieten der Wassergewinnungsanlagen Lommersum (Kapitel 3.28.3.4) und Heimerzheim (Kapitel 3.29.2.4), in denen der Prozess ebenfalls nachgewiesen werden konnte sowie der Wassergewinnungsanlage Ludendorf (Kapitel 3.29.3.4), wo der Nitratabbau durch Sulfidminerale zwar nicht eindeutig zu belegen ist, aber anhand der Grundwasseranalysen vermutet wird.

Weitere Belege für ein sulfidgebundenes Nitratabbaupotenzial in der Hauptkies-Serie finden sich in zwei Grundwassermessstellen im Nahbereich der Fassungsanlagen, deren Sedimente auf Pyrit-Schwefelgehalte untersucht wurden. In den beiden Bohrungen ergaben die Messungen durchschnittliche Gehalte von 0,11 bzw. 0,15 Gew. % Pyrit-Schwefel. Diese Werte sind als hoch einzustufen und bedeuten, dass von einem langfristigen Nitratabbaupotenzial auszugehen ist, das bei der vorliegenden Eintragungssituation und den vorherrschenden hydrogeologischen Randbedingungen mindestens mehrere Hundert Jahre anhält. Die Berechnungsgrundlage für diese Abschätzung wird im Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA 2015, DVGW 2015) gegeben.

Bestätigt wird das Vorhandensein des sulfidgebundenen Abbaupotenzials auch durch das Auftreten hoher Sulfatkonzentrationen zwischen 300 und 800 mg/l in mehreren weiteren fassungsnahe gelegenen Grundwassermessstellen. Die hohen Sulfatwerte sind das Ergebnis einer Belüftung der Sedimente durch trocken gefallenene Filterelemente von Brunnen und Grundwassermessstellen sowie den Einstrom sauerstoff- und nitratreichen Wassers aus dem obersten Grundwasserstockwerk über Sumpfungsbunnen, deren Filterstrecken alle Grundwasserleiter und alle Grundwasserstockwerke erschließen. Dieses Abbaupotenzial steht auch für die Denitrifikation zur Verfügung.

Flächenhafte Hinweise auf eine Nitratreduktion durch organische Materie ergeben sich nicht. Die Hydrogencarbonatwerte sind weitgehend stabil und lassen keine Überprägung durch einen hydrogeochemischen Prozess wie die chemo-organotrophe Denitrifikation erkennen. Lediglich am Südrand des Einzugsgebiets sind in zwei flachen Grundwassermessstellen bei Weilerswist Anhaltspunkte für eine Nitratreduktion durch organische Substanz zu finden. Da die Hauptkies-Serie hier dem ersten Grundwasserstockwerk zuzuordnen ist, wurden diese Beispiele bereits im vorderen Teil dieses Kapitels erläutert.

Standorte für den Aufbrauch des Abbaupotenzials finden sich ebenfalls im Horizont 8. Diese sind an die Randbereiche des Einzugsgebiets bzw. der Verbreitungsgebiete der hangenden Tonschichten und damit an die hydraulischen Kontaktstellen zwischen der Hauptkies-Serie und dem oberflächennahen Grundwasser des obersten Stockwerks gebunden. Exemplarisch zeigen die Daten einer in Abbildung 140 dargestellten Messstelle (948473) einen Nitratdurchbruch an, nachdem die Proben zu Beginn der Messreihe trotz eines deutlichen anthropogenen Einflusses mehr als 10 Jahre nitratfrei waren und somit eine Denitrifikation belegen. Die Anstiege bzw. Spitzen der Nitratkonzentrationen sind sowohl mit einem Rückgang des Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses als auch mit einem Rückgang der Hydrogencarbonatkonzentrationen verbunden (Abbildung 140), so dass keine eindeutigen Rückschlüsse auf den Nitratabbauprozess möglich sind.

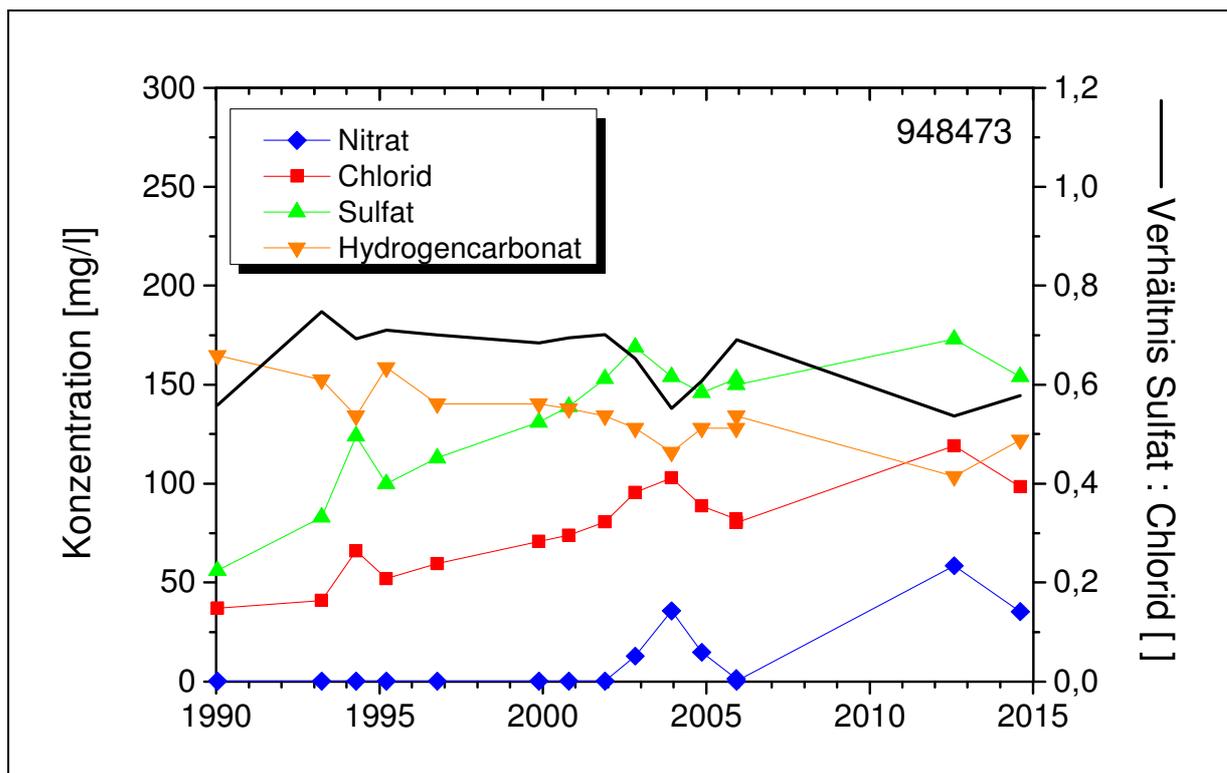


Abbildung 140: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonat-konzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses in der Grundwassermessstelle 948473 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsangabe Dirmerzheim.

Beispiele für ein nicht vorhandenes Abbaupotenzial finden sich ebenfalls in den Randbereichen des Einzugsgebiets wie beispielsweise:

- nordöstlich des Swist-Sprungs und damit nordöstlich von Swisttal-Heimerzheim sowie Weilerswist-Metternich,
- westlich des Swist-Sprungs am östlichsten Rand des Einzugsgebiets zwischen Swisttal-Buschhoven und Meckenheim und
- nordöstlich des Rurrands-West am südwestlichen Einzugsgebietsrand zwischen Weilerswist-Lommersum und Swisttal-Ludendorf einschließlich Euskirchen-Klein- und Großbüllesheim.

### 3.34.1.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim wird keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

### 3.34.2 Wassergewinnungsanlage Fürth

Die Wassergewinnungsanlage Fürth betreibt insgesamt 24 Vertikalfilterbrunnen, die sich am Nordostrand des Tagebaus Garzweiler I im Bereich des dortigen Anlagenstandortes bei Grevenbroich-Orken befinden und entlang des gesamten Nordrandes der Tagebaue Garzwei-

ler I und II über den Jüchener Ortskern und Jüchen-Hochneukirch fast bis Mönchengladbach-Wanlo nach Westen erstrecken. Die Brunnen sind im Liegenden des Hauptflözes verflort und erschließen die Horizonte 5, 2 und 09 nach Schneider & Thiele (1965). Die Liegendleiter sind in der Regel dem dritten lokalen Grundwasserstockwerk zuzuordnen. Der Förderschwerpunkt liegt innerhalb der Galerie bei den östlichen Brunnen.

Von den Tonen der Reuver-Serie ist lediglich der Reuver-Ton B (Horizont 11C) im Bereich der westlichsten Brunnen am Nordrand des Tagebaus Garzweiler II ausgebildet, weist hier aber Fehlstellen („Fenster“) auf. Während der Rotton (Horizont 9) und das Flöz Garzweiler (Horizont 6E) fehlen, sind die Flöze Frimmersdorf (Horizont 6C) und Morken (Horizont 6A) durchgängig verbreitet. Beide Flöze streichen nahe des Ostrand des Tagebaus Garzweiler I aus, so dass die Wassergewinnungsanlagen-nahen Brunnen sich im Bereich oder lediglich in wenigen Hundert Meter Entfernung vom Verbreitungsrand der Flöze Frimmersdorf und Morken befinden, wodurch sich eine hydraulische Verbindung zum oberflächennahen Grundwasserleiter ergibt.

### 3.34.2.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser aller 24 Brunnen der Wassergewinnungsanlage Fürth ist nitratfrei. Für einen am nordöstlichen Tagebaurand in Anlagennähe gelegenen Brunnen (WF 124) wird die Konzentrationsentwicklung der wichtigsten Anionen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisses exemplarisch in Abbildung 141 dargestellt.

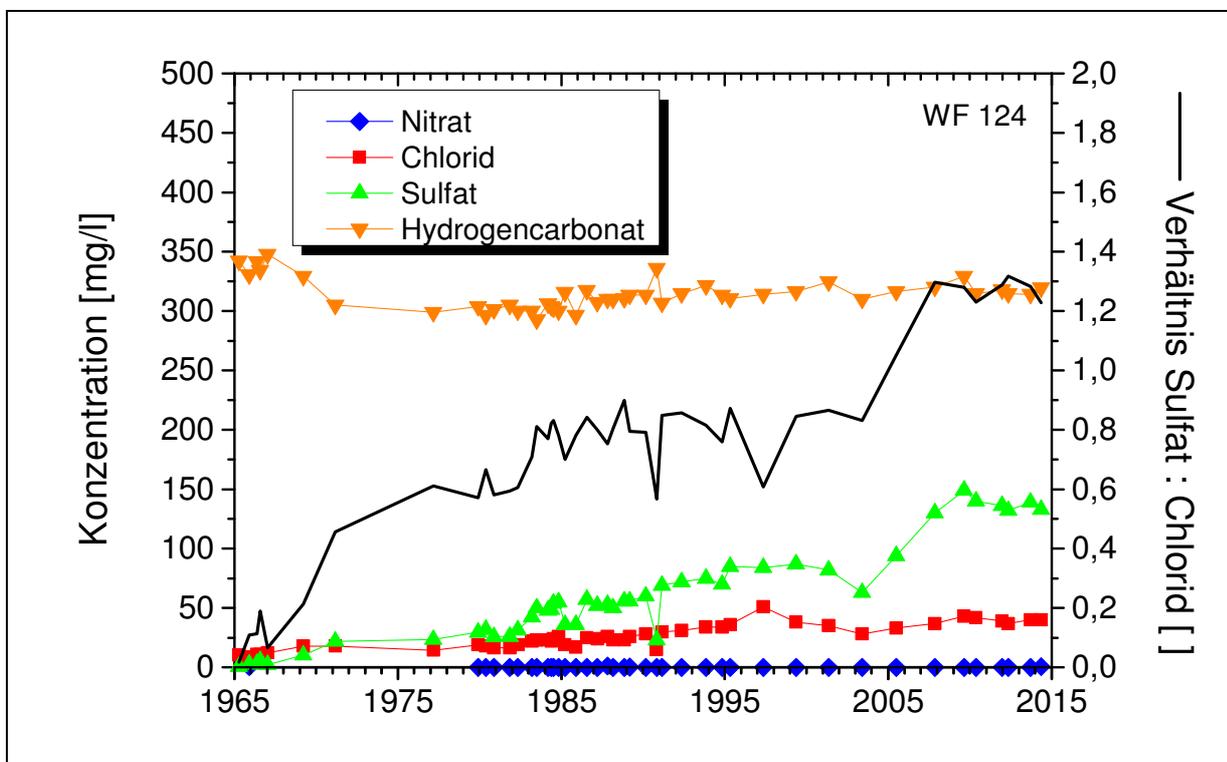


Abbildung 141: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen sowie des molaren Sulfat : Chlorid-Verhältnisses im Brunnen WF 124 der Wassergewinnungsanlage Fürth.

### 3.34.2.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Analysen oberflächennaher Grundwässer aus den quartären Terrassenkörpern sind begrenzt oder oft veraltet, weil die quartären Leiter aufgrund der bergbaubedingten Absenkungen der Grundwasseroberfläche großräumig trocken gefallen sind. Die vorhandenen Daten zeigen stark schwankende Nitratkonzentrationen zwischen 40 und 150 mg/l.

Die Hauptkies-Serie (Horizont 8) ist mit Ausnahme des westlichen Rands der Brunnengalerie ebenfalls Teil des obersten Grundwasserstockwerks und in Tagebaunähe ebenfalls nicht mehr grundwasserführend. Die wenigen vorhandenen Analysen aus dem östlichen Bereich des Einzugsgebiets stammen aus den 1970er Jahren und zeigen Nitratkonzentrationen um 50 mg/l, während das Grundwasser der Hauptkies-Serie weiter westlich mit der einsetzenden Verbreitung der Reuvertone kein Nitrat enthält.

Grundwasserproben aus den Neurather Sanden (Horizont 6D), den Frimmersdorfer Sanden (Horizont 6B) und dem Liegenden der Kohle (Horizonte 5 bis 09) sind unabhängig von ihrer Stockwerkszugehörigkeit nitratfrei.

### 3.34.2.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Fürth dominiert die landwirtschaftliche Flächennutzung mit einem Anteil von etwa 80 %. Der übrigen Flächen bestehen aus Stadtgebieten mit einem hohen Besiedlungsanteil. Das Forschungszentrum Jülich hat mittels eines Modellverbunds die Nitratkonzentrationen des Sickerwassers berechnet und gibt für landwirtschaftliche Nutzflächen im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Fürth Nitratwerte zwischen 50 und 75 mg/l, am westlichen Rand des Einzugsgebiets auch bis 100 mg/l an (Wendland et al. 2010). Für städtisch genutzte Flächen geht das Forschungszentrum Jülich von Eintragskonzentrationen in das Grundwasser zwischen 10 und 25 mg/l aus. Abweichungen hiervon bestehen lediglich kleinräumig in Talgebieten mit organikreichen Böden wie Gleyen oder Rendzinen, die ein erhöhtes Nitratbaupotenzial in der ungesättigten Zone aufweisen (Kapitel 2.4).

### 3.34.2.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Im oberflächennahen quartären Grundwasserleiter ergeben sich anhand der wenigen vorliegenden Daten keine Hinweise auf Nitratbaureaktionen. Die Nitratwerte der Grundwasserproben lagen schon in den 1970er Jahren auf dem Niveau des heutigen Eintrags. Die Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentrationen zeigen einen gleichartigen zeitlichen Verlauf. Da diese Stoffe unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen werden, weist dies auf einen konservativen Transport hin, der nicht durch Prozesse wie die Denitrifikation überprägt wird.

Im östlichen Teil des Einzugsgebiets bestätigt sich diese Schlussfolgerung auch für die Hauptkies-Serie (Horizont 8), die hier Teil des obersten Grundwasserstockwerks ist und sich lithologisch kaum von den Terrassensedimenten unterscheidet. Einzuschränken ist diese Aussage dadurch, dass sie auf den Daten lediglich einer Grundwassermessstelle basiert.

Wird die Hauptkies-Serie dem zweiten lokalen Grundwasserstockwerk zugeordnet, zeigen nitratfreie Grundwasserproben bei einer ansonsten deutlich erkennbaren anthropogenen Beeinflussung an, dass ein Nitratabbau stattfindet. Erhöhte Chlorid- und Sulfateinträge in das Grundwasser werden im Einflussbereich landwirtschaftlicher Nutzung immer von einer Nitratzufuhr begleitet. Findet sich in den Grundwasserproben in diesen Gebieten kein Nitrat, ist zwingend von einer Denitrifikation auszugehen. Die Grundwasseranalysen lassen allerdings im vorliegenden Fall keine konkreten Rückschlüsse auf den Abbauprozess zu. Lokal erhöhte Sulfatwerte bis zu 260 mg/l im Grundwasser der Hauptkies-Serie, die die im oberflächennahen Grundwasser gemessenen Konzentrationen übersteigen, könnten einen Hinweis auf eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) geben.

Angaben zu Art und Umfang des Nitratabbaupotenzials lassen sich aus Sedimentuntersuchungen im unmittelbar anschließenden Tagebau Garzweiler ableiten. Wisotzky (1994) gibt für die Hauptkies-Serie Pyrit-Schwefelgehalte der Sedimente zwischen Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze und 0,34 Gew.% bei einem Mittelwert von 0,10 Gew.% an. Auswertungen der RWE Power AG im Rahmen des Monitorings Garzweiler II zeigen, dass messbare Pyrit-Schwefelgehalte an die Verbreitung eines Grundwassernichtleiters im Hangenden des Horizonts 8 gebunden sind. Bei einem Gehalt um 0,10 Gew.% Pyrit-Schwefel ist bei einem Nitratintrag zwischen 50 und 75 mg/l (Kapitel 3.34.2.3) von einem Nitratabbaupotenzial auszugehen, das mindestens mehrere Jahrzehnte bis Jahrhunderte anhält. Details zur Herleitung der „Lebensdauer“ des Nitratreduktionspotenzials finden sich im Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA 2015, DVGW 2015).

Im Grundwasser der Neurather Sande (Horizont 6D) sind alle Proben nitratfrei, weisen aber teilweise deutliche anthropogene Einflüsse auf, so dass angesichts der oben beschriebenen Argumentation sicher von Nitratabbauvorgängen im Grundwasserleiter auszugehen ist. Lokal zeigen erhöhte Konzentrationsverhältnisse von Sulfat zu Chlorid mit hoher Wahrscheinlichkeit an, dass eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale wie Pyrit, Kapitel 2.3.2) stattfindet. Da Sulfat und Chlorid unter landwirtschaftlichen Nutzflächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser transportiert werden, wie beispielsweise in Kapitel 3.1.1.4 erläutert und in Abbildung 10 sowie Abbildung 111 illustriert wird, weist eine Erhöhung dieses Konzentrationsverhältnisses auf eine Sulfatfreisetzung aus dem Sediment des Grundwasserleiters hin. Als Quelle für das Sulfat kommen in den tieferen Grundwasserleitern am Niederrhein ausschließlich sulfidische Mineralphasen wie Pyrit in Frage.

Geochemische Untersuchungen zahlreicher Proben der Neurather Sande (Horizont 6D), die von Wisotzky (1994) und Bergmann (1999) im Vorfeld des Tagebaus Garzweiler durchgeführt wurden, belegen Pyrit-Schwefelgehalte von durchschnittlich 0,34 Gew.% bzw. 0,38 Gew.%. Daraus leitet sich ein Nitratabbaupotenzial ab, das mindestens mehrere Jahrhunderte andauert. Die Berechnungsgrundlage für diese Abschätzung wird im Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA 2015, DVGW 2015) gegeben.

Das Grundwasser in den Frimmersdorfer Sanden (Horizont 6B) ist meist frei von anthropogenen Einflüssen. Aussagen zum Nitratabbaupotenzial sind nur anhand der Daten aus einer

Grundwassermessstelle möglich, deren Filter durch die sumpfungsbedingte Absenkung der Grundwasserstände zwischen 1999 und 2005 belüftet wurde. Der Sauerstoffzutritt über den Filter zum Sediment hat zu einer Pyritoxidation geführt und einen Anstieg der Sulfatkonzentrationen in diesem Zeitraum bewirkt (Abbildung 142). Somit liegt ein Nachweis über die Existenz von Eisendisulfidmineralen und eines sulfidgebundenen Nitratabbaupotenzials vor.

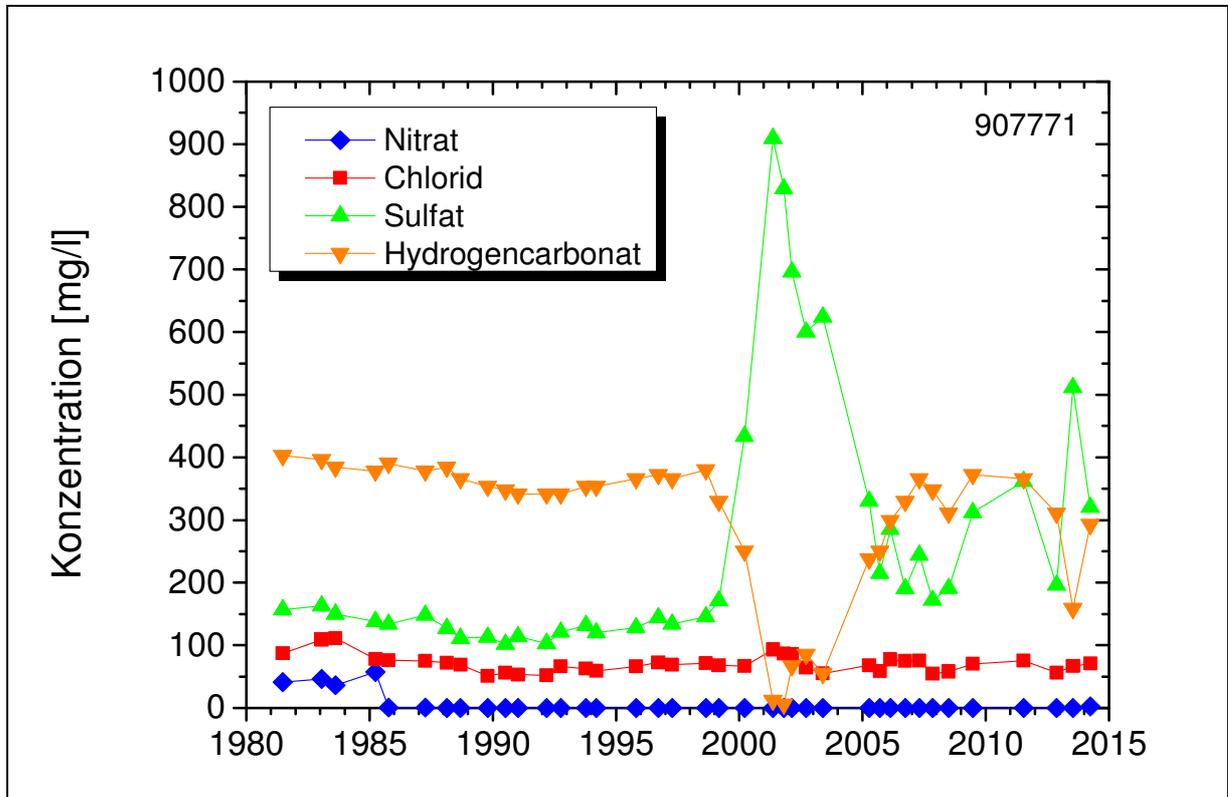


Abbildung 142: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen in der Grundwassermessstelle 907771 im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Fürth.

Geochemische Untersuchungen der Braunkohlennebengesteine im Tagebau Garzweiler bestätigen diesen Befund. Wisotzky (1994) gibt den mittleren Pyrit-Schwefelgehalt der Frimmersdorfer Sande (Horizont 6B) mit 0,22 Gew.% an. Hieraus leitet sich ein sulfidgebundenen Nitratabbaupotenzial ab, das bei den aktuellen Nitrateinträgen mindestens über Jahrhunderte anhält. Details zur Abschätzung der „Lebensdauer“ des Nitratreduktionspotenzials werden im Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA 2015, DVGW 2015) vorgestellt.

Am Nordrand des Tagebaus Garzweiler weisen die Rohwasserproben der Liegendleiter (Horizonte 5 bis 09) keine Anzeichen anthropogener Einflüsse auf. Die Chlorid- und Sulfatwerte liegen hier meist im einstelligen Konzentrationsbereich und zeigen den natürlichen Hintergrund an. Somit sind an diesen Standorten auch keine Aussagen über Nitratabbauprozesse anhand hydrochemischer Daten möglich.

Die im Bereich des Standortes der Wassergewinnungsanlage am Nordostrand des Tagebaus gelegenen Brunnen lassen jedoch einen deutlichen anthropogenen Einfluss erkennen,

der sich in erhöhten Chloridkonzentrationen bis zu 51 mg/l und Sulfatwerten bis 149 mg/l äußert (Abbildung 141). Mit diesem Konzentrationsniveau sind im Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Nutzflächen im Einzugsgebiet der östlichen Fürther Brunnen zwingend auch Nitrateinträge in das Grundwasser verbunden. Die Tatsache, dass das Grund- und Rohwasser keine Nitratbelastung mehr aufweist, belegt den Nitratabbau.

Hinsichtlich des Nitratabbauprozesses ergeben sich anhand der vorliegenden Grund- und Rohwasseranalysen sowohl Hinweise auf die chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) als auch die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2).

Die Brunnen mit dem stärksten anthropogenen Einfluss weisen mit mehr als 400 mg/l Hydrogencarbonat bei einem Maximalwert von 483 mg/l auch die höchsten Konzentrationen gelösten anorganischen Kohlenstoffs auf. Diese Brunnen liegen jeweils nur in wenigen Hundert Metern Entfernung zum Ausstrichrand der Flöze Frimmersdorf und Morken, so dass ein Zufluss nitrathaltigen oberflächennahen Grundwassers in den Förderhorizont hydraulisch plausibel ist. Demgegenüber enthalten die anthropogen unbeeinflussten Wässer am Tagebaunordrand zwischen 250 und 340 mg/l Hydrogencarbonat. Hierbei sind Auswirkungen schwankender pH-Werte auf die anorganische Kohlenstoff-Speziesverteilung anhand der vorliegenden Messwerte auszuschließen. Als Ursache der erhöhten Werte ist somit eine Mobilisation anorganischen Kohlenstoffs durch die chemo-organotrophe Denitrifikation denkbar, bei der organischer in anorganischen Kohlenstoff umgewandelt wird.

Dieselben Brunnen weisen allerdings im Vergleich zum oberflächennahen Grundwasser auch erhöhte und weiter steigende molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisse auf, wie u. a. anhand der Rohwasseranalysen des Brunnens WF 124 erkennbar ist (Abbildung 141). Nitrat, Sulfat und Chlorid werden bei landwirtschaftlicher Nutzung meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen in das Grundwasser eingetragen, wie der oft lineare Zusammenhang der Parameter belegt (Abbildung 10, Abbildung 111). In landwirtschaftlich genutzten Gebieten am Niederrhein liegt das Konzentrationsverhältnis von Sulfat zu Chlorid oft bei Werten um 0,75. Übersteigt das Verhältnis diesen Wert deutlich, kann dies als Hinweis auf eine Sulfatmobilisation aus dem Grundwasserleiter gewertet werden, weil sich die Chloridionen in jedem Fall konservativ verhalten und nicht durch hydrogeochemische Prozesse beeinflusst werden. In den Rohwässern der östlichen Brunnen der Wassergewinnungsanlage Fürth betragen die Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnisse zwischen 0,90 und 1,35. Hieraus ergibt sich, dass eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale stattfindet.

Insgesamt ergeben sich somit Anzeichen für beide bekannten Nitratreduktionsprozesse. Da sich diese nicht gegenseitig ausschließen, ist vorstellbar, dass sowohl die organische Substanz als auch Sulfidminerale für eine Nitratreduktion genutzt werden.

#### 3.34.2.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Fürth wird keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

### 3.34.3 Wassergewinnungsanlage Paffendorf

In der Wassergewinnungsanlage Paffendorf wird das Rohwasser aus 11 Brunnen der sogenannten AC-Galerie gewonnen, die in den Horizonten 8 (Hauptkies-Serie) bzw. 7 verfiltert und dem vierten lokalen Grundwasserstockwerk zuzuordnen sind. Die Tone der Telegen- (Horizont 13) und Reuver-Serie (Horizont 11) sind in dem auf der Erft-Scholle gelegenen Teil des Einzugsgebiets durchgängig verbreitet und bilden oft einen gemeinsamen Grundwasserstauer. Auch der Obere (Horizont 9C) und Untere Rotton (Horizont 9A) sind auf der Erft-Scholle im Einzugsgebiet durchgängig ausgebildet.

#### 3.34.3.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der AC- Brunnen ist weitestgehend nitratfrei. Lediglich vereinzelt treten Nitratkonzentrationen in der Größenordnung der Bestimmungsgrenze auf. Die Konzentrationsentwicklung der wichtigsten Anionen ist exemplarisch für den Brunnen AC 86 in Abbildung 143 dargestellt.

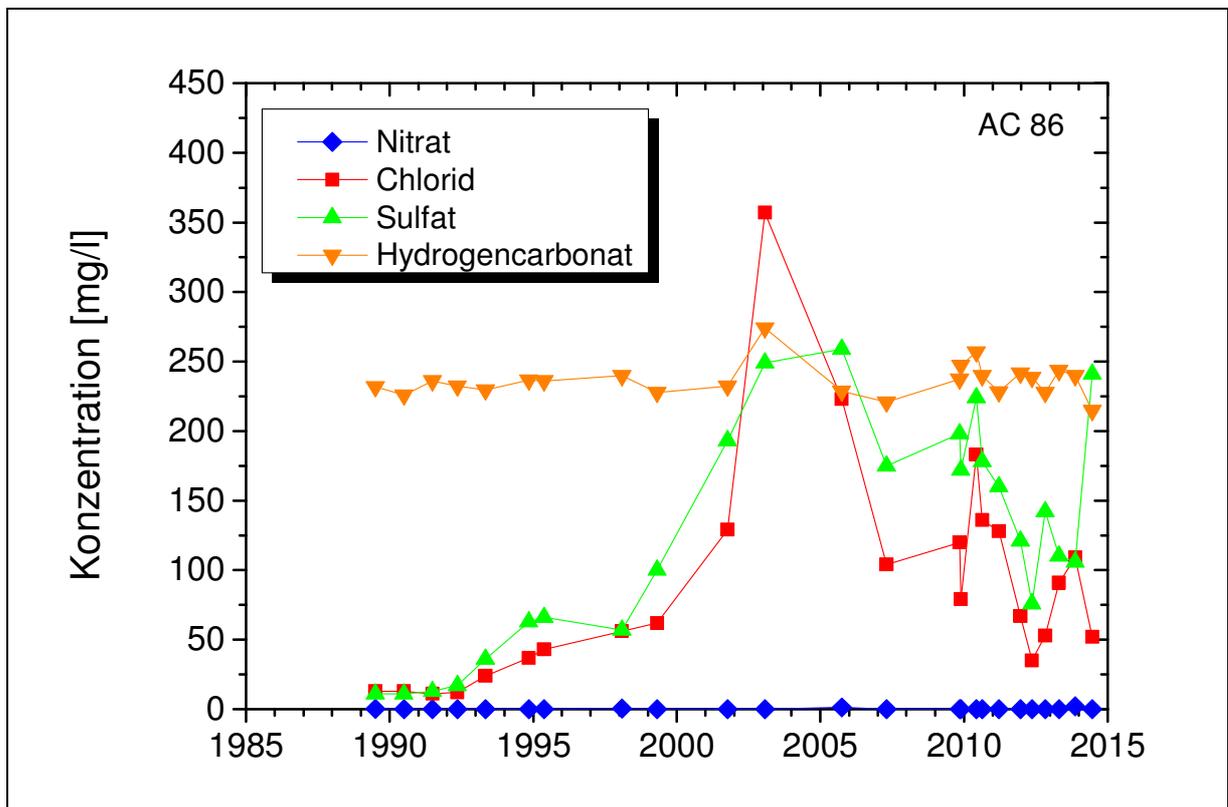


Abbildung 143: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen AC 86 der Wassergewinnungsanlage Paffendorf.

#### 3.34.3.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet des Brunnen der AC-Galerie liegen innerhalb des bis zu 80 m mächtigen obersten Grundwasserstockwerks für sechs Messstellen aktuelle Analysen vor. Dies schließt das Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage Glesch (Kapitel 3.33.1) ein.

Die gemeinsame Betrachtung der beiden Gewinnungsstandorte ist erforderlich, um messstellenseitig eine möglichst aussagekräftige Datenbasis heranziehen zu können. Alle Messstellen sind an der Stockwerksbasis verfiltert. In fünf Fällen sind die Grundwasserproben nitratfrei, während eine Probe geringe Nitratwerte von 16 mg/l aufweist. In zwei älteren Datensätzen sind in den 1980er Jahren Nitratwerte bis zu 30 mg/l aufgetreten.

In den Horizonten 10 und 9B befinden sich keine Messstellen, zu denen Grundwasseranalysen vorliegen. Im Förderhorizont 8 stehen zu vier Messstellen aktuelle Analysen für eine Auswertung zur Verfügung, die um ältere hydrochemische Datensätze aus fünf weiteren Messstellen ergänzt werden. Nitrat konnte in keiner Messstelle nachgewiesen werden.

### 3.34.3.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Die Flächennutzung im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Paffendorf ist überwiegend landwirtschaftlich geprägt, erstreckt sich im Bereich der Erft-Scholle aber auch über Siedlungs- und Gewerbegebiete Bergheims und Elsdorfs. Für die landwirtschaftlich genutzten Flächen gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Grundlage von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers von 25 bis 75 mg/l an, während im Sickerwasser unter städtischen Flächen von 25 bis 50 mg/l Nitrat als Eintragswert ausgegangen wird (Wendland et al. 2010). Außerhalb der Erft-Scholle liegt ein Teil der Abraumkippe des ehemaligen Tagebaus Fortuna-Garsdorf im Einzugsgebiet der Brunnen der Wassergewinnungsanlage. Hierbei ist weniger die dort stattfindende land- und forstwirtschaftliche Flächennutzung als vielmehr die hydrochemischen Eigenschaften eines Kippengrundwasserkörpers mit den Auswirkungen der Pyrit-oxidation von Bedeutung.

### 3.34.3.4 Erkenntnisse zu Nitratabbaureaktionen

Im obersten Grundwasserstockwerk ergeben sich Anhaltspunkte für Nitratabbauvorgänge an der Stockwerksbasis. Auch hier ist darauf hinzuweisen, dass Analysen von Proben aus Messstellen verwendet werden, die das gemeinsame Einzugsgebiet der Brunnen der AC-Galerie betreffen, d. h. der Wassergewinnungsanlagen Glesch (Kapitel 3.33.1) und Paffendorf. Das Grundwasser weist hier eine erhöhte anthropogene Beeinflussung auf, wie an Chloridkonzentrationen zwischen 80 und 100 mg/l und Sulfatwerten zwischen 150 und 200 mg/l erkennbar ist. Unter landwirtschaftlichen Nutzflächen in bei einem solchen Konzentrationsniveau zwingend von erhöhten Nitrateinträgen auszugehen, die durch die Prognose der Sickerwasserkonzentrationen um 50 mg/l bestätigt werden (Kapitel 3.34.3.3). Die im Vergleich zu diesem Niveau fehlenden bis geringen Nitratkonzentrationen (Kapitel 3.34.3.2) sind nur durch Denitrifikationsvorgänge zu erklären.

Hinsichtlich des Abbauprozesses sind die Hinweise sehr vage. Die Sulfatkonzentrationen sind zwar sehr hoch, was aber nicht als Beleg für eine chemo-lithotrophe Denitrifikation - Nitratreduktion durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2 - zu verstehen ist, weil die Chloridwerte ebenfalls als sehr hoch eingeordnet werden müssen. Das molare Sulfat : Chlorid-Konzentrationsverhältnis ist mit Werten zwischen 0,65 und 0,75 als typisch für landwirtschaftlich genutzte Regionen anzusehen ist, ohne dass sich Anzeichen für eine Überprägung

durch hydrogeochemische Prozesse wie die Denitrifikation ergeben. Außerdem zeigen die Sulfat- und Chloridwerte häufig einen vergleichbaren Verlauf, was ebenfalls auf einen konservativen Transport der Wasserinhaltsstoffe hinweist.

Demgegenüber sind in einer Grundwassermessstelle (821291) über den Messzeitraum leicht steigende Hydrogencarbonatwerte zu erkennen, wie bereits in Kapitel 3.33.1.4 erläutert und in Abbildung 135 dargestellt wurde. Hieraus ergibt sich bei einem stabilen pH-Wert ein Hinweis auf die Mobilisation von anorganischem Kohlenstoff aufgrund der chemo-organotrophen Denitrifikation, d. h. der Nitratreduktion durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1). Allerdings ist dieser Befund nicht eindeutig und grundsätzlich auch durch andere Einflussfaktoren wie Änderungen der Grundwasserströmungsrichtung oder die Kalkung von Böden erklärbar.

Für die Horizonte 10 und 9B fehlen zwar hydrochemische Daten, aber Untersuchungen der Pyrit-Schwefelgehalte der Abraumsedimente im nahegelegenen Tagebau Hambach zeigen Gehalte um 0,05 Gew. % Pyrit-Schwefel im nicht-bindigen, d. h. sandig-kiesigen Material (Uhlmann 2007). Daraus lässt sich ein sulfidgebundenes Nitratbaupotenzial ableiten und es ist von einer chemo-lithotrophen Denitrifikation (Kapitel 2.3.2) auszugehen.

Die Nitratreduktion durch Eisendisulfide ist auch für den Horizont 8 mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Hier liegen die Pyrit-Schwefelgehalte nach Angaben von Uhlmann (2007) noch höher als in den Horizonten 10 / 9B und betragen im nicht bindigen Teil der Sedimente 0,14 Gew. %. Daraus leitet sich ein hohes und langfristig wirksames Nitratreduktionsvermögen der Sedimente ab. Eine Bestätigung durch hydrochemische Befunde ist aufgrund der nur wenigen vorhandenen Grundwasseranalysen nicht möglich. Bei Abstichwerten von über 200 Metern ist die Bebrohung der vorhandenen Grundwassermessstellen nur mit hohem Aufwand über Schöpfsysteme möglich und die Analysen liefern beispielsweise für einige Parameter wie u. a. gelöste Gase, Hydrogencarbonat, Eisen und Mangan keine belastbaren Ergebnisse.

Die wenigen vorhandenen Analysen lassen in großen Teilen der Hauptkies-Serie ein Grundwasser mit nachweisbaren, aber geringen anthropogenen Einflüssen erkennen. Die Chloridkonzentrationen betragen in diesen Fällen höchstens 15 mg/l und die Sulfatwerte übersteigen Werte von 40 mg/l nicht. Damit sind die Konzentrationen nur geringfügig höher als in anthropogen unbeeinflussten Wässern, in denen beide Wasserinhaltsstoffe Konzentrationen um 10 mg/l aufweisen. Die fehlende Nitratbelastung des Grundwassers ist hier kein Ergebnis eines Abbaus, sondern dadurch zu erklären, dass anthropogen beeinflusstes nitratthaltiges Grundwasser große Teile des Förderhorizonts noch nicht erreicht hat.

Eine Besonderheit zeigt sich in der Grund- und Rohwasserbeschaffenheit in Nahbereich des Schollenrands zum Alttagebau Fortuna-Garsdorf. Während die Rohwässer der Brunnen am südöstlichen Rand der Galerie dieselbe geringe Mineralisation aufweisen, wie sie für weite Teile der Hauptkies-Serie typisch ist, sind u. a. die Sulfat-, Chlorid- und Eisenkonzentrationen im nordwestlichen Bereich der Brunnengalerie höher (Abbildung 144).

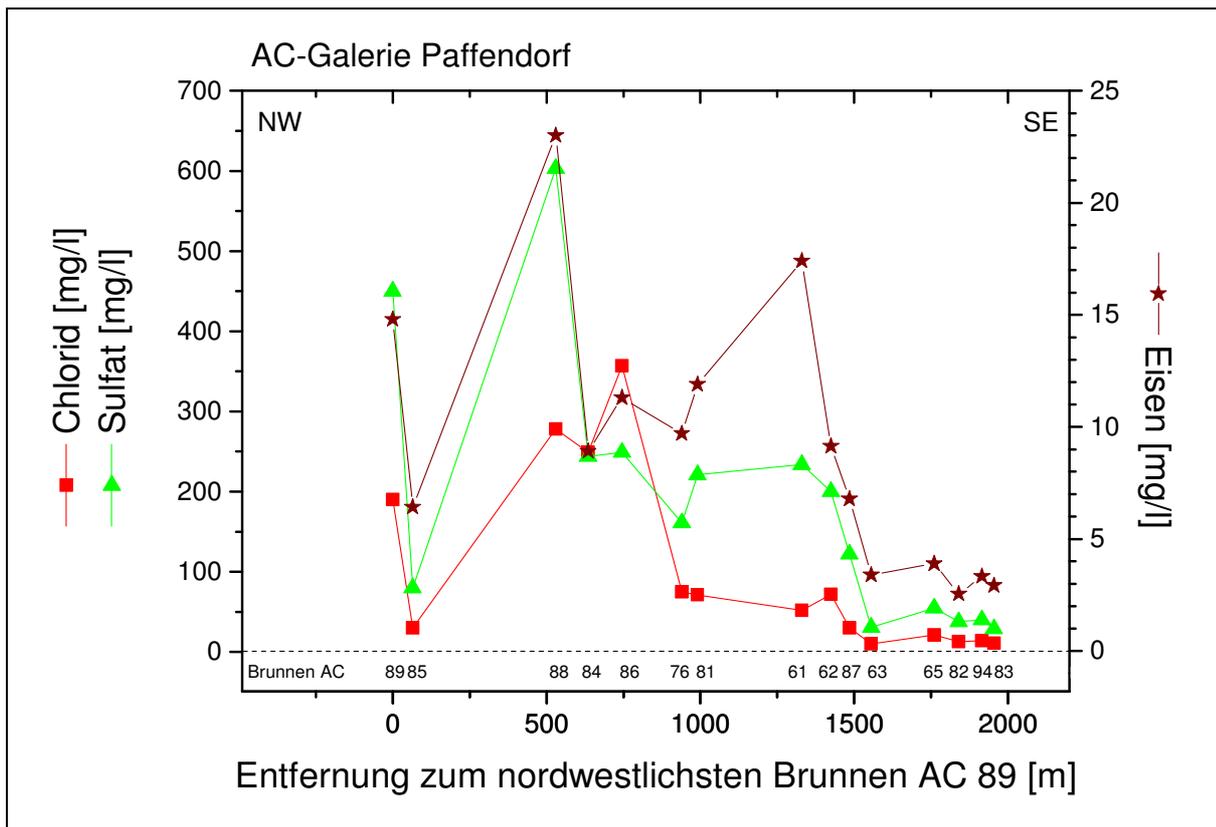


Abbildung 144: Räumliche Verteilung der Sulfat-, Chlorid- und Eisenkonzentrationen im Rohwasser der Förderbrunnen der Wassergewinnungsanlage Paffendorf (Maximalwerte aus dem Zeitraum 2000 bis 2009) als Hinweis auf den Zustrom von Grundwasser aus der Abraumkippe des Altagebaus Fortuna-Garsdorf.

Die teilweise mehrere Hundert Milligramm pro Liter betragenden Sulfatkonzentrationen sind nicht das Ergebnis von Nitratbaureaktionen, sondern von einer Pyritoxidation durch atmosphärischen Sauerstoff in den Braunkohlenabbaukippen des Tagebaus Fortuna-Garsdorf. Das Sulfat stammt also auch hier aus den Pyritmineralen, aber als Oxidationsmittel wirkt nicht das im Grundwasser gelöste Nitrat, sondern der direkte Kontakt zum Luftsauerstoff, was eine viel intensivere Reaktion und eine stärkere Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit bewirkt.

Teile der Abraumkippe des ehemaligen Tagebaus Fortuna-Garsdorf gehören somit zum Einzugsgebiet der Brunnen der AC-Galerie. Die wesentliche Ursache hierfür ist, dass im Rahmen des Tagebaubetriebs Teile des Quadrather Sprungs, der die schollentrennende Verwerfung bildet, abgegraben wurden. Auf diese Weise ist gebietsweise eine direkte hydraulische Verbindung zwischen Abraumkippe und Erftscholle entstanden. Die höchsten Sulfatkonzentrationen traten mit 603 mg/l im Brunnen AC 88 auf (Abbildung 144), der daraufhin außer Betrieb genommen wurde. Von Nordwesten nach Südosten betrachtet weisen auch die benachbarten Brunnen auf einer Erstreckung von insgesamt etwa einem Kilometer - mit Ausnahme des Brunnens AC 85 - erhöhte Sulfatwerte > 100 mg/l auf, die dann in südöstliche Richtung auf Konzentrationen unter 50 mg/l abnehmen. Die Eisenkonzentrationen zeigen eine ähnliche Verteilung auf einem geringeren Konzentrationsniveau.

Der Anstieg der Sulfatkonzentrationen erfolgt zeitgleich mit zunehmenden Natrium- und Chloridkonzentrationen sowie einem Temperaturanstieg (Abbildung 144, ohne Darstellung der Natrium- und Temperaturdaten). Die Anstiege sind dann besonders groß, wenn die Förderung der Brunnen gedrosselt wird. Die niedrigeren Werte kommen also durch Mischung mit geringer mineralisierten und temperierten Wässern zustande, wenn die Brunnen größere Wassermengen fördern.

Der zeitgleiche Konzentrations- und Temperaturanstieg ist nur durch einen Zustrom aus der Abraumkippe erklärbar, auch wenn Natrium und Chlorid nicht im Zusammenhang mit der Pyritoxidation stehen, sondern insbesondere aufgrund der zunehmenden Grundwassertemperatur einen Hinweis auf Tiefengrundwasseraufstiege geben. Ein entsprechender Aufstieg von natrium- und chloridreichem sowie hoch temperiertem Grundwasser - wahrscheinlich aus dem devonischen Festgestein im Liegenden der tertiären Sedimente der niederrheinischen Bucht - wird durch Grundwasseranalysen von Proben aus einer Messstelle auf der Abraumkippe Fortuna-Garsdorf belegt (Abbildung 145). Es handelt sich hierbei um eine an der Kippenbasis verfilterte Messstelle, die zu Beginn der Messreihe typische Einflüsse der Pyritoxidation zeigte, was hohe Sulfatkonzentrationen verdeutlichen. Im Folgenden wird das kippen-typische Grundwasser durch den Aufstieg tiefen Grundwassers mit hohen Natrium- und Chloridkonzentrationen verdrängt. Gleichzeitig erfolgt ein Temperaturanstieg, der im Maximum Werte von 30 °C erreicht (Abbildung 145). In der Abraumkippe findet somit eine Mischung zweier hoch mineralisierter Wässer statt. Das Mischwasser strömt über den Schollenrand in den Horizont 8 in der Erftscholle ein und einem Teil der Brunnen der AC-Galerie zu.

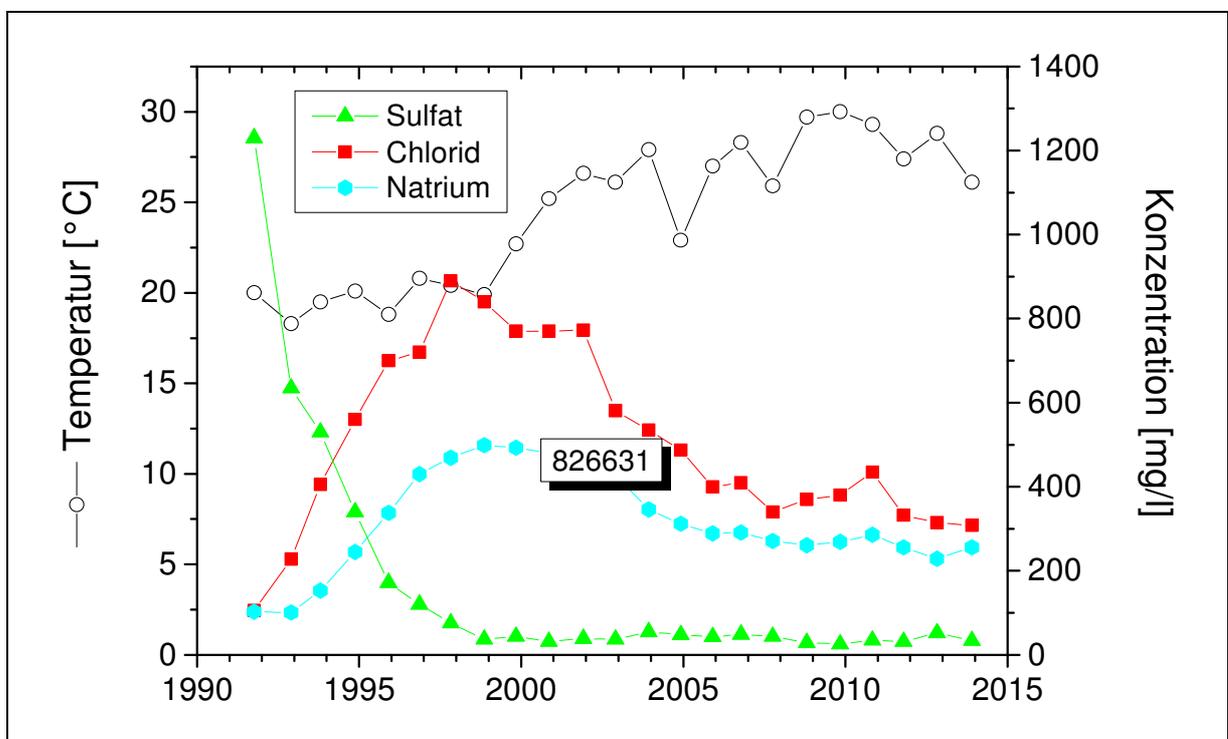


Abbildung 145: Zeitliche Entwicklung der Chlorid-, Sulfat- und Natriumkonzentrationen sowie der Temperaturen in der Grundwassermessstelle 826631.

Die Konzentrationsverteilung der Sulfat- und Chloridwerte wird somit durch den Zustrom aus der Abraumkippe gesteuert und gibt in diesem Fall keine Hinweise auf landwirtschaftlich bedingte Stoffeinträge oder Nitratbauprozesse. Vergleichbare Einflüsse finden sich auch in den Grundwassermessstellen, die in der Nähe des Schollenrands auf der Erft-Scholle liegen und im Horizont 8 verfiltert sind.

#### 3.34.3.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitrateinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der AC-Brunnen des Wassergewinnungsanlage Paffendorf wird keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation betrieben.

### 3.34.4 Wassergewinnungsanlage Türnich

Die Wassergewinnungsanlage nutzt 6 Brunnen der MT-Galerie als Förderbrunnen zur Rohwassergewinnung. Alle Brunnen erschließen die Hauptkies-Serie (Horizont 8), die überwiegend als viertes lokales Grundwasserstockwerk anzusprechen ist. Die Tegelen-Tone (Horizont 13) sind am Gewinnungsstandort und im westlichen Teil des Einzugsgebiets ausgebildet, während der Reuver-Ton (Horizont 11) im östlichen Einzugsgebiet verbreitet ist. Die Tone der Rotton-Serie sind flächendeckend im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Türnich ausgebildet. Lediglich der Obere Rotton (Horizont 9C) weist am südöstlichen Rand des Einzugsgebiets bei Kerpen-Brüggen ein „Fenster“ auf.

#### 3.34.4.1 Nitratkonzentrationen im Rohwasser

Das Rohwasser der MT-Brunnen ist nitratfrei. Es sind bisher in keiner Probe nachweisbare Nitratkonzentrationen aufgetreten. Exemplarisch ist die Konzentrationsentwicklung der wichtigsten Anionen für den Brunnen MT 41 in Abbildung 146 dargestellt.

#### 3.34.4.2 Nitratkonzentrationen im Grundwasser im Einzugsgebiet

Im Einzugsgebiet des Brunnen der MT-Galerie existieren nur wenige Grundwassermessstellen. Für das oberste Grundwasserstockwerk liegen Altdaten aus den 1980er Jahren von Proben aus lediglich einer Grundwassermessstelle vor, die Werte um 110 mg/l Nitrat zeigen. Da im benachbarten Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Nitratkonzentrationen des oberflächennahen Grundwassers und den berechneten Konzentrationen im Sickerwasser festgestellt wurde, wird hier auf die Sickerwasserwerte im Folgekapitel 3.34.4.3 verwiesen.

Da die Horizonte 12 und 10 nicht durch Grundwassermessstellen erschlossen sind, liegen keine hydrochemischen Befunde für diese Grundwasserleiter vor. Im Horizont 9B zeigen die Analysen von Proben aus zwei Messstellen ebenso ein nitratfreies Grundwasser an, wie die Daten der vier im Förderhorizont 8 verfilterten Messstellen. Anzumerken ist jedoch, dass die Analysen in allen Fällen mindestens 10 Jahre alt sind.

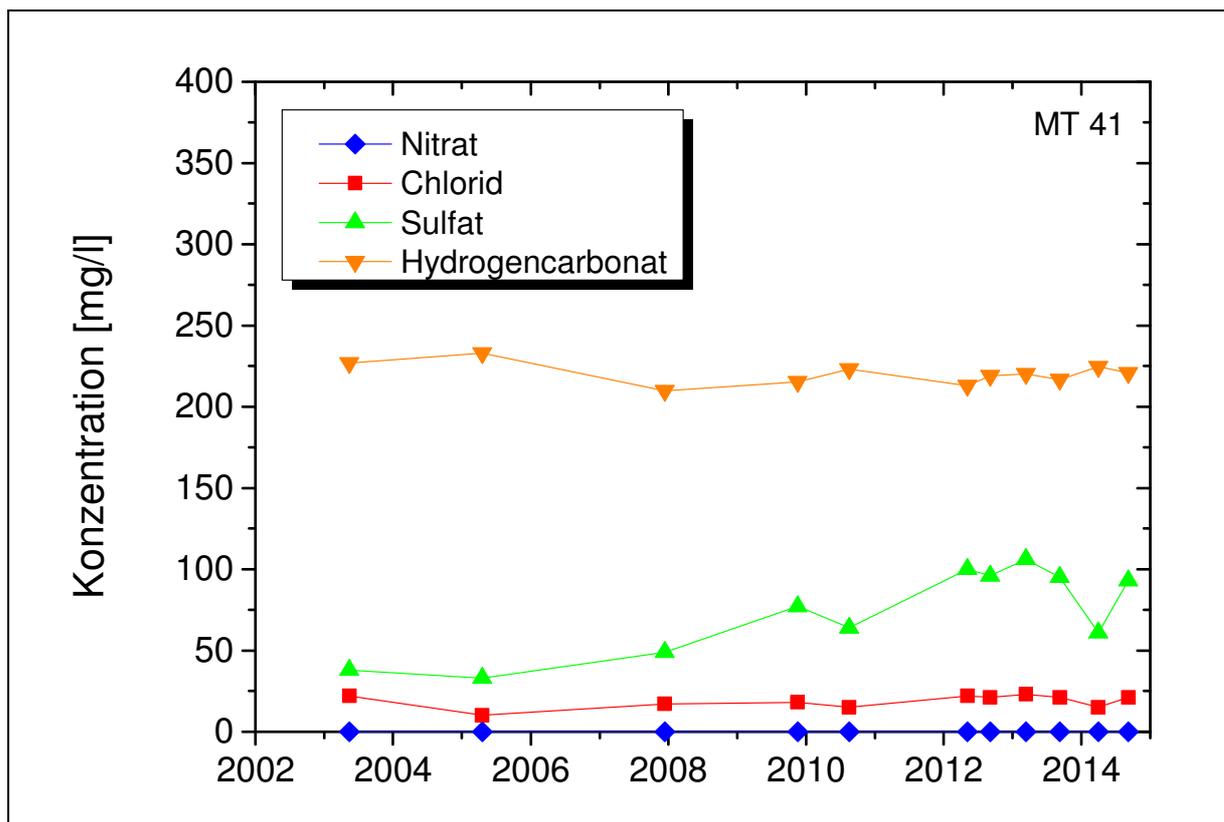


Abbildung 146: Zeitliche Entwicklung der Nitrat-, Chlorid-, Sulfat- und Hydrogencarbonatkonzentrationen im Brunnen MT 41 der Wassergewinnungsanlage Törnich.

#### 3.34.4.3 Nitratkonzentrationen im Sickerwasser

Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Törnich werden zwei Drittel der Flächen landwirtschaftlich genutzt, während Siedlungsgebiete einen Flächenanteil von etwa 20 % aufweisen. Das Waldgebiet „Kerpener Bruch“ nimmt die verbleibende Fläche in Anspruch.

Für die landwirtschaftlich genutzten Flächen unter den im Einzugsgebiet verbreiteten Parabraunerden gibt das Forschungszentrum Jülich auf der Grundlage von Modellrechnungen Nitratkonzentrationen des Sickerwassers zwischen 50 und 75 mg/l an, während im Sickerwasser unter städtischen Flächen von 10 bis 50 mg/l Nitrat als Eintragswert ausgegangen wird (Wendland et al. 2010). Für den Auenbereich der Erft, der zentral durch das Einzugsgebiet verläuft, ist unabhängig von der Flächennutzung von niedrigen Nitratkonzentrationen unter 10 mg/l im Sickerwasser auszugehen. Die hier anstehenden Gleye und Auenböden weisen ein hohes Nitratbaupotenzial in der ungesättigten Zone auf (Kapitel 2.4), so dass es nicht zu einem nennenswerten Nitratreintrag in den Grundwasserleiter kommt.

#### 3.34.4.4 Erkenntnisse zu Nitratbaureaktionen

Aussagen zum Nitratbaubau im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Törnich werden für alle zu betrachtenden Grundwasserleiter durch die geringe Zahl vorhandener Messstellen und Analysen erschwert. Hinweise auf Nitratreduktionsvorgänge im obersten Grundwasserstockwerk bestehen nicht. Die Daten aus der einen vorhandenen Grundwassermessstelle

zeigen selbst für die Basis der quartären Hauptterrasse in einer Tiefe von über 85 Metern hohe Nitratkonzentrationen über 100 mg/l (Kapitel 3.34.4.2). Eine Übertragbarkeit auf das gesamte Einzugsgebiet ist allerdings nicht möglich.

Für die Horizonte 12 und 10 liegen keine Daten zur Grundwasserchemie vor. Im benachbarten Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim sind im Horizont 10 nur lokale Anzeichen für Denitrifikationsvorgänge erkennbar (Kapitel 3.34.1.4). Da sich diese Gebiete nicht im Nahbereich des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Türnich befinden, sondern südlich des Ortskerns von Weilerswist liegen, ist im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Türnich nicht von einem Nitratbaupotenzial innerhalb des Horizonts 10 auszugehen.

Im Horizont 9B sind die wenigen vorliegenden Grundwasserproben nitratfrei, zeigen aber eine deutliche anthropogene Beeinflussung. Da die Einträge von Nitrat, Chlorid und Sulfat unter landwirtschaftlich genutzten Flächen meist in gleichbleibenden Konzentrationsverhältnissen erfolgen, weisen fehlende Nitratwerte eindeutig auf einen Abbau hin. Aussagen zum Denitrifikationsprozess sind anhand der vorliegenden Daten nicht möglich. Allerdings haben Sedimentanalysen von Gesteinsproben zweier Bohrungen am Nordwestrand des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim mittlere Pyrit-Schwefelgehalte zwischen 0,02 und 0,04 Gew.% und damit ein sulfidgebundenes Nitratbaupotenzial ergeben (Kapitel 3.34.1.4). Zudem bestätigen erhöhte Sulfatkonzentrationen in diesem Gebiet die Oxidation von Sulfidmineralen. Aufgrund der räumlichen Nähe zum Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Türnich und dem dort erkennbaren Nitratbaupotenzial ist davon auszugehen, dass eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratbaupotenzial durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) stattfindet. Aussagen zu einer Nitratreduktion durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) sind nicht möglich, d. h. weder nachweisbar noch zu widerlegen.

Auch im Förderhorizont 8 zeigt der fehlende Nitratnachweis bei einer dem Horizont 9B vergleichbaren anthropogenen Belastung an, dass ein Nitratbaupotenzial stattfindet, ohne dass die hydrochemischen Befunde nähere Angaben zum Denitrifikationsprozess erlauben. Die Sedimentanalytik von Proben der beiden Bohrungen aus dem nordwestlichen Teil des Einzugsgebiets der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim, die bereits im Zusammenhang mit der Betrachtung des Horizonts 9B angesprochen wurden, zeigt jedoch für die Hauptkies-Serie hohe Pyrit-Schwefelgehalte von mehr als 0,1 Gew.% und damit ein hohes Nitratbaupotenzial (Kapitel 3.34.1.4). Da in den Einzugsgebieten der benachbarten Wassergewinnungsanlagen Dirmerzheim (Kapitel 3.34.1.4) und Sindorf (Kapitel 3.33.2.4) außerdem die chemo-lithotrophe Denitrifikation eindeutig als Hauptbauprozess innerhalb des Förderhorizonts 8 identifiziert werden konnte, ist davon auszugehen, dass dieser Abbauprozess auch maßgeblich für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Türnich ist.

#### 3.34.4.5 Maßnahmen zur Minderung der Nitratreinträge und -konzentrationen

Im Einzugsgebiet der AC-Brunnen des Wasserwerks Türnich existiert keine landwirtschaftlich-wasserwirtschaftliche Kooperation.

## 4 Räumliche Verteilung der Nitratkonzentrationen und des Nitratabbaupotenzials im Tätigkeitsbereich des Erftverbands

Nachdem in Kapitel 3 eine standortbezogene Auswertung erfolgt ist, werden die punktuell vorliegenden Angaben zu den Nitratabbauprozessen nun

- stockwerks- bzw. horizontbezogen aggregiert und in Karten dargestellt, um räumliche Zusammenhänge abbilden zu können sowie mit den Angaben zu Fördermengen (Erftverbands-Erfassungsjahr 2013/14) verknüpft, um bilanzieren zu können, welcher Abbauprozess in einem Horizont bzw. Horizontpaket unter Berücksichtigung der gehobenen Wassermengen vorherrscht (Kapitel 4.1) und
- unter Berücksichtigung aller horizont- und prozessbezogenen Daten zusammengefasst (Kapitel 4.2).

Bei der Zuordnung der Fördermengen wurden Uferfiltrat- und Infiltrationswasseranteile getrennt berücksichtigt, weil deren Analysen keine Rückschlüsse auf Nitratabbauvorgänge in Grundwasserleitern zulassen. Fördert beispielsweise eine Wassergewinnungsanlage zu 90 % Uferfiltrat des Rheins und sind im landseitigen Grundwasser keine Nitratabbauvorgänge erkennbar, wird nur dieser 10 %ige Anteil für die Bilanzierung der nicht von Nitratabbauprozessen betroffenen Wassermenge angesetzt.

Durch Bezugnahme auf die bodenkundlichen und geologischen Rahmenbedingungen werden die Aussagen zu den Denitrifikationsprozessen und zum Nitratabbaupotenzial verallgemeinert und damit auch für Prognosen über die Standortsicherheit sowie bei der Erschließung neuer Gewinnungsstandorte hinsichtlich des Parameters Nitrat nutzbar gemacht. Erläuterungen zu grundsätzlichen Zusammenhängen zwischen geologischen bzw. bodenkundlichen Rahmenbedingungen und dem Nitratabbau finden sich in Kapitel 2.4.

In den nachfolgend für die wesentlichen wasserwirtschaftlich genutzten Horizonte bzw. Horizontpakete dargestellten Karten wird getrennt für den Lockergesteinsbereich (Kapitel 4.1.1 bis 4.1.9) und das Festgestein (Kapitel 4.1.10) dargestellt, ob ein Nitratabbau stattfindet und welcher Denitrifikationsprozess abläuft. Hierbei wird zwischen den beiden Haupt-Nitratabbauprozessen

- chemo-organotrophe Denitrifikation / Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) und
- chemo-lithotrophe Denitrifikation / Nitratabbau durch Sulfidminerale wie Pyrit (Kapitel 2.3.2)

ebenso unterschieden wie zwischen gesicherten und vermuteten Angaben zur Prozessidentifikation. Die Darstellung erfolgt als Punktinformation, bezieht sich aber jeweils auf das gesamte Einzugsgebiet, so dass die Angaben für unterschiedlich große Teilräume gültig sind.

Die Aussagen zum Nitratabbau erfolgen unabhängig davon, ob eine Wassergewinnung aus den betrachteten Schichten stattfindet oder nicht. Fördert ein Wasserversorgungsunternehmen sein Rohwasser beispielsweise aus der tertiären Hauptkies-Serie (Horizont 8) und stellt diese das dritte lokale Grundwasserstockwerk dar, wurden die überlagernden Horizonte bzw. Stockwerke mit ausgewertet, um feststellen zu können, ob Veränderungen der Grundwas-

serbeschaffenheit im Förderhorizont selbst oder bereits in den hangenden Schichten stattfinden. Nur aus der Gesamtschau auf die hydrochemischen Daten können die ablaufenden Prozesse korrekt identifiziert und verortet werden. Findet eine Wassergewinnung statt, wird dies in den Karten hervorgehoben.

Für die Horizonte im Liegenden des Quartärs (Kapitel 4.1.2 bis 4.1.9) erfolgt eine Darstellung nur unter der Voraussetzung, dass eine Entnahme aus den betrachteten Horizonten selbst oder aus einem tieferen Aquifer stattfindet. Beispielsweise werden keine Daten für den Horizont 8 ausgewertet, wenn die tiefste Entnahme aus dem Horizont 9B erfolgt. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt außerdem nur für die Gewinnungsstandorte, in deren Einzugsgebiet die jeweiligen Horizonte als eigenständige Stockwerke angesprochen werden können.

Die Bezeichnung „Nitratabbau unklar“ wird verwendet, wenn:

- zu wenig Daten für eine Interpretation vorliegen,
- kein anthropogener Einfluss erkennbar ist,
- ein Uferfiltrateinfluss besteht und / oder
- der Nitratabbau nur in der ungesättigten Zone oberhalb des Grundwassers erfolgt.

Da die Angaben in den Karten rein qualitativ sind und keine Aussage über die Wassermengen zulassen, die an den verschiedenen Wassergewinnungsstandorten gehoben werden, erfolgt für die dargestellten Horizonte bzw. Horizontpakete gleichzeitig eine Auswertung der Fördermengen und deren Verknüpfung mit den Angaben zu den Abbauprozessen. Auf diese Weise kann beispielsweise für jeden Förderhorizont angegeben werden,

- wie hoch die Wassermenge ist, die von einem bestimmten Abbauprozess „profitiert“, d. h. deren Nitratwerte verringert sind, weil ein bestimmter Prozess abläuft und
- welcher Abbauprozess unter Berücksichtigung der Zahl der Gewinnungsstandorte und der dort gehobenen Wassermengen den größten Einfluss hat bzw. ob überhaupt ein Abbau stattfindet.

Die Bewertung des Nitratabbaupotenzials wird nicht kartenmäßig erfasst. Aufgrund der unterschiedlich detaillierten Untersuchungsergebnisse und Aussagesicherheiten ist eine Verallgemeinerung oft nicht zielführend. Hier sind die in Kapitel 3 erläuterten Einzelfallbetrachtungen wesentlich. Der Nachweis eines Denitrifikationsprozesses bedeutet nicht zwingend, dass ein nennenswert positiver Effekt für das Rohwasser resultiert oder – falls ein solcher Effekt beobachtet wird – dass er dauerhaft auftritt.

Eine tabellarische Zusammenstellung aller einzugsgebietsbezogenen Ergebnisse zu

- den bei der Auswertung betrachteten Horizonten einschließlich Horizont- und Stockwerksangaben,
- den beobachteten Nitratkonzentrationen im Rohwasser,
- den wesentlichen Denitrifikationsprozessen einschließlich der Sicherheit, mit der die Prozesse anhand hydrochemischer Daten identifiziert wurden und
- der Bewertung des Nitratabbaupotenzials

enthält die Anlage 1.

## 4.1 Horizontbezogene Betrachtung

### 4.1.1 Quartäre Terrassen (Horizonte 19 bis 12)

Die Ergebnisse zur räumlichen Verteilung der Nitratabbauprozesse in den quartären Horizonten 19 bis 12 im Tätigkeitsbereich des Erftverbands sind in Abbildung 147 zusammengefasst. Die methodischen Angaben zur Erstellung der Karte wurden in Kapitel 4 erläutert.

Der nordwestliche Teil des Tätigkeitsbereichs im Bereich der nordwestlichen Venloer und nördlichen Rur-Scholle ist flächenhaft durch ein fehlendes Nitratabbaupotenzial gekennzeichnet. Hier befinden sich etwa 20 Gewinnungsstandorte an denen sich für die quartären Schichten – unabhängig davon, ob diese wasserwirtschaftlich genutzt werden oder nicht – keine Hinweise auf einen Nitratabbau ergeben. Es handelt sich häufig um Gebiete mit gut durchlässigen Sedimenten und sandigen Böden bei größeren Flurabständen.

Auf der nordöstlichen Venloer Scholle und nördlichen Kölner Scholle wird hingegen nahezu flächenhaft in über 10 Einzugsgebieten ein Nitratabbau nachgewiesen. In den Fällen, die eine Prozessidentifikation ermöglichen, ist jeweils die chemo-organotrophe Denitrifikation, d. h. der Nitratabbau durch organische Substanz zu nennen. Das Gebiet ist teilweise durch geringe Flurabstände und entsprechend staunässebeeinflusste Böden geprägt. In den Niederungsgebieten enthalten die Grundwasserleiter häufig erhöhte Gehalte organischer Substanz. In anderen Teilen ist der Nitratabbau auf die Basis des Grundwasserleiters oder lokale Teilräume beschränkt, ohne dass dies einen nennenswerten Effekt auf die Rohwasserbeschaffenheit hat.

Auf der mittleren und südlichen Rur-Scholle wird häufig eine Denitrifikation in den quartären Aquiferen beobachtet, wobei mit einer Ausnahme keine Prozessangabe möglich ist.

Die Erft-Scholle ist in ihrem mittleren und nördlichen Teil durch mächtige quartäre Schichten mit einer Dicke von bis zu 80 Metern gekennzeichnet. Hier finden meist an der Stockwerksbasis Nitratabbauvorgänge statt, denen allerdings nur punktuell ein Abbauprozess zugeordnet werden kann. Klare räumliche Abgrenzungen ergeben sich nicht, aber da die Einzugsgebiete recht groß sind, haben die Punktabgaben eine große Reichweite. Im südöstlichen Teil der Erft-Scholle und der Kölner Scholle findet keine Nitratreduktion im Quartär statt.

Die mengenmäßige Betrachtung der Abbauprozesse in den quartären Horizonten belegt, dass im Erfassungsjahr 2013/14 mit 27,3 Mio. m<sup>3</sup> für mehr als die Hälfte der aus diesem Horizontpaket insgesamt geförderten Wassermenge von 51,6 Mio. m<sup>3</sup> keine Nitratabbaureaktionen nachweisbar sind (Abbildung 148). Von den 10,9 Mio. m<sup>3</sup> geförderten Wassers, für die der Abbauprozess unklar ist, dürfte ebenfalls ein Teil nicht durch Nitratreduktionsreaktionen gekennzeichnet sein. Unberücksichtigt bleiben bei dieser Betrachtung die Wassermengen der Gewinnungsanlagen, die durch Uferfiltrat bzw. Infiltrationsmaßnahmen geprägt sind. Diese Wassermenge summiert sich zu etwa 66,2 Mio. m<sup>3</sup>/a und stellt damit einen bedeutenden Anteil der insgesamt zu Trinkwassergewinnungszwecken geförderten Wassermenge dar (Kapitel 4.2). Kennzeichnend für die Wasserbeschaffenheit sind hierbei nicht die im Grundwasserleiter ablaufenden Prozesse, sondern die Qualität des Zustromwassers.

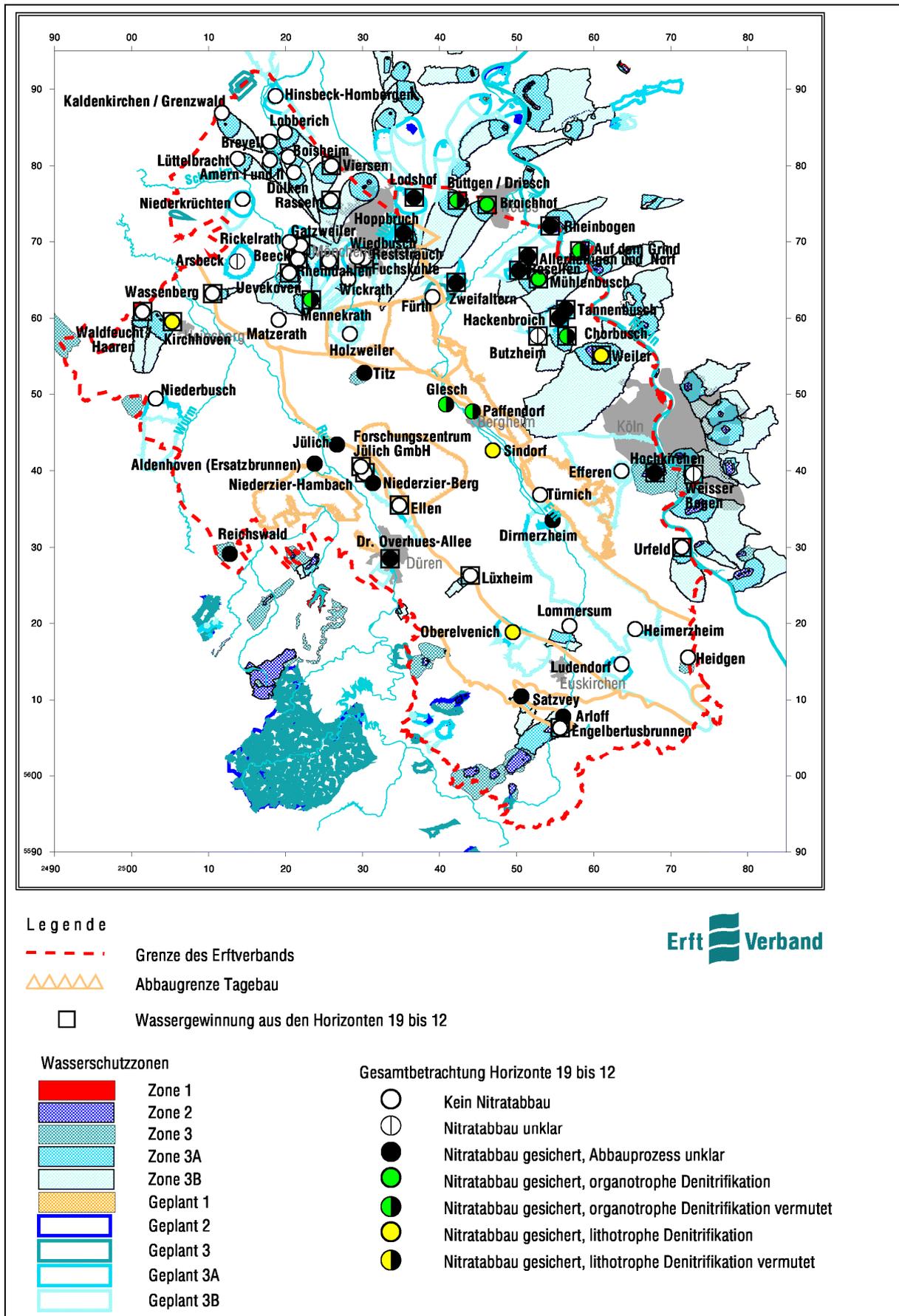


Abbildung 147: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte in den quartären Terrassen (Horizonte 19 bis 12).

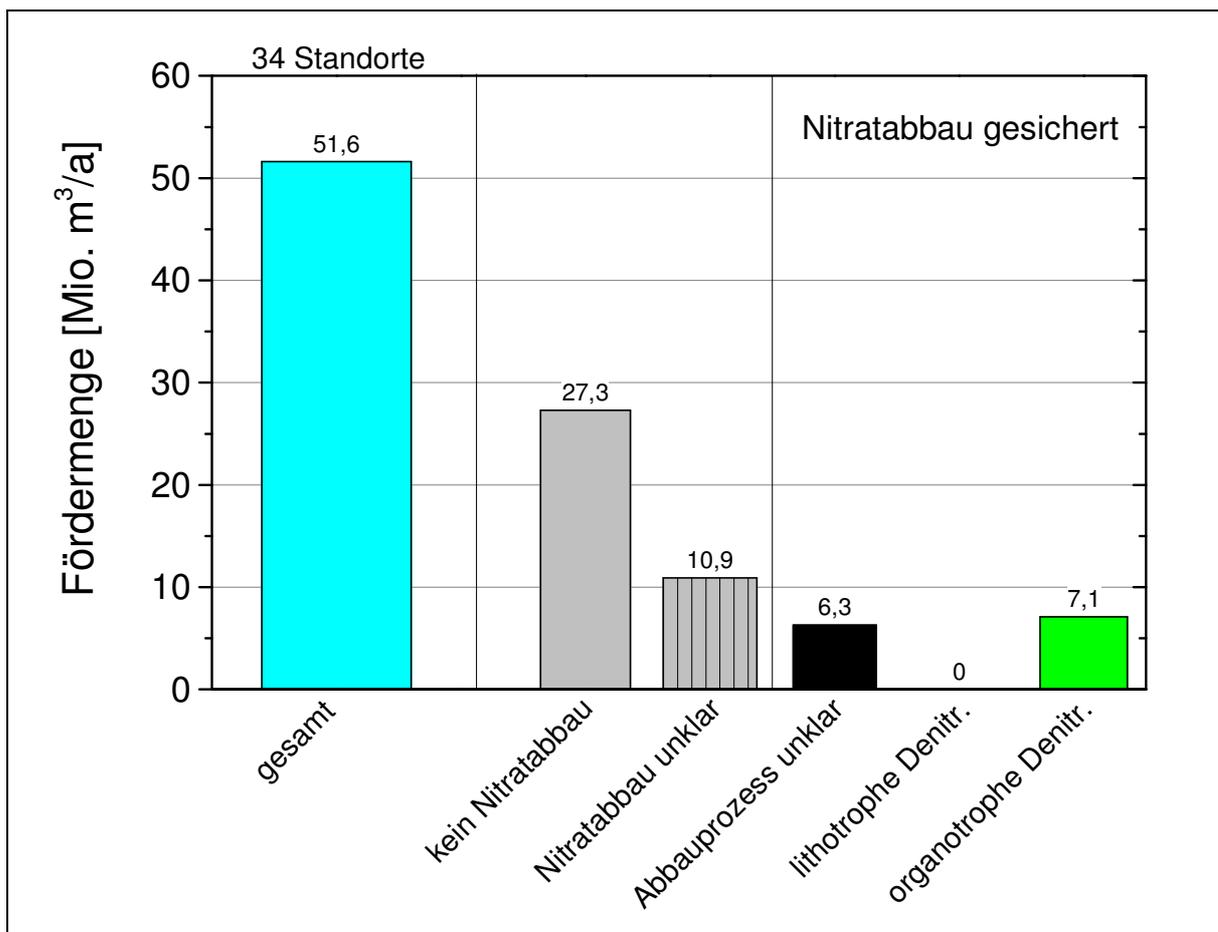


Abbildung 148: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte in den quartären Terrassen (Horizonte 19 bis 12).

Eindeutige Nitratreduktionsreaktionen sind für eine Menge von 6,3 Mio. m<sup>3</sup> geförderten Wassers mit unklarem Abbauprozess und weitere 7,1 Mio. mit organotropher Denitrifikation (Nitratreduktion durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) belegt. Sulfide spielen als Reduktionsmittel im Quartär keine Rolle, denn die lithotrophe Denitrifikation kann nicht nachgewiesen werden. Insgesamt ist somit lediglich für eine Menge von 13,4 Mio. m<sup>3</sup> oder rund ein Viertel der Gesamtfördermenge ein Nitratabbau im Quartär nachweisbar (Abbildung 148).

#### 4.1.2 Zwischenmittel der Reuver-Serie (Horizonte 11D / 11B)

Ob in den Horizonten 11D und 11B ein Nitratabbau erfolgt und welche Abbauprozesse an den Gewinnungsstandorten identifiziert wurden, zeigt die Abbildung 149. Die methodischen Angaben zur Erstellung der Karte wurden in Kapitel 4 erläutert. Für die Wassergewinnungsanlage Amern, deren Förderung aus den Horizonten 11B / 8 erfolgt, werden die Ergebnisse in Kapitel 4.1.5 (Horizont 8) dargestellt, während sich die Angaben für die Wassergewinnungsanlage Amern in Abbildung 149 auf den Horizont 11D beziehen.

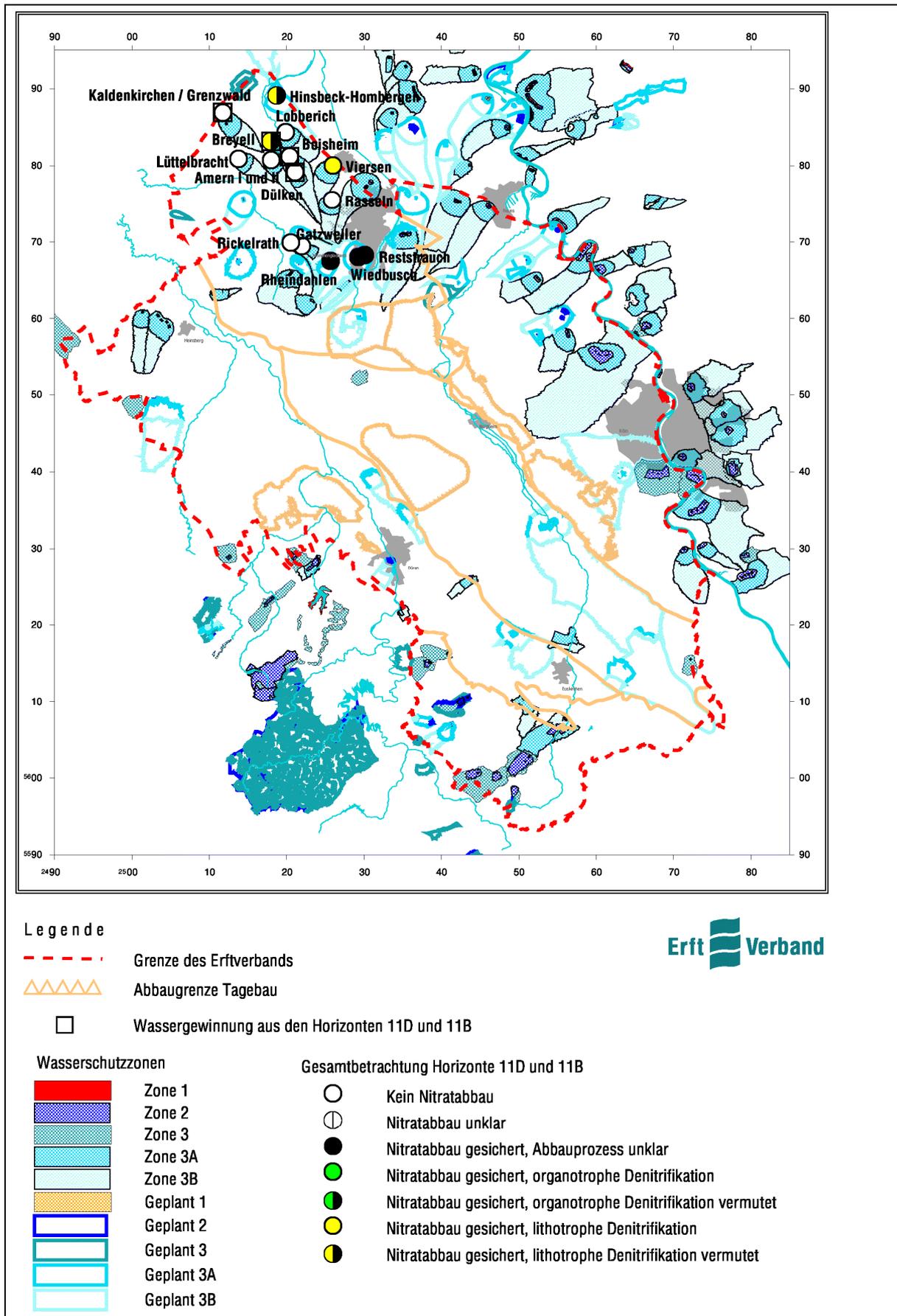


Abbildung 149: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Zwischenmittel der Reuver-Serie (11D / 11B).

Die Horizonte 11D und 11B sind nur im Nordwesten der Venloer Scholle verbreitet und differenziert auswertbar. In der Mehrzahl der Fälle findet kein Nitratabbau statt, d. h. dass die Schichten auch kein Nitratabbaupotenzial in Form organischer Substanz oder Eisensulfidmineralen enthalten. Dies zeigt sich auch bei der Zuordnung der geförderten Wassermengen zu den Abbauprozessen (Abbildung 150).

In drei Einzugsgebieten am Nordrand der Venloer Scholle kann eine lithotrophe Denitrifikation, d. h. eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale (Kapitel 2.3.2), nachgewiesen bzw. vermutet werden. Bei den zugeordneten Fördermengen (Abbildung 150) finden sich diese Standorte nicht wieder. Das liegt einerseits daran, dass hier nur die Wassergewinnungsanlagen betrachtet werden, an denen auch tatsächlich eine Förderung erfolgt. Die Gewinnungsanlagen Hinsbeck-Hombergen und Viersen werden dabei nicht berücksichtigt, weil die Förderung aus tieferen Leitern erfolgt, die Kartendarstellung aber auch die hangenden Horizonte erfasst, um unterscheiden zu können, ob ein Abbauprozess im Förderhorizont selbst oder bereits in den hangenden Schichten und somit auf dem Fließweg in den Förderhorizont erfolgt. Andererseits wurde in der Wassergewinnungsanlage Breyell im Erfassungsjahr 2013/14 nur eine geringe Wassermenge gefördert, die unter 0,005 Mio. m<sup>3</sup> (5000 m<sup>3</sup>) liegt, denn erst ab dieser Menge würde eine Darstellung in der Abbildung 150 erfolgen.

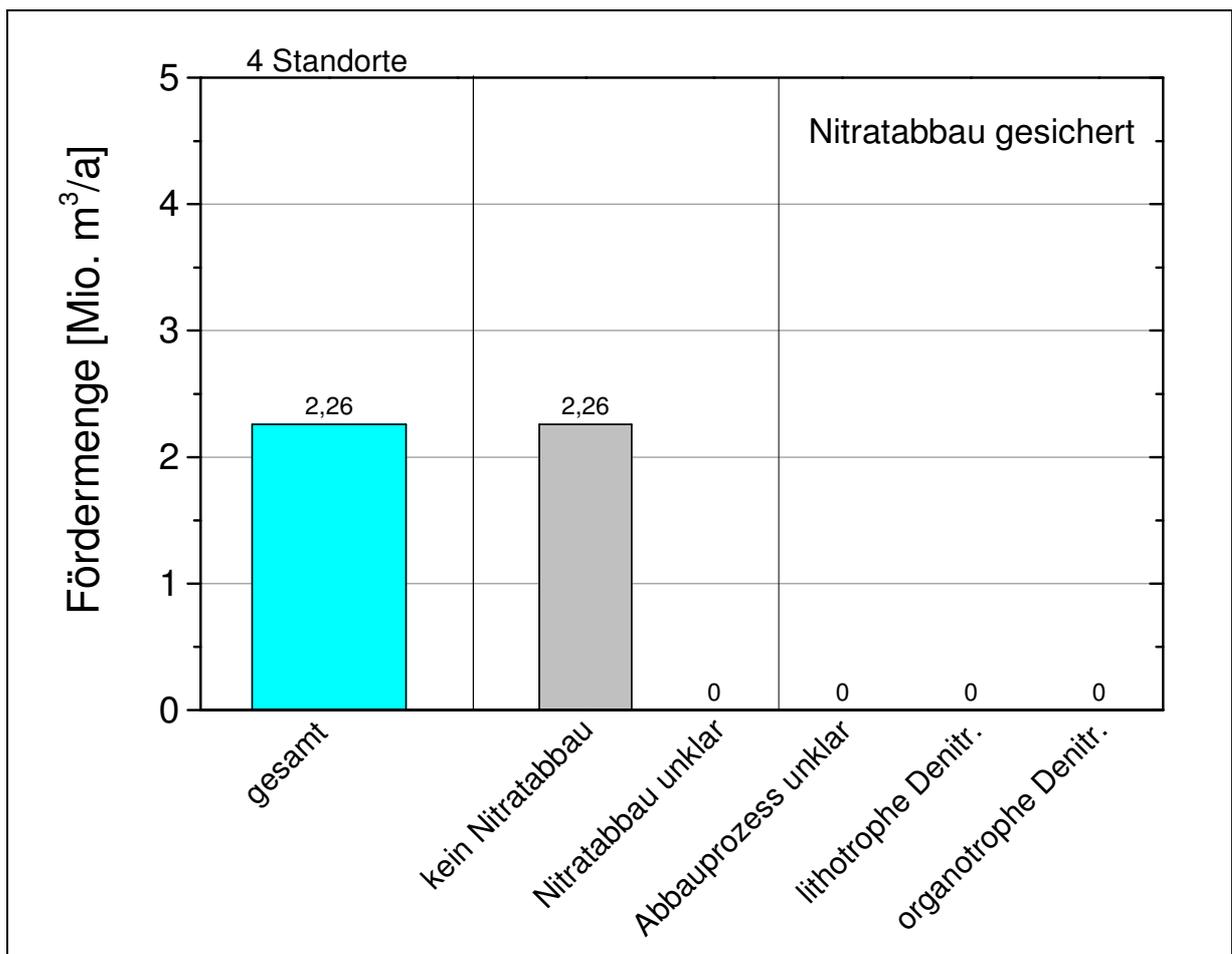


Abbildung 150: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Zwischenmittel der Reuver-Serie (11D / 11B).

An drei weiteren Standorten in der mittleren Venloer Scholle ist ein Nitratabbau belegt, ohne dass der Abbauprozess erkennbar ist. Für diese Gebiete ist von einem stabilen Abbaupotenzial in den Horizonten 11D bzw. 11B auszugehen, ohne dass hier eine Förderung aus den Sanden und Kiesen der Reuver-Serie erfolgt.

### 4.1.3 Horizont 10

Für den Horizont 10 liegen an insgesamt 11 Standorten Angaben zum Nitratabbaupotenzial vor. Da allerdings nur zwei Wassergewinnungsanlagen (Hinsbeck-Hombergen und Ludendorf) im Horizont 10 betrieben werden, die darüber hinaus vergleichsweise geringe Mengen fördern, ist die Verknüpfung zwischen Fördermengen und Nitratabbauprozessen (Abbildung 151) wenig aussagekräftig und wird nur der Vollständigkeit halber dargestellt.

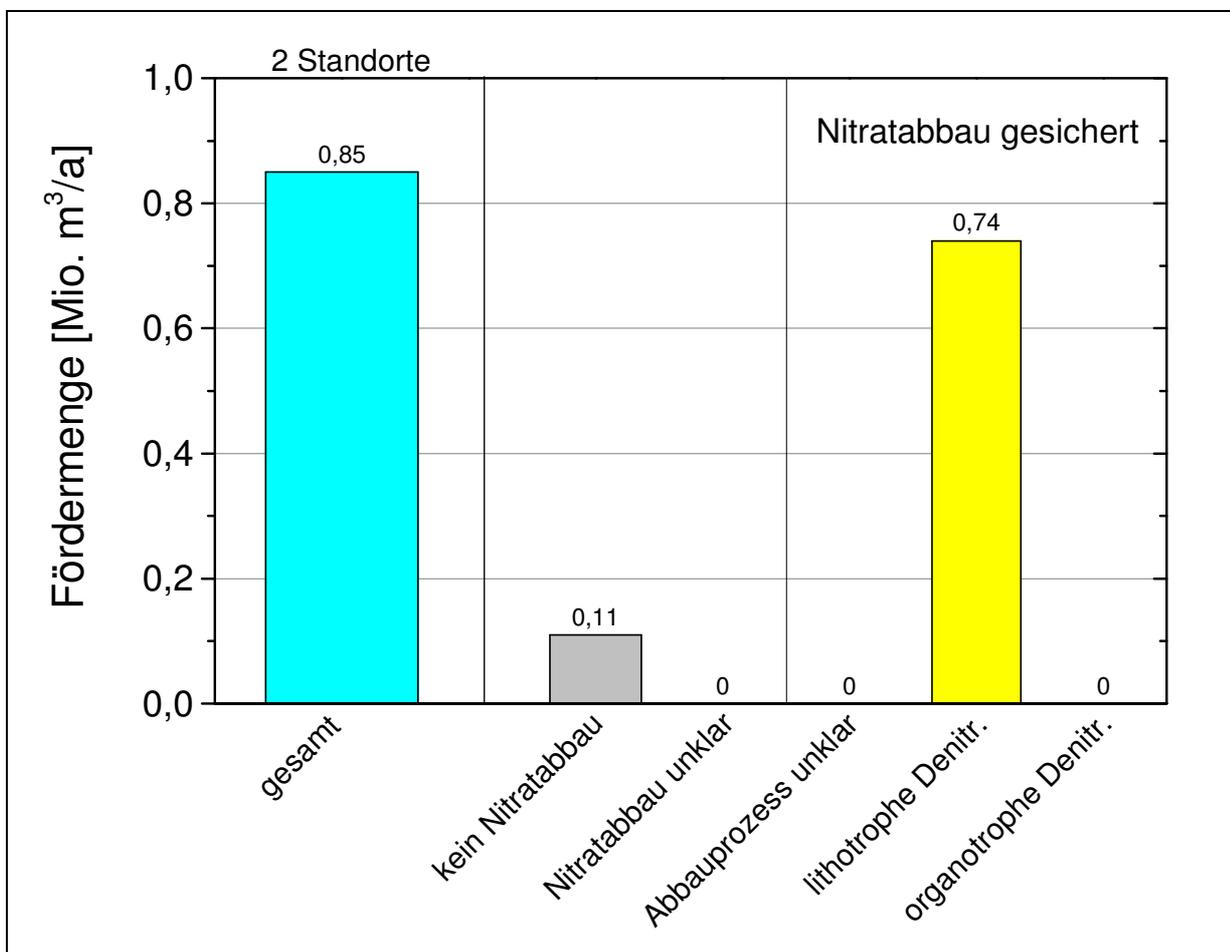


Abbildung 151: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Horizont 10.

Aufschlussreicher sind die Ergebnisse zur räumlichen Verteilung der Nitratreduktion im Horizont 10 im Tätigkeitsbereich des Erftverbands (Abbildung 152). Die methodischen Grundlagen zur Erstellung der Karte wurden in Kapitel 4 erläutert.

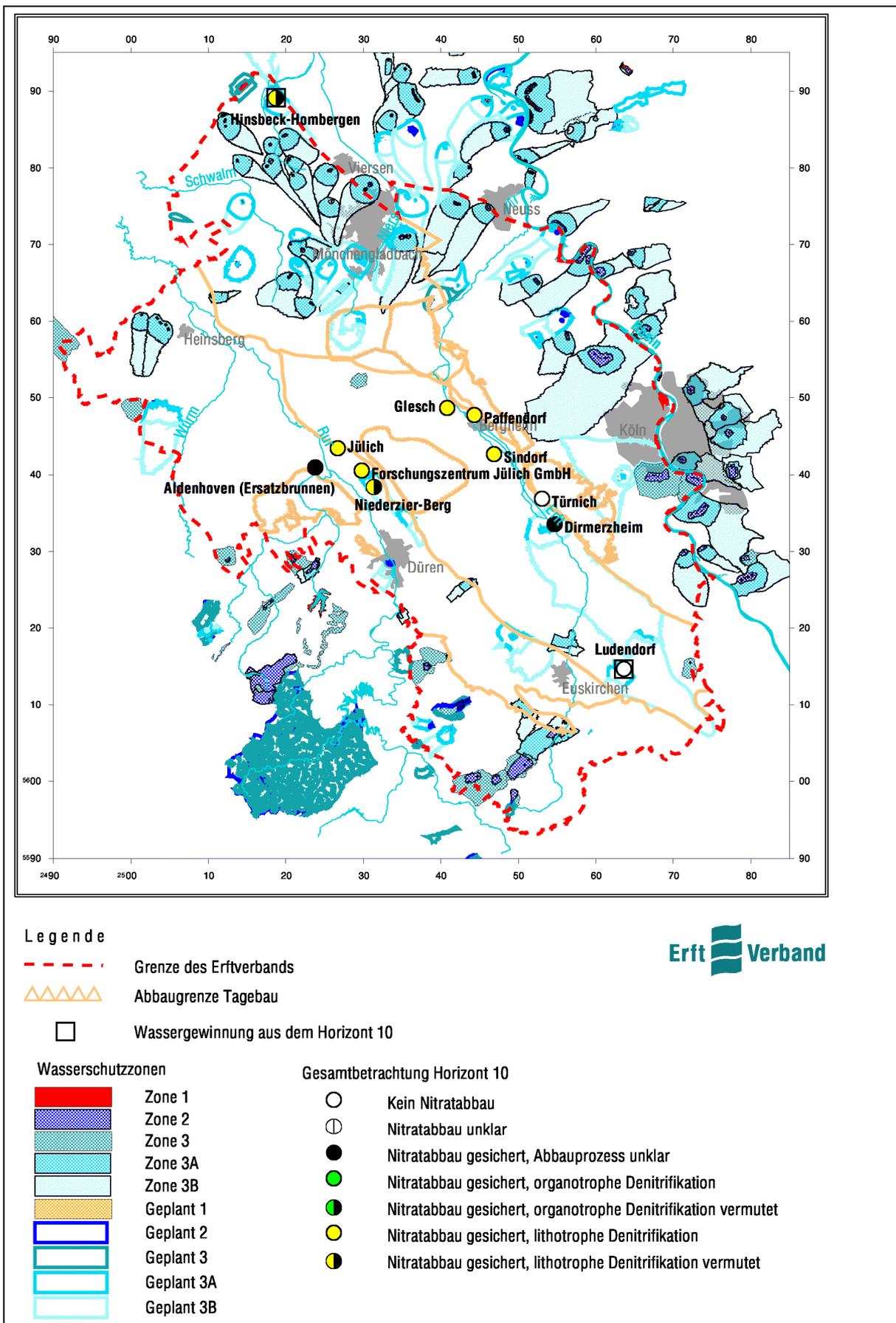


Abbildung 152: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Horizont 10.

Die überwiegende Zahl der betrachteten Standorte befindet sich auf der mittleren Rur- bzw. Erft-Scholle. Von zwei Ausnahmen abgesehen findet in allen Einzugsgebieten eine Denitrifikation statt, wobei meistens ein stabiles Nitratbaupotenzial vorhanden ist. Dieses liegt in Form von Sulfidmineralen vor, denn für fünf Standorte wurde die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2) sicher nachgewiesen und kann in einem weiteren Gebiet vermutet werden. Daher ist an den beiden Standorten, für die zwar ein gesicherter Nachweis des Nitratbaues, aber keine Prozessidentifikation möglich ist, ebenfalls eine sulfidgebundene Nitratreduktion anzunehmen.

#### 4.1.4 Horizont 9B

Die zusammenfassenden Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung der Nitratbauprozesse im Horizont 9B werden in Abbildung 153 dargestellt. Die methodischen Grundlagen zur Datenvisualisierung wurden in Kapitel 4 erläutert.

Die Verbreitungsgebiete des Horizonts 9B mit wasserwirtschaftlicher Nutzung beschränken sich auf die Rur- und die Erft-Scholle. Sofern auswertbare Daten vorliegen, wird – mit einer Ausnahme – in allen Einzugsgebieten eine Nitratreduktion nachgewiesen. Für die Mehrzahl der Standorte kann eine lithotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch Sulfidminerale wie Pyrite, Kapitel 2.3.2) identifiziert werden. Im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Dirmerzheim wird zusätzlich eine organotrophe Denitrifikation, d. h. ein Nitratabbau durch organische Substanz (Kapitel 2.3.1) vermutet. Aufgrund der nahezu flächendeckenden Verteilung des sulfidgebundenen Nitratbauvermögens kann auch an den beiden Standorten ohne Erkenntnisse zur Art des Abbauprozesses eine Nitratreduktion durch Pyrite angenommen werden.

Die Zuordnung der Fördermengen, die sich allerdings auf lediglich vier Wassergewinnungsanlagen beschränkt, bestätigt diese Bewertung (Abbildung 154). Für alle übrigen 12 Gebiete erfolgte die Auswertung, ohne dass die Förderung aus dem Horizont 9B selbst vorgenommen wurde. An diesen Standorten wird das Grundwasser aus einem tieferen Leiter entnommen und der Horizont 9B im Zusammenhang mit der Betrachtung der hangenden Aquifere ausgewertet.

Das Nitratbaupotenzial ist in der Regel als durchgängig vorhanden und stabil zu bewerten. Lediglich in den Einstrombereichen aus oberflächennahen Horizonten zeigt sich ein nur lokal verbreitetes bzw. lokal bereits erschöpftes Abbauvermögen. Diese Beobachtung lässt den Schluss zu, dass im Horizont 9B immer dann ein Nitratreduktionspotenzial vorliegt, wenn dieser als eigenständiges tieferes Grundwasserstockwerk mit einer Überdeckung durch grundwasserstauende Horizonte ausgebildet und dann durch reduzierende Bedingungen gekennzeichnet ist. An den Verbreitungsgrenzen der Grundwasserstauer erfolgt der Einstrom sauerstoff- und nitratreichen Wassers in den Horizont 9B und kann zum Aufbrauch des Abbaupotenzials führen.

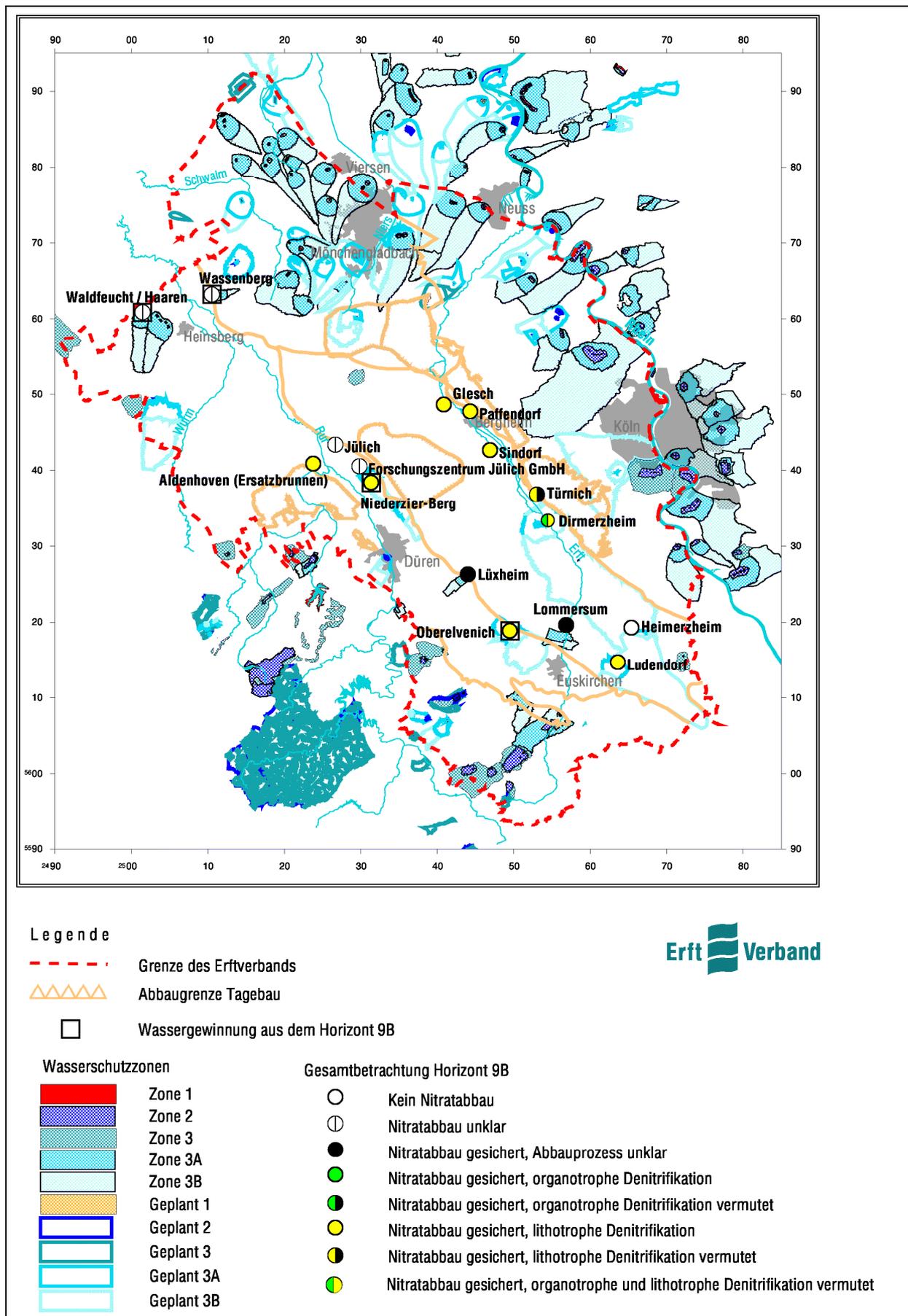


Abbildung 153: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Horizont 9B.

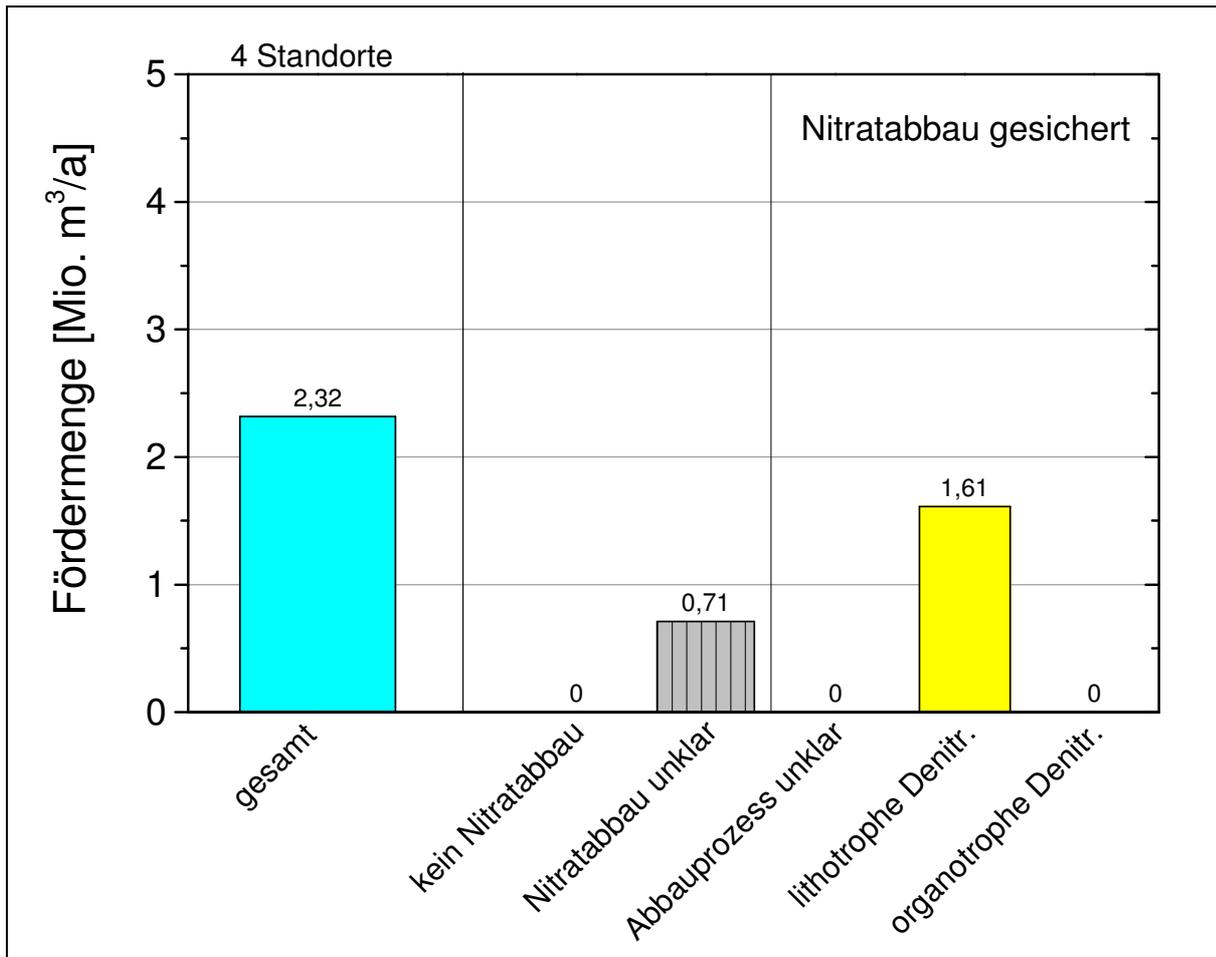


Abbildung 154: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Horizont 9B.

Die Standorte, für die nur unklare Aussagen zum Nitratabbau möglich sind, zeigen innerhalb des Horizonts 9B bisher noch keinen anthropogenen Einfluss. Ohne diese Überprägung finden keine Reaktionen statt, die Hinweise auf einen eventuell stattfindenden oder fehlenden Nitratabbau zulassen. Da der menschliche Einfluss den Horizont 9B an den betreffenden Standorten noch nicht erreicht hat, kann davon ausgegangen werden, dass langfristig eine Gewinnung nitratfreien Wassers möglich ist, denn einerseits verhindern die überlagernden grundwasserstauenden Schichten einen Zustrom nitratbelasteten Grundwassers von oben und andererseits wird – mit einer Ausnahme – in allen anderen Einzugsgebieten eine Denitrifikation nachgewiesen (s. o.). Daraus kann geschlossen werden, dass in den Sedimenten des Horizonts 9B nahezu flächendeckend ein Nitratabbaupotenzial vorhanden ist. Dieses ist auch für die Standorte, die heute noch frei von anthropogenen Einflüssen sind, anzunehmen.

#### 4.1.5 Hauptkies-Serie (Horizont 8)

Die Darstellung der Erkenntnisse zur Verbreitung der Nitratabbauprozesse im Horizont 8 erfolgt in Abbildung 155. Die methodischen Angaben zur Visualisierung der Daten werden in Kapitel 4 erläutert.

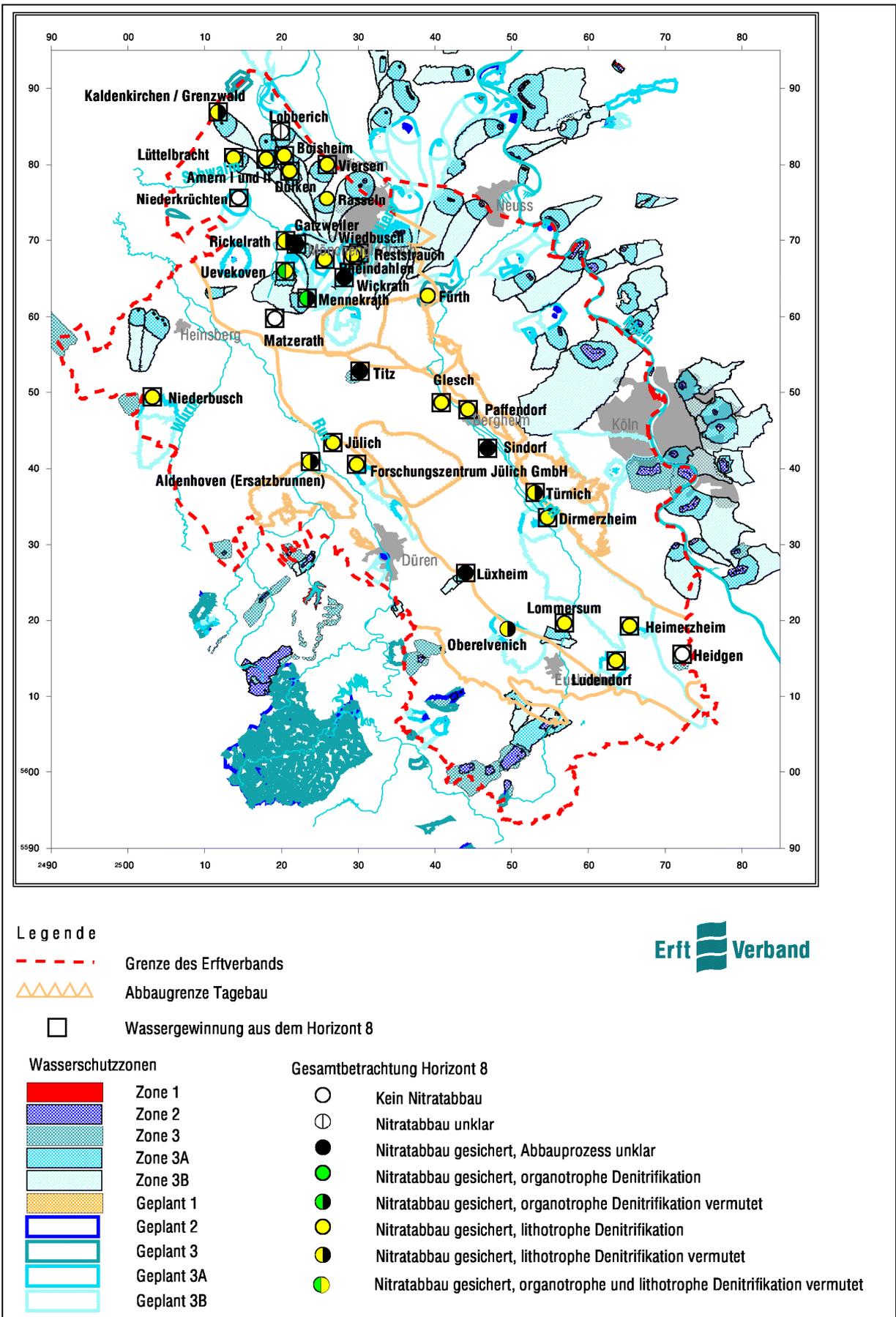


Abbildung 155: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte in der Hauptkies-Serie (Horizont 8).

Im Horizont 8 sind nahezu flächendeckend Nitratreduktionsvorgänge nachweisbar. Ist eine Prozessidentifikation möglich, zeigt sich mit einer Ausnahme immer eine chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. eine Nitratreduktion durch Eisendisulfidminerale (Kapitel 2.3.2). In zwei Fällen kann eine chemo-organotrophe Denitrifikation (Nitratreduktion durch organische Substanz, Kapitel 2.3.1) angenommen werden. Aufgrund des weit verbreiteten und schollenunabhängigen Auftretens der chemo-lithotropen Denitrifikation ist für die Einzugsgebiete, in denen aufgrund der Datenlage keine Prozessidentifikation möglich ist, ebenfalls eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale anzunehmen.

Die herausragende Bedeutung der Eisendisulfidminerale als Nitratabbaupotenzial wird auch durch die Verknüpfung der Nitratabbauprozesse mit den Fördermengen deutlich (Abbildung 156). Von den insgesamt im Erfassungsjahr 2013/14 aus der Hauptkies-Serie zu Trinkwassergewinnungszwecken geförderten 41,7 Millionen Kubikmetern Grundwasser war mit einer Menge von 23,04 Mio. m<sup>3</sup> für mehr als die Hälfte eine chemo-lithotrophe Denitrifikation nachzuweisen. Da auch für einen Großteil der Wassermenge, für die zwar ein Nitratabbau belegt, aber kein konkreter Abbauprozess identifiziert werden konnte (8,68 Mio. m<sup>3</sup>), eine sulfidgebundene Denitrifikation zu erwarten ist, kann näherungsweise für 75 % aller aus der Hauptkies-Serie geförderten Wässer von einer Nitratreduktion durch Sulfidminerale ausgegangen werden.

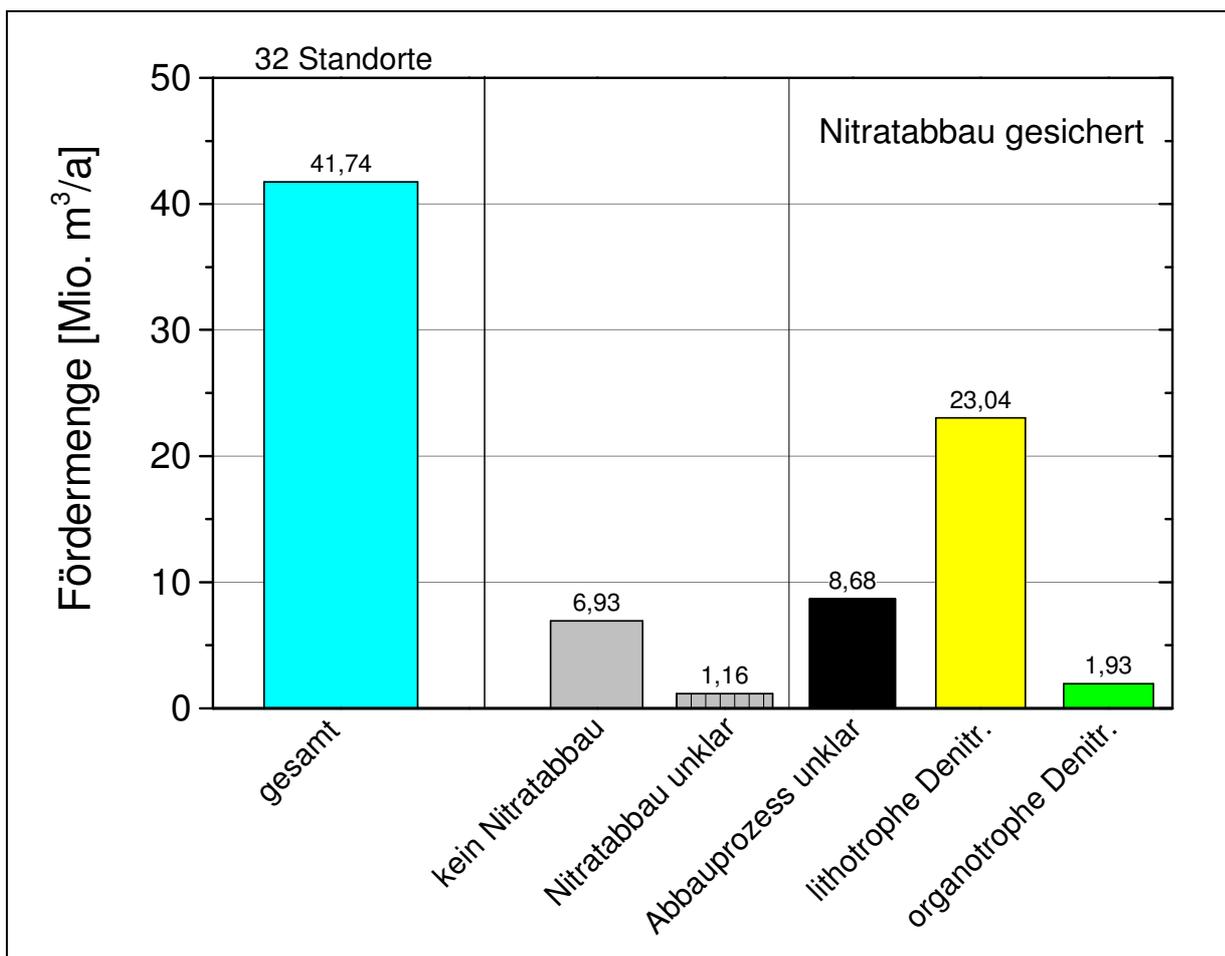


Abbildung 156: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte in der Hauptkies-Serie (Horizont 8).

An den insgesamt vier Standorten, die durch fehlende Nitratabbauvorgänge gekennzeichnet sind, ist die Hauptkies-Serie jeweils Teil des ersten Grundwasserstockwerks oder weist einen direkten hydraulischen Kontakt zum oberflächennahen Grundwasser auf. Hier konnte sich aufgrund des bereits natürlicherweise vorliegenden oxidierenden Milieus entweder nie ein sulfidgebundenes Abbaupotenzial ausbilden oder es wurde durch den Zustrom oxidationsmittelreichen, d. h. sauerstoff- und nitrathaltigen Grundwassers aufgezehrt. Mit einer Menge von 6,93 Mio. m<sup>3</sup> (Abbildung 156) ergibt sich ein etwa 17%iger Anteil an der Gesamtfördermenge innerhalb der Hauptkies-Serie.

Das Nitratabbaupotenzial ist in zahlreichen Einzugsgebieten als stabil einzustufen. Im Nordwesten der Venloer Scholle liegen allerdings mehrere Wassergewinnungsanlagen, deren Abbaupotenzial nur lokal ausgebildet oder bereits erschöpft ist. Diese Bewertung steht immer im Zusammenhang mit hydraulischen Kontakten zum oberflächennahen Grundwasser.

Wie bereits im Horizont 9B liegt auch im Horizont 8 immer dann ein stabiles sulfidgebundenes Abbaupotenzial vor, wenn im Hangenden hydraulisch wirksame Trennschichten ausgebildet sind und der Horizont einem tieferen Grundwasserstockwerk mit reduzierenden Verhältnissen zugeordnet werden kann. Unter diesen Bedingungen fand über lange Zeiträume eine bakterielle Sulfatreduktion sowie eine Reduktion von Eisenmineralen statt, die die Basis für die Bildung von Eisenmonosulfid- bzw. Eisendisulfidmineralen bildete, aus denen sich das Nitratabbauvermögen zusammensetzt. In Einstrombereichen oberflächennahen Grundwassers erfolgt eine Zehrung, die lokal auch zu einem vollständigen Aufbrauch geführt hat, wobei die Mehrzahl der Standorte ein stabiles Abbaupotenzial aufweist.

Insgesamt belegen die Daten nicht nur die weite Verbreitung eines Nitratabbaupotenzials, sondern auch die Bedeutung der Hauptkies-Serie für die Trinkwasserversorgung. Mit einer Gesamtfördermenge von 41,7 Mio. m<sup>3</sup> im Erfassungsjahr 2013/14, die an 32 Gewinnungsstandorten gehoben wurde, ist der Horizont 8 nach den quartären Grundwasserleitern (51,6 Mio. m<sup>3</sup>; 34 Wassergewinnungsanlagen, Kapitel 4.1.1) der mengenmäßig zweitwichtigste Aquifer. Unter Berücksichtigung der Denitrifikation wird die Bedeutung der Hauptkies-Serie als Grundlage für die zukünftige Gewinnung nitratfreien Wassers nochmals gesteigert.

#### 4.1.6 Horizont 7

Die Zusammenstellung der Ergebnisse über Nitratabbaureaktionen im Horizont 7 umfasst mit den Wassergewinnungsanlagen Oberelvenich und Lommersum lediglich zwei Einzugsgebiete und wird in Abbildung 157 dargestellt. Die methodischen Grundlagen der Kartenerstellung enthält Kapitel 4.

Der Nachweis eines Nitratabbaus ist nur an einem der beiden Standorte möglich, ohne dass die Grundwasserbeschaffenheitsdaten Aufschluss über die Art des Denitrifikationsprozesses geben. Verallgemeinernde Aussagen über den Nitratabbau oder das Nitratreduktionspotenzial im Horizont 7 sind daher nicht möglich. Aufgrund der generell reduzierenden Bedingungen im Horizont 7 ist jedoch flächenhaft von einem Nitratabbau auszugehen, sofern kein Kontakt zum obersten Grundwasserstockwerk besteht.

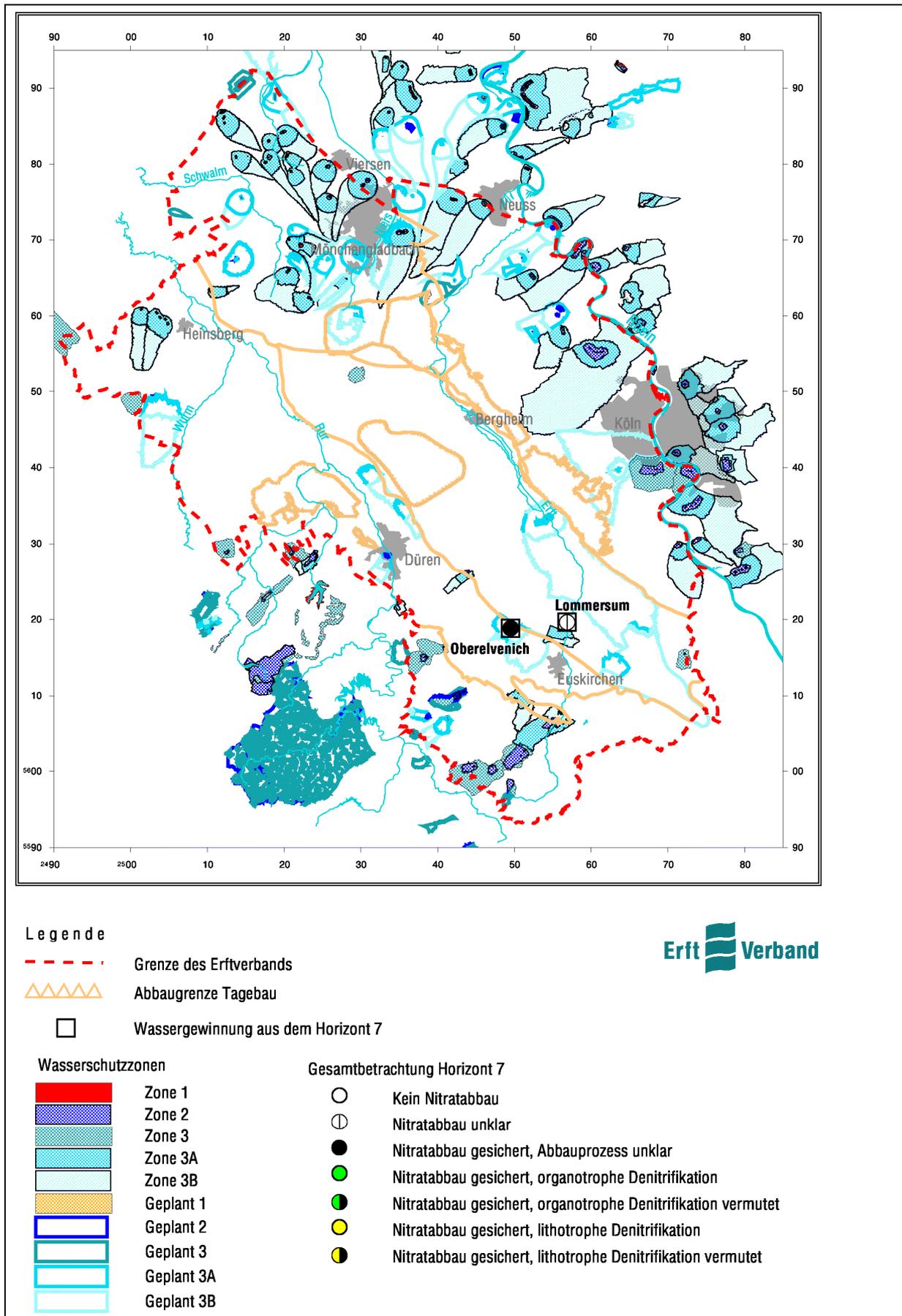


Abbildung 157: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Horizont 7.

Auch die in Abbildung 158 dargestellte Zuordnung der aus dem Horizont 7 geförderten Wassermengen gibt keine konkreteren Aufschlüsse. Die Fördermengen sind mit insgesamt deutlich unter 1 Mio. m<sup>3</sup>/a zudem gering.

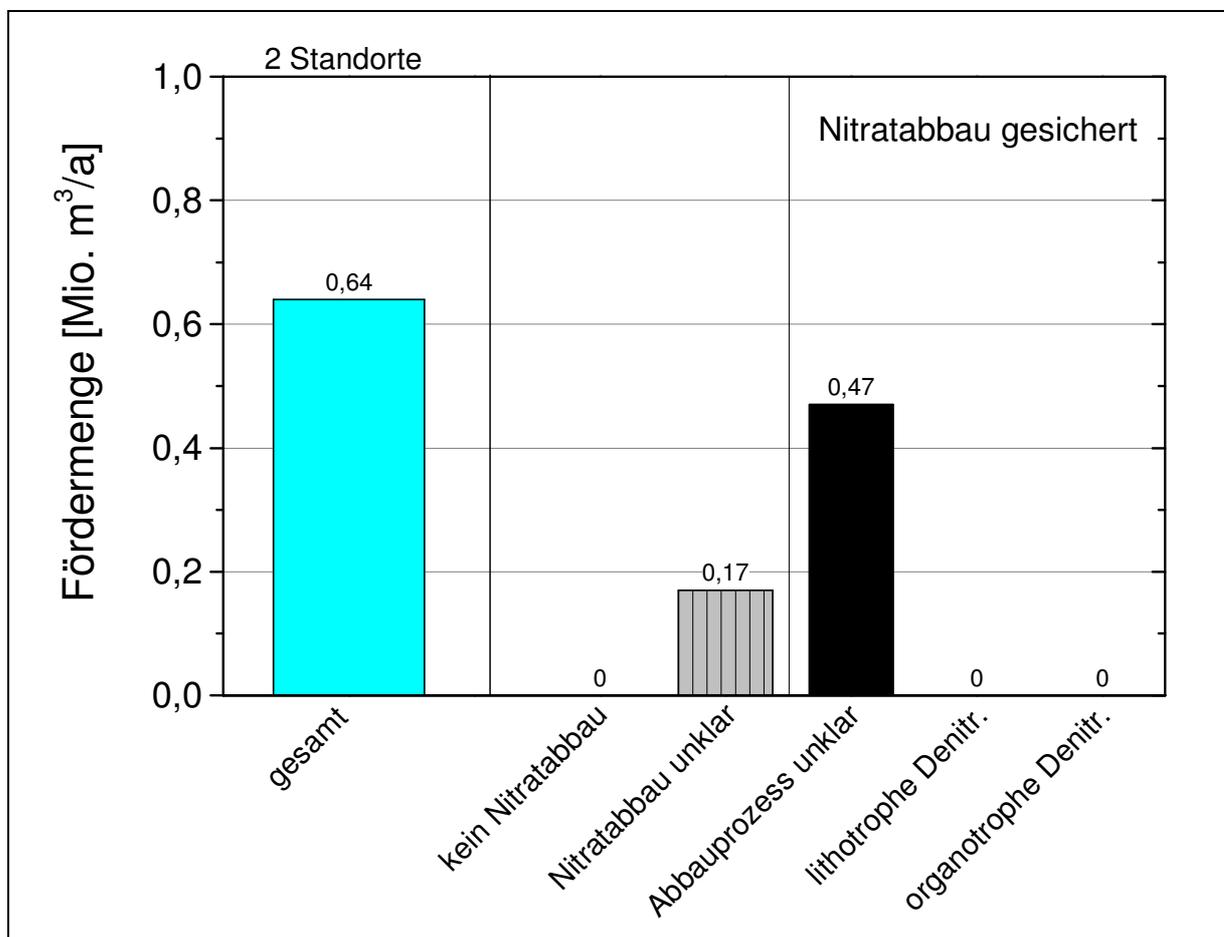


Abbildung 158: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Horizont 7.

#### 4.1.7 Horizont 6D

Ob im Horizont 6D (Neurather Sand) eine Denitrifikation stattfindet und welche Abbauprozesse in den verschiedenen Einzugsgebieten nachgewiesen werden konnten, geht aus der Abbildung 159 hervor. Die Erläuterungen zur Methodik der Kartenerstellung finden sich in Kapitel 4. Die Ergebnisse für die Einzugsgebiete der Wassergewinnungsanlagen Wickrath, Mennekrath und Aldenhoven (Ersatzstandort), die jeweils anteilig aus den Horizonten 8 und 6D fördern, wurden bereits in Kapitel 4.1.5 (Horizont 8) in Abbildung 155 dargestellt und werden auch mengenmäßig der Hauptkies-Serie zugeordnet.

Von den verbleibenden vier Standorten wird in Rasseln und Holzweiler eine Gewinnung aus dem Horizont 6D selbst betrieben, während in den anderen beiden Gebieten eine Entnahme aus tieferen Schichten erfolgt und der Horizont 6D Teil der Betrachtung der Hangendschichten ist, ohne die nicht geklärt werden kann, ob ein Nitratabbau im Förderhorizont oder bereits im Zustrom aus den überlagernden Aquiferen erfolgt.

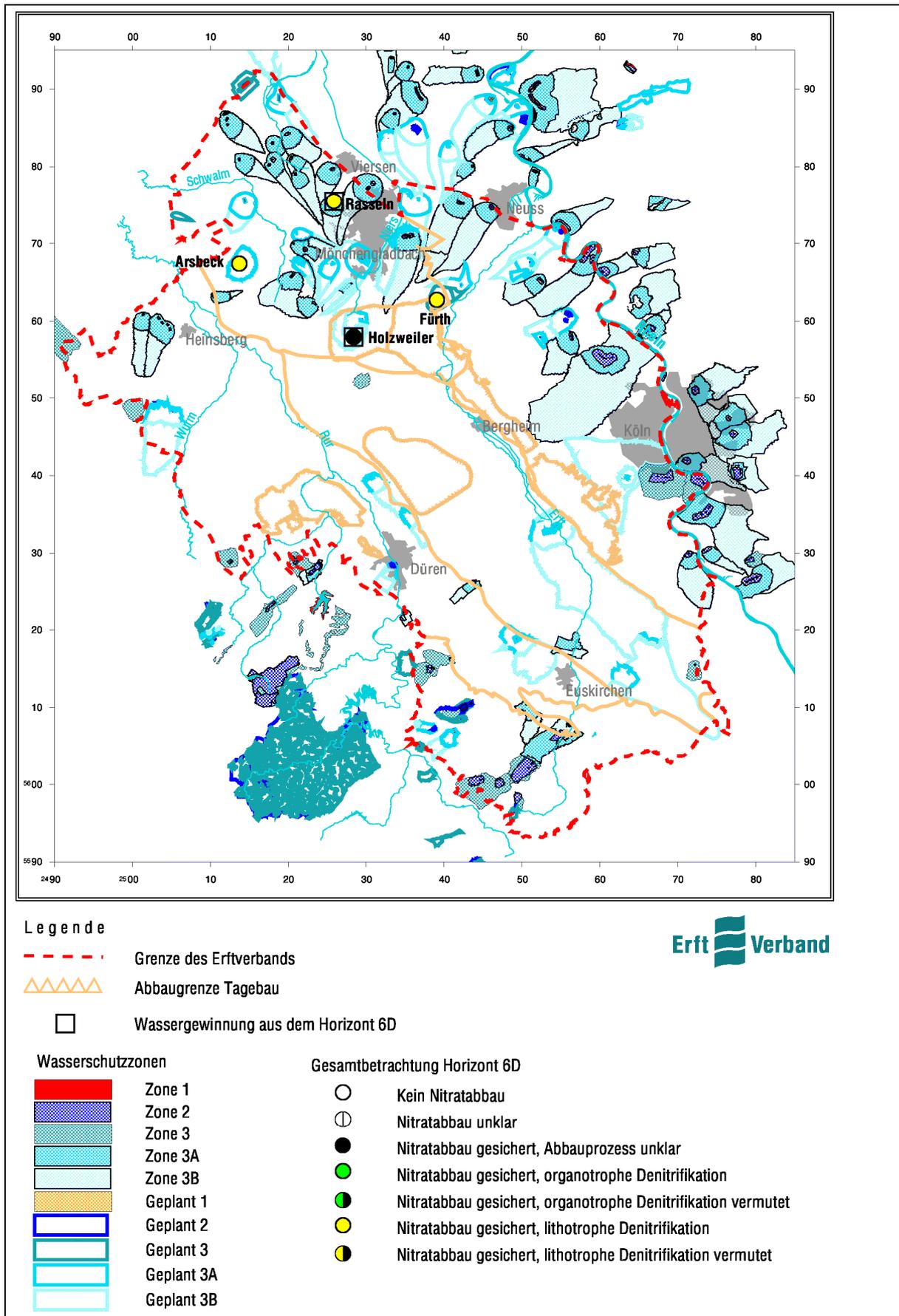


Abbildung 159: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Horizont 6D.

Alle Gebiete befinden sich auf der Venloer Scholle. Da in drei Fällen die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Nitratabbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) sicher nachgewiesen werden kann, ist auch für den Standort ohne Prozesszuordnung von dieser Reaktion auszugehen. Das Nitratabbaupotenzial ist als stabil einzustufen. Darauf weisen auch Messungen der Pyrit-Schwefelgehalte im Abraum des Tagebaus Garzweiler hin, die Wisotzky (1994) durchgeführt hat. Mit durchschnittlich 0,338 Gew.% Pyrit-Schwefel weist der Horizont 6D die mit Abstand höchsten Schwefelgehalte aller Horizonte auf und lässt ein hohes Nitratabbaupotenzial erwarten, das über Jahrhunderte ausreicht, um eingetragenes Nitrat zu reduzieren.

Durch die Verknüpfung der Abbauprozesse mit den Fördermengen ergeben sich aufgrund der geringen Zahl von zwei Wassergewinnungsanlagen keine weiteren Erkenntnisse (Abbildung 160).

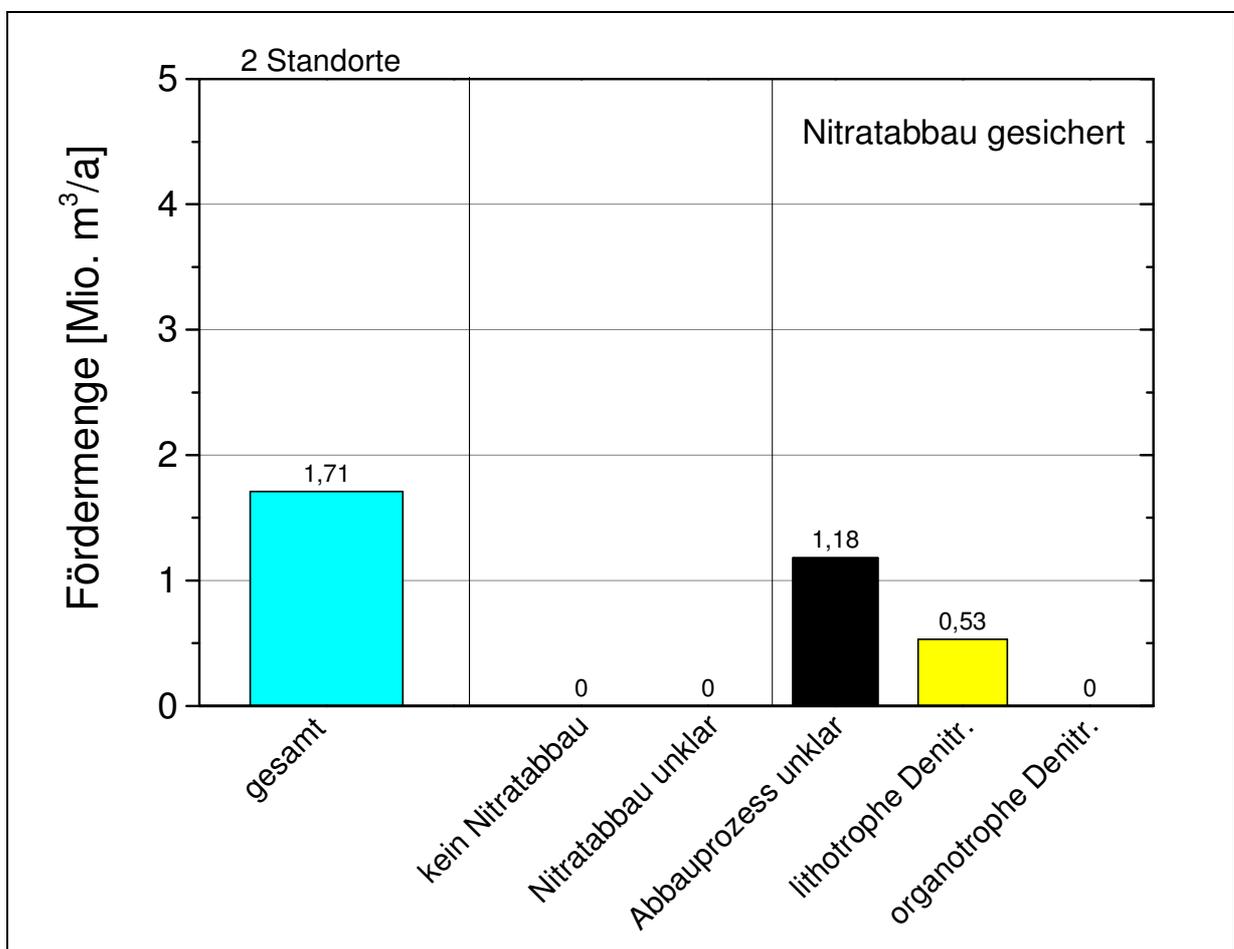


Abbildung 160: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Horizont 6D.

#### 4.1.8 Horizont 6B

Die Darstellung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Tätigkeitsbereich des Erftverbands im Horizont 6B zeigt Abbildung 161. Die methodischen Grundlagen für die Kartenerstellung sind in Kapitel 4 beschrieben.

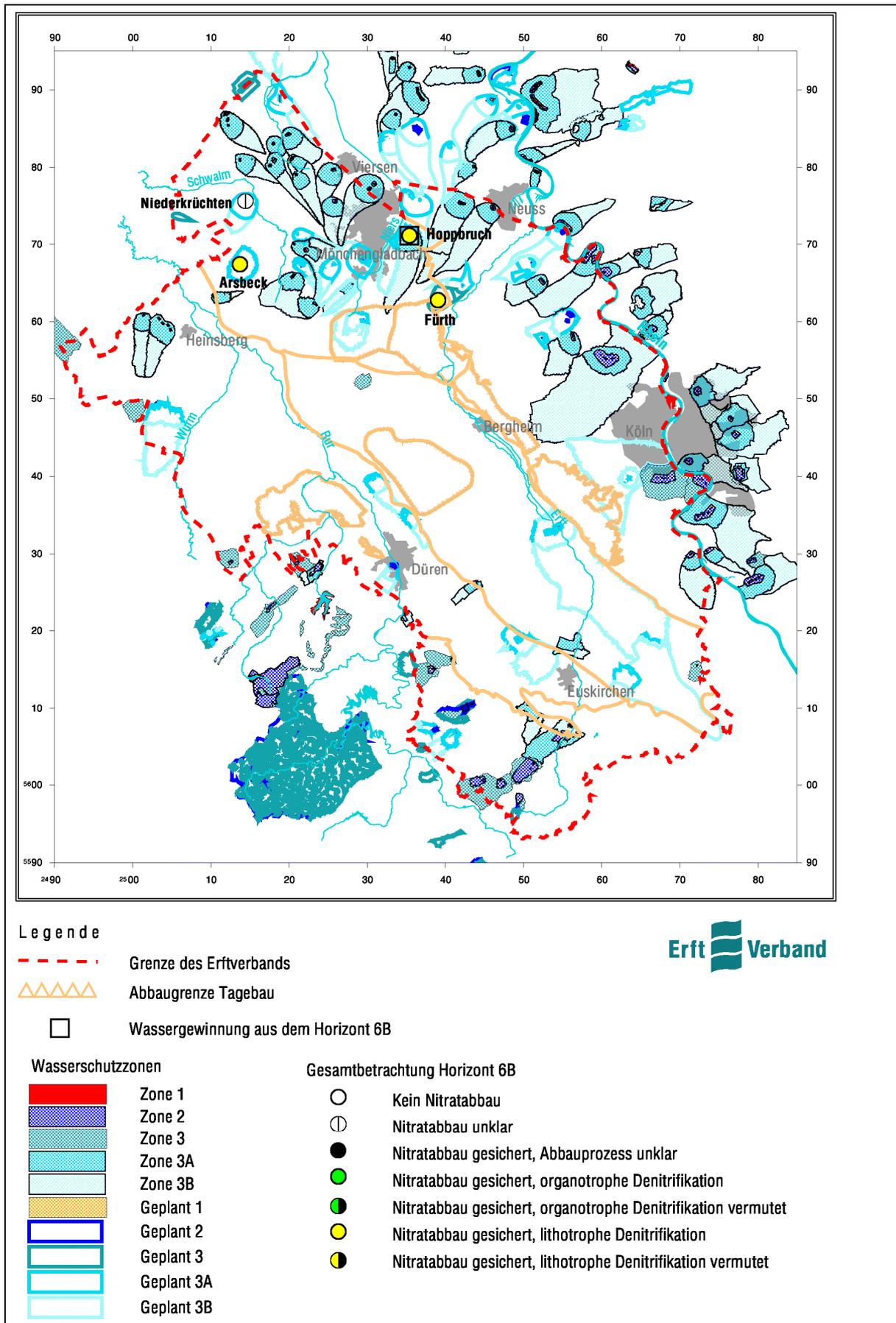


Abbildung 161: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Horizont 6B.

Von den vier dargestellten Standorten kann anhand vorliegender Grundwasseranalysen in drei Fällen ein Nitratabbau durch Sulfidminerale (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) belegt werden. Die Auswertung der Nitratabbauprozesse im Zusammenhang mit den Fördermengen ist wenig aussagekräftig, weil hier mit der Wassergewinnungsanlage Hoppbruch nur ein Standort betrachtet wird (Abbildung 162). In den übrigen Gebieten erfolgt die Gewinnung aus tieferen Horizonten, so dass der Horizont 6B Bestandteil der Betrachtung der Hangendschichten ist. Ohne diese Auswertung kann meist nicht geklärt werden, ob ein Nitratabbau im Förderhorizont oder bereits im Zustrom in den hangenden Horizonten erfolgt. An einem Standort sind keine Angaben möglich, weil das Grundwasser des Horizonts 6B frei von anthropogenen Einflüssen ist. Ohne einen solchen Zustrom und die damit verbundenen Veränderungen der Wasserchemie können keine Aussagen über einen Nitratabbauprozess getroffen werden. Aufgrund der räumlichen Nähe zu den anderen Einzugsgebieten ist allerdings auch hier von einem sulfidgebundenen Denitrifikationspotenzial auszugehen.

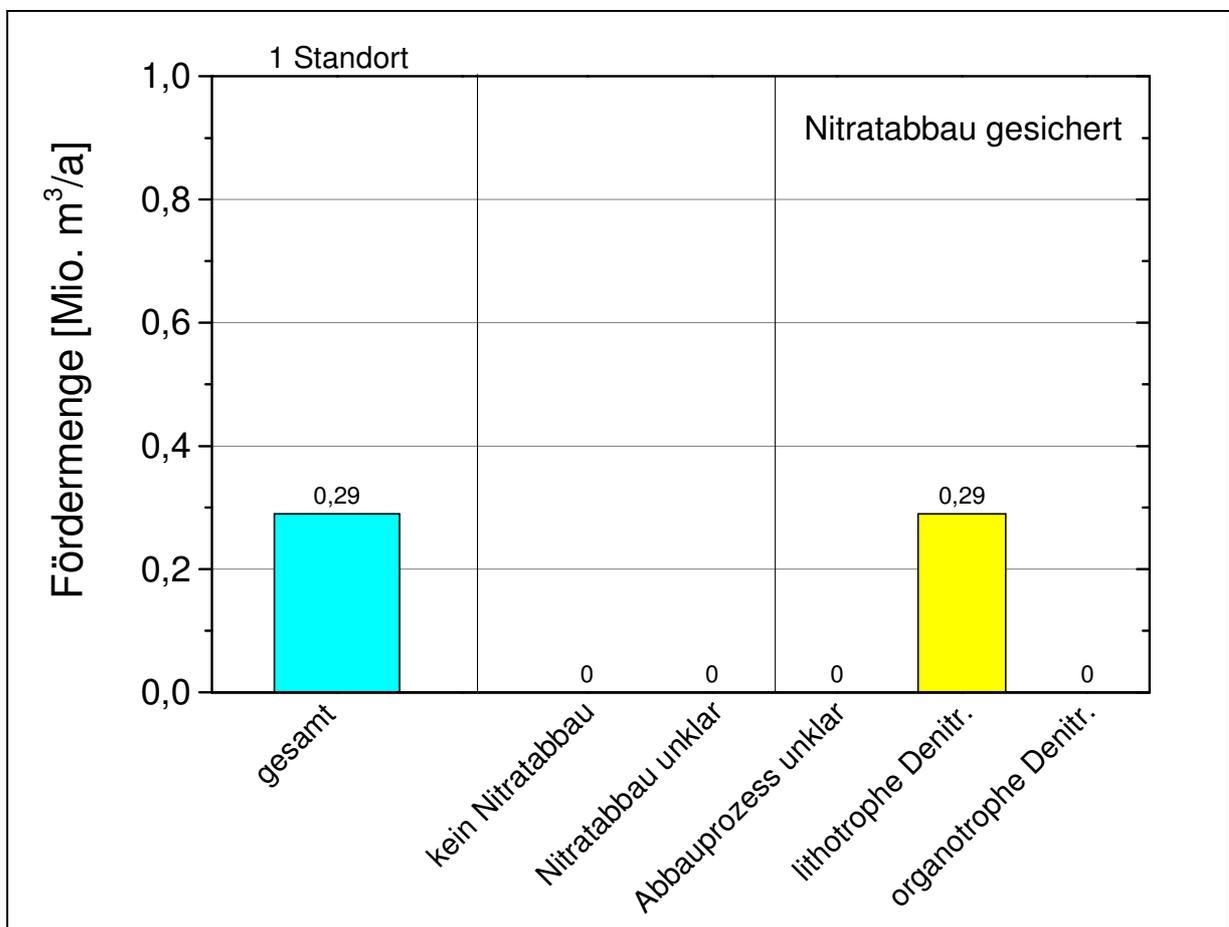


Abbildung 162: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Horizont 6B.

#### 4.1.9 Miozäne Horizonte im Liegenden der Kohle und Oligozän

Die zusammenfassende Darstellung der Nitratabbauprozesse in den miozänen Schichten im Liegenden der Kohle bzw. in den oligozänen Grundwasserleitern zeigt Abbildung 163. Details zu den methodischen Grundlagen der Kartenerstellung enthält das Kapitel 4.

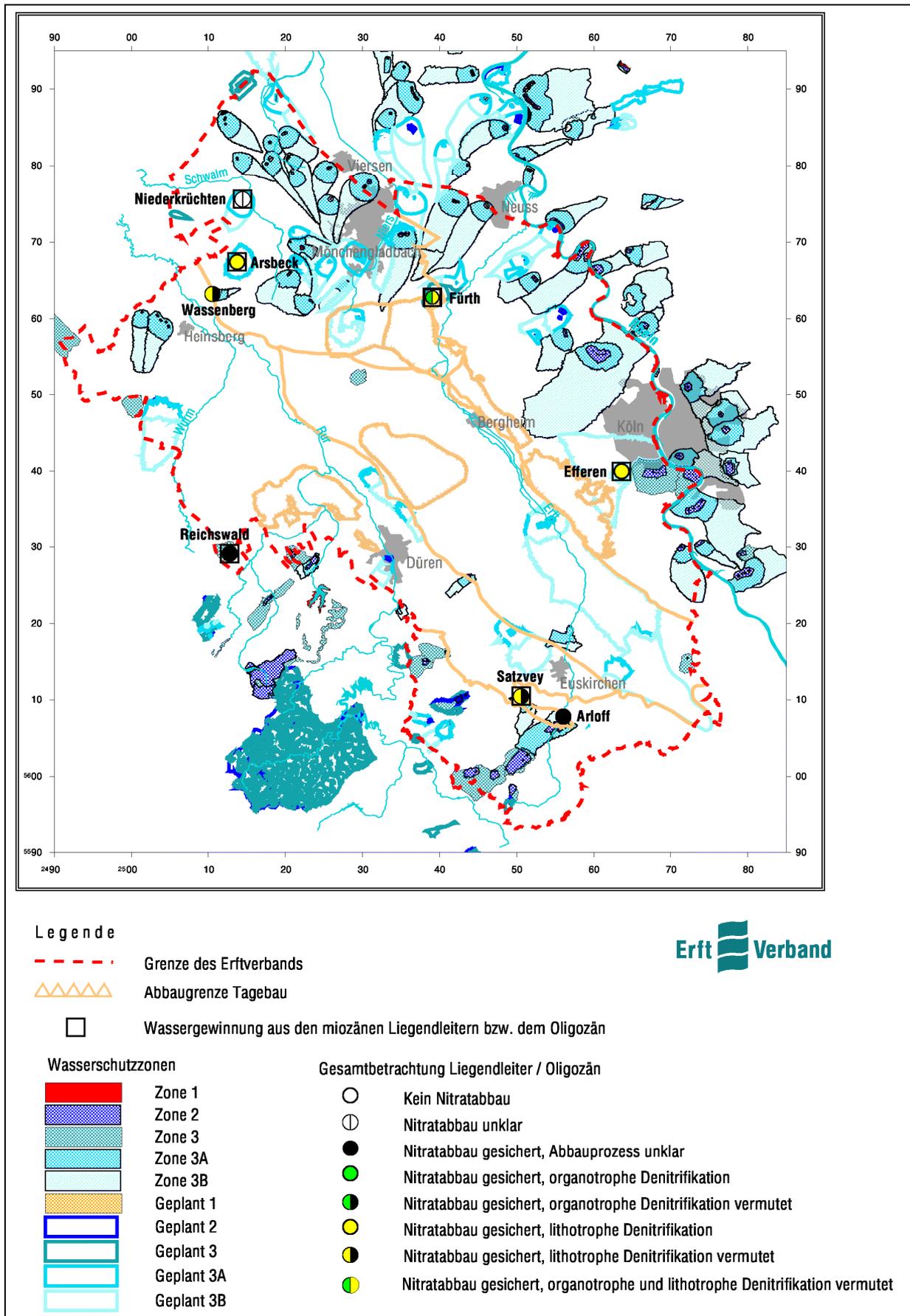


Abbildung 163: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte in den miozänen Liegendleitern und im Oligozän.

In den Liegendleitern bzw. oligozänen Horizonten kann mit einer Ausnahme ein Nitratabbau nachgewiesen werden. An einem Standort zeigt sich (noch) kein anthropogener Einfluss im betreffenden Horizont, so dass nicht bewertet werden kann, ob im Fall eines Eintrags ein Nitratabbau stattfindet. Allerdings ist mit hoher Sicherheit von einer Denitrifikation auszugehen.

Ist eine Prozessidentifikation möglich, findet grundsätzlich eine chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2) statt. Die Bedeutung dieses Nitratabbaus durch Sulfidminerale zeigt sich auch bei der Verknüpfung der Fördermengen mit den Daten zu den Nitratabbauprozessen (Abbildung 164). Mit 6,94 Mio. m<sup>3</sup> von insgesamt 11,71 Mio. m<sup>3</sup> konnte für einen Anteil von rund 60 % der gefördertem Grundwässer ein Nitratabbau durch Sulfidminerale belegt werden.

In der Wassergewinnungsanlage Fürth zeigen die Grundwasseranalysen an, dass beide wesentlichen Abbauprozesse parallel ablaufen. Das Abbaupotenzial ist als stabil zu bewerten.

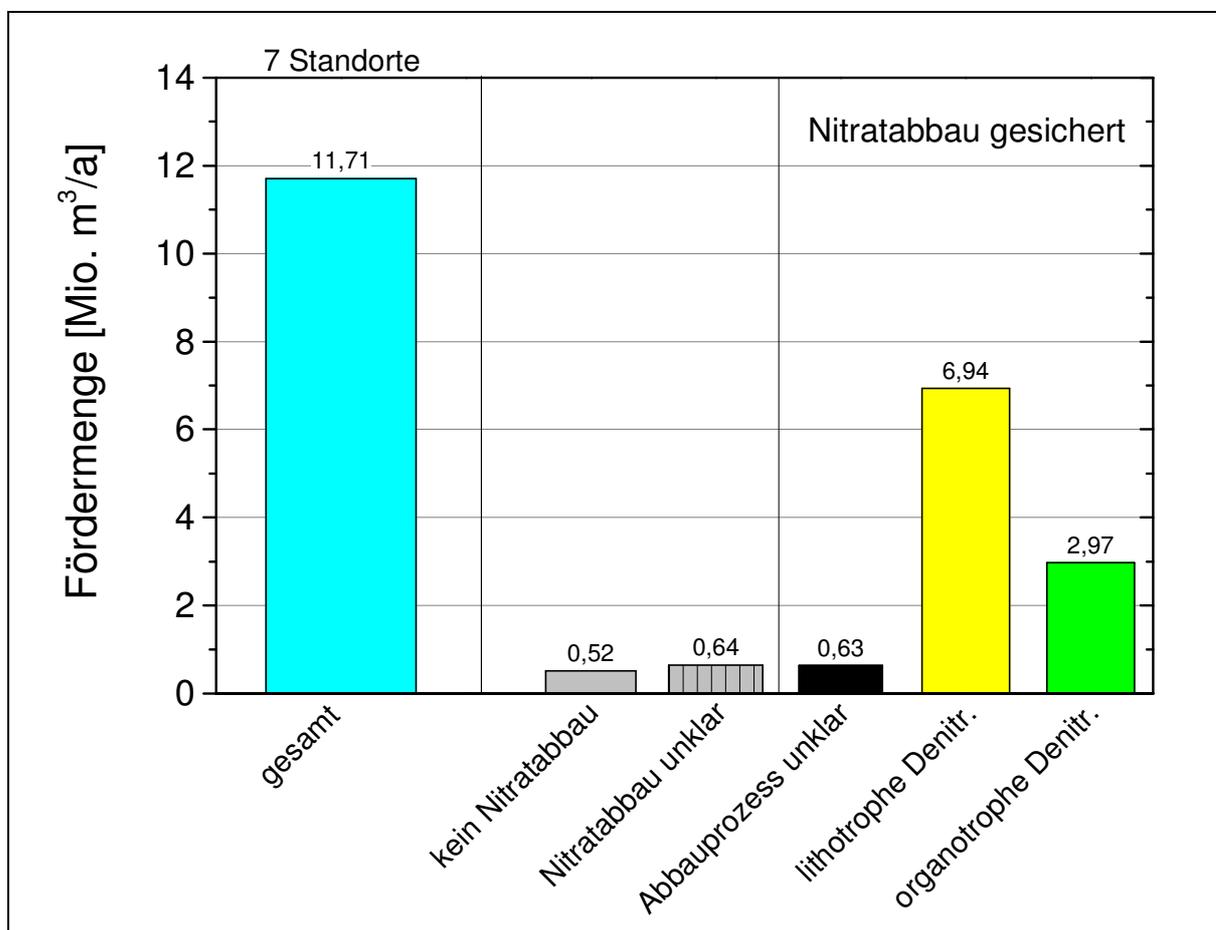


Abbildung 164: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte in den miozänen Liegendleitern und im Oligozän.

#### 4.1.10 Festgestein

Die im Festgesteinsbereich der Eifel ermittelten Nitratabbaureaktionen fasst die Abbildung 165 zusammen. Die Grundlagen der Kartenerstellung werden in Kapitel 4 beschrieben.

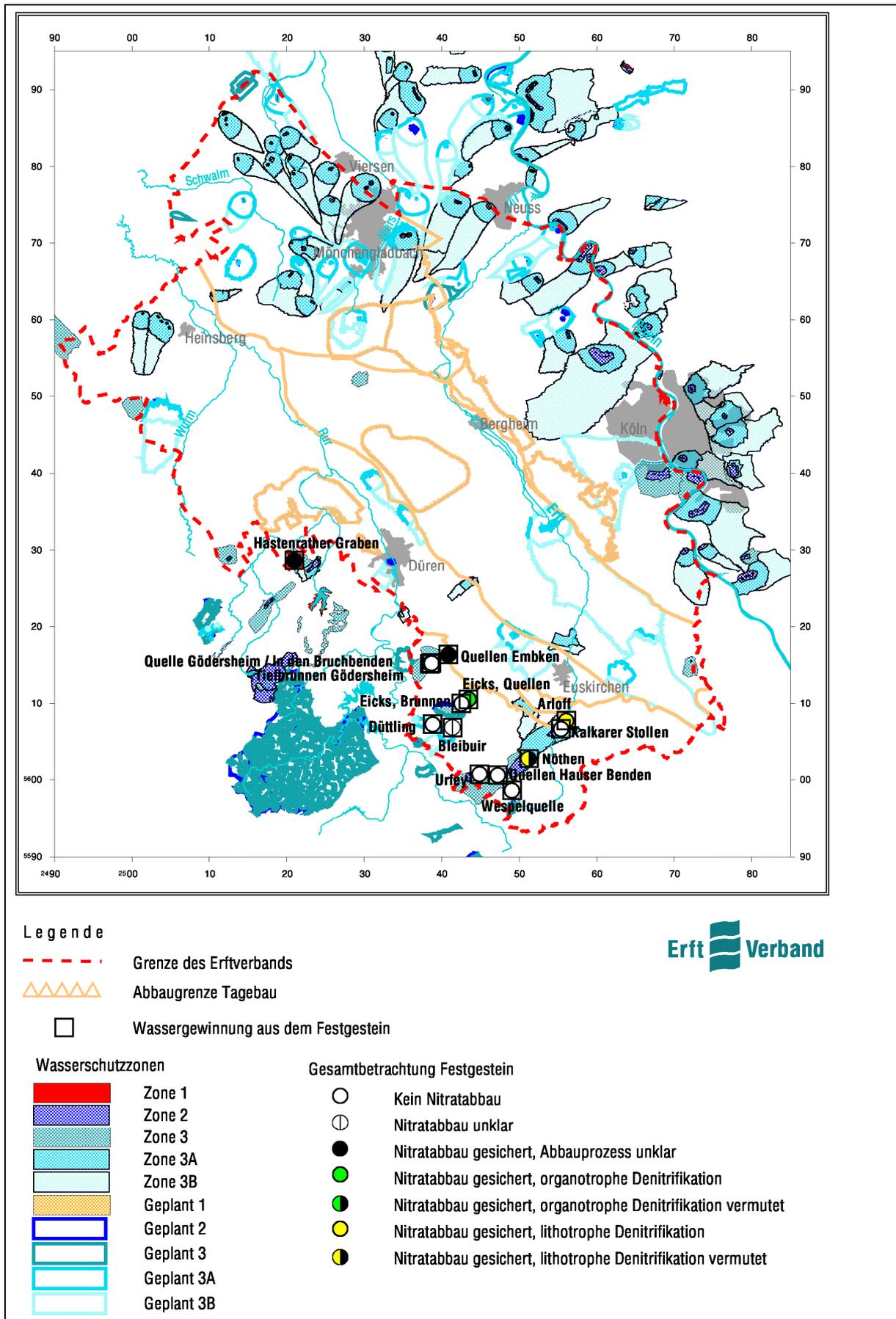


Abbildung 165: Räumliche Verteilung der Nitratabbauprozesse in den Einzugsgebieten der Gewinnungsstandorte im Festgesteinsbereich der Eifel.

Von den 14 Gewinnungsstandorten in der Eifel zeigt sich in acht Fällen kein Nitratabbau, so dass auf ein fehlendes Denitrifikationspotenzial des Gesteins geschlossen werden kann. Dieses Ergebnis wird durch die Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen bestätigt, wonach über 80 % (5,62 Mio. m<sup>3</sup> von 6,94 Mio. m<sup>3</sup> im Erfassungsjahr 2013/14) der aus dem Festgestein geförderten Wassermenge hinsichtlich der Beschaffenheit nicht von Nitratabbauprozessen profitieren (Abbildung 166). Es handelt sich dabei sowohl um devonische Karbonatgesteine innerhalb der Sötenicher Mulde als auch um triassische Ablagerungen des Oberen und Mittleren Buntsandsteins. Die Grundwasserleiter werden dem ersten bzw. zweiten lokalen Grundwasserstockwerk zugeordnet.

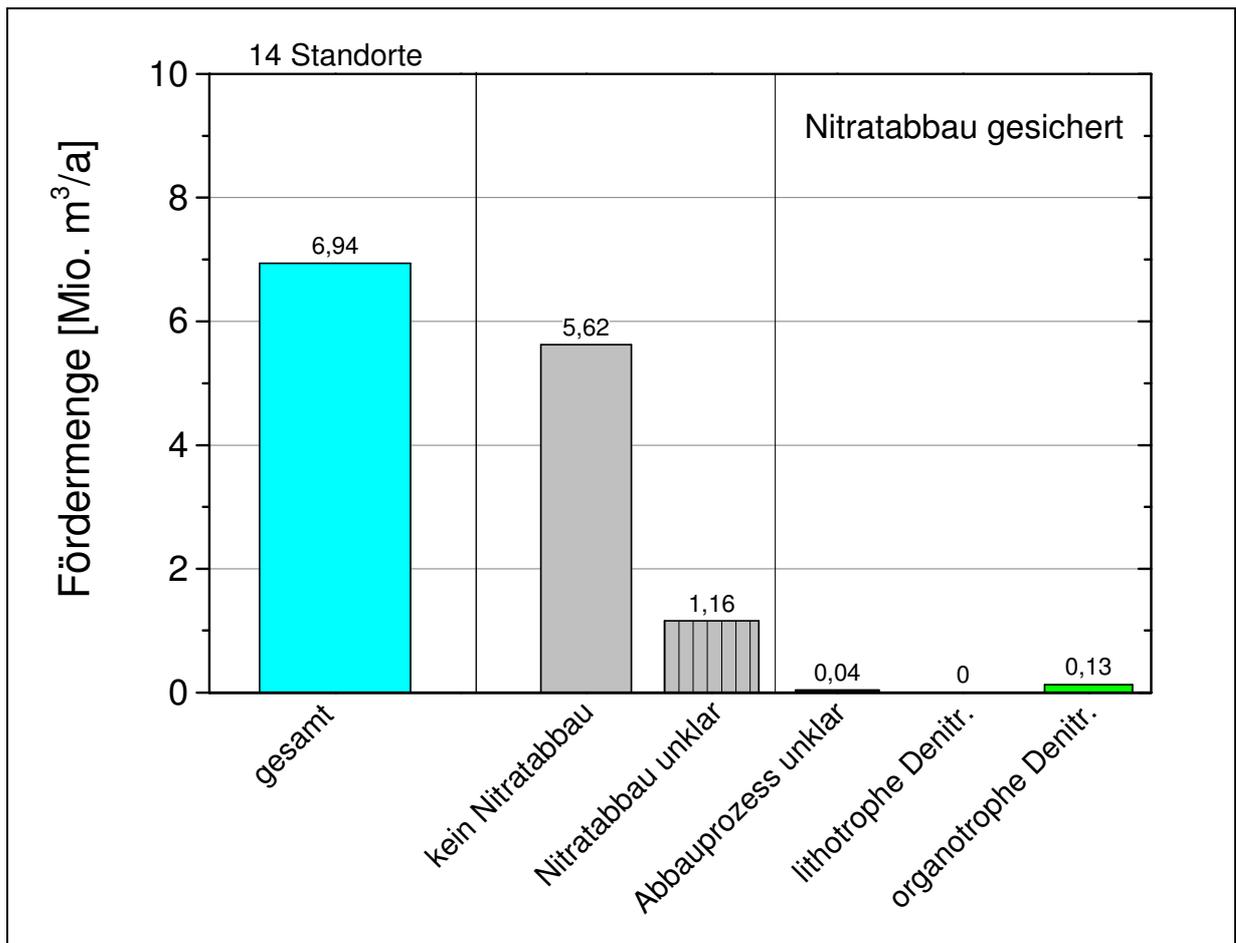


Abbildung 166: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für die Wassergewinnungsstandorte im Festgesteinsbereich der Eifel.

Ist ein Nitratabbau nachweisbar, gelingt nur in zwei Fällen die Identifikation des Abbauprozesses. Da es sich jeweils einmal um den Nitratabbau durch Sulfide (chemo-lithotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.2) und die Nitratreduktion durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) handelt, sind keine Zusammenhänge zur Geologie, zur Entnahmetiefe oder zu anderen Randbedingungen erkennbar. Die Auswirkung auf die Rohwasserbeschaffenheit ist am Wasserwerk Arloff trotz des Nachweises der chemo-lithotropen Denitrifikation so gering, dass die hier geförderte Wassermenge in die Kategorie „kein Nitratabbau“ eingestuft wurde.

Unabhängig von der Art des Abbauprozesses weisen die Gesteine nur ein lokales Nitratbaupotenzial auf oder es sind aufgrund des Datenbestandes keine Aussagen über das Abbaupotenzial möglich. Tendenziell ist der Festgesteinsbereich der Eifel unabhängig von der Lithologie als Bereich mit geringem bis fehlendem Nitratreduktionsvermögen anzusehen.

## 4.2 Zusammenfassende Betrachtung

Im vorliegenden Kapitel erfolgt eine Gesamtschau auf die Nitratbauprozesse und die Entnahmemengen für die in Kapitel 4.1 betrachteten Horizonte bzw. Horizontpakete sowie deren räumliche Verteilung. Hierzu wird zunächst das Mengengerüst für das Erfassungsjahr 2013/14 dargestellt (Abbildung 167), das auch für alle weiteren Aussagen mit einem Mengenbezug herangezogen wird.

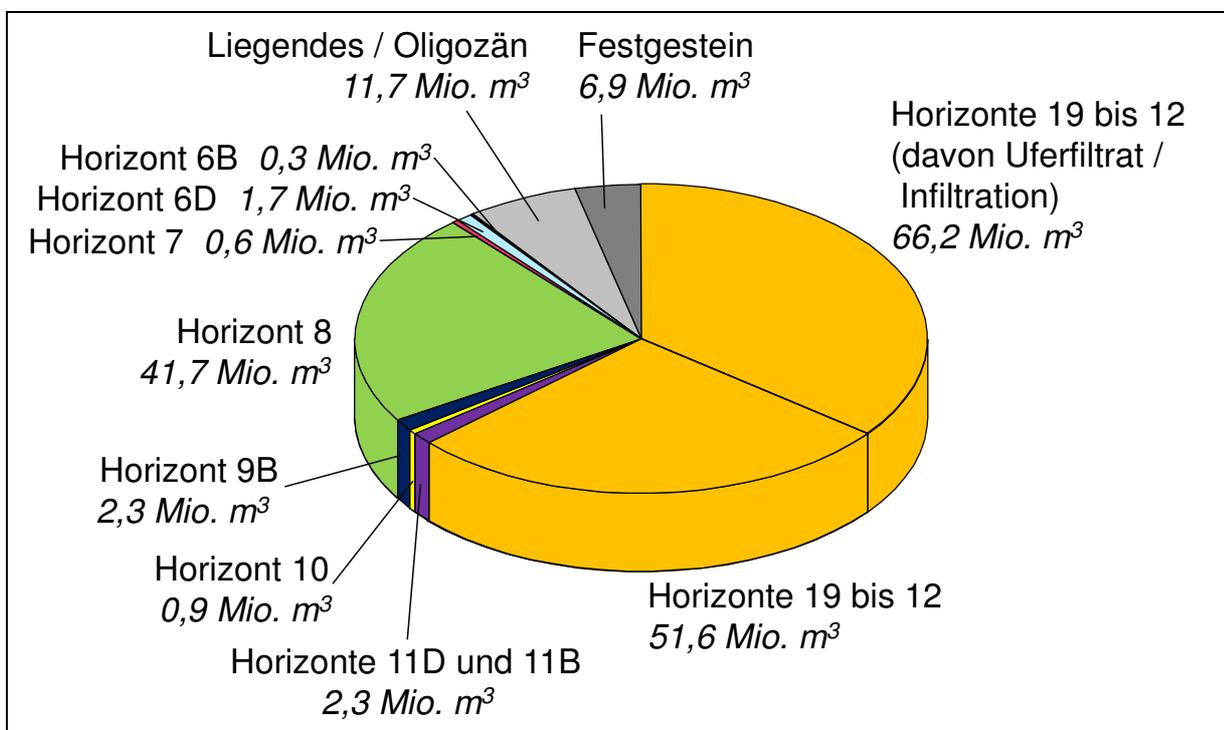


Abbildung 167: Verteilung der Entnahmen im Tätigkeitsbereich des Erftverbands auf die wasserwirtschaftlich genutzten Horizonte bzw. Horizontpakete.

Die Gesamtfördermenge zu Trinkwassergewinnungszwecken betrug 186,2 Mio. m<sup>3</sup>, von denen 117,8 Mio. m<sup>3</sup> aus den quartären Horizonten 19 bis 12 entnommen wurden. Hiervon konnten 66,2 Mio. m<sup>3</sup> Wasser (ca. 36 %) als Uferfiltrat bzw. Infiltrationswasser klassifiziert werden und sind somit nicht relevant für die Betrachtung von Nitratbauprozessen. Diese Mengen werden daher im weiteren Verlauf des Kapitels nicht berücksichtigt.

Die Zuordnung der Uferfiltrat- bzw. Infiltrationswassermengen erfolgte individuell für jeden Gewinnungsstandort. Förderte eine Wassergewinnungsanlage beispielsweise einen 90 %igen Uferfiltratanteil und 10 % landseitiges Grundwasser ohne erkennbaren Einfluss von Nitratbauprozessen, wurde nur der 10 %-Anteil der Kategorie „kein Nitratabbau“ in den Horizonten 19 bis 12 zugeordnet und für die weitergehenden Auswertungen betrachtet.

Neben den quartären Schichten ist als Förderhorizont insbesondere die Hauptkies-Serie (Horizont 8 nach Schneider & Thiele 1965) mit einer Gesamtmenge von 41,7 Mio. m<sup>3</sup> von Bedeutung. Als weitere Hauptförderhorizonte sind das tertiäre Liegende bzw. das Oligozän mit einer Menge von 11,7 Mio. m<sup>3</sup> sowie das Festgestein der Eifel mit 6,9 Mio. m<sup>3</sup> anzusehen. Allen übrigen Horizonten werden jährlich jeweils weniger als 2,5 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser für die Trinkwasserversorgung entnommen (Abbildung 167).

Analog zur Vorgehens- und Darstellungsweise im Kapitel 4.1 lassen sich den einzelnen Abbauprozessen die in Abbildung 168 dargestellten Wassermengen - ohne Berücksichtigung der Uferfiltrat- und Infiltrationswassermengen, s. o. - zuordnen. Da an zwei Gewinnungsstandorten sowohl die lithotrophe als auch die organotrophe Denitrifikation vermutet wird, wurden die zugehörigen Wassermengen aufgeteilt. Gegenüber den sonstigen Darstellungen resultieren hieraus 104 statt 102 Gewinnungsstandorte.

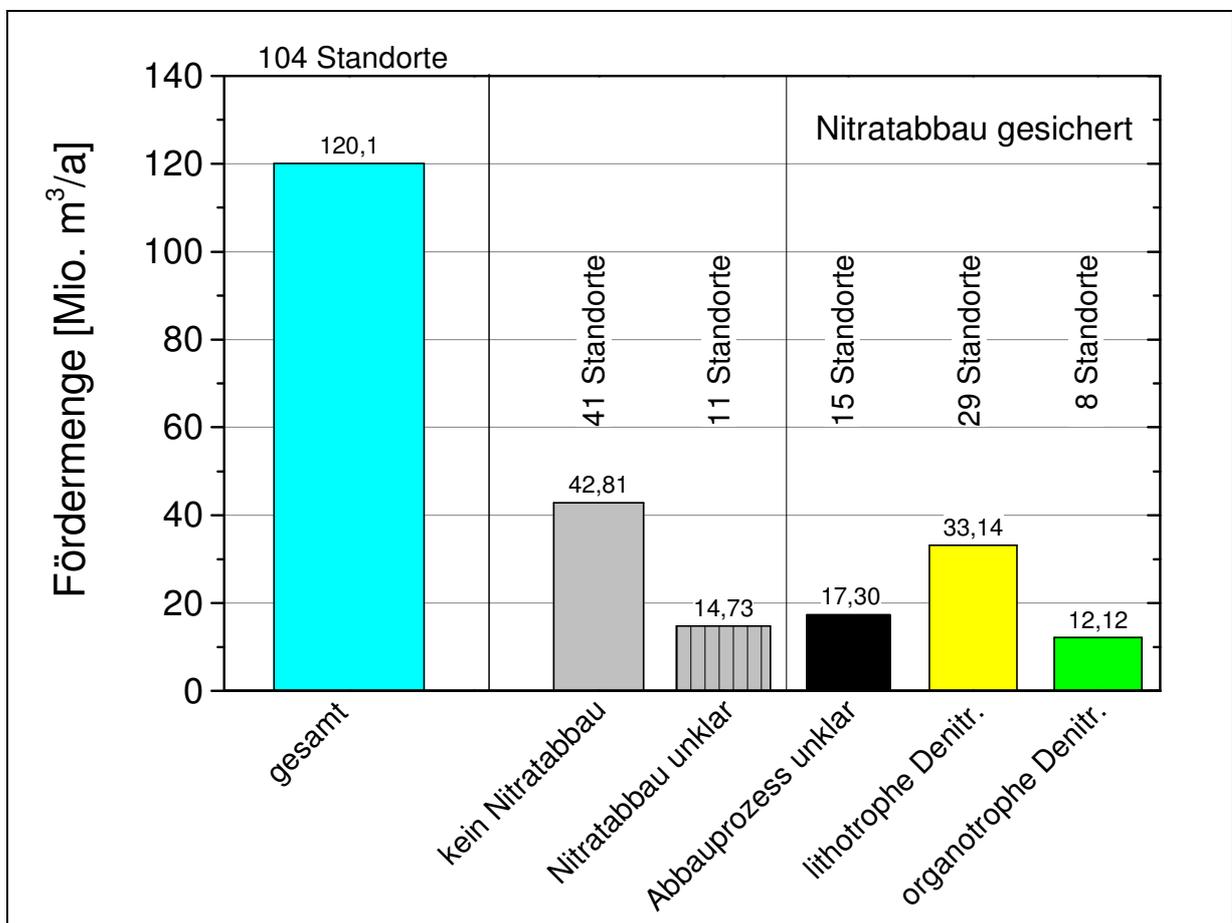


Abbildung 168: Zuordnung der Fördermengen zu den Nitratabbauprozessen für alle Wassergewinnungsstandorte im Tätigkeitsbereich des Erftverbands.

Von 120,1 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser, die im Erfassungsjahr 2013/14 gehoben wurden und die nicht als Uferfiltrat bzw. Infiltrationswasser eingestuft werden, liegen für insgesamt 62,56 Mio. m<sup>3</sup> oder 52 % gesicherte Angaben über Nitratabbauprozesse vor. Hiervon hat die lithotrophe Denitrifikation (Nitrat Abbau durch Sulfidminerale, Kapitel 2.3.2) mit 33,14 Mio. m<sup>3</sup> sowohl bezüglich der Wassermenge als auch der Standortzahl den mit Abstand größten An-

teil (Abbildung 168). Nitratreduktion durch Pyrit ist somit der wichtigste Nitratabbauprozess in den Grundwasserleitern im Tätigkeitsbereich des Erftverbands.

Demgegenüber ist für eine Grundwassermenge von 42,81 Mio. m<sup>3</sup> oder anteilig etwa 36 % der Gesamtfördermenge eindeutig feststellbar, dass kein Nitratabbau stattfindet. Real dürfte dieser Anteil noch etwas höher sein, weil zu erwarten ist, dass die Menge von 14,73 Mio. m<sup>3</sup> mit unklarer Aussage über einen stattfindenden Nitratabbau anteilig der Klasse „kein Nitratabbau“ zugeordnet werden muss.

Hierfür spricht, dass der größte Teil dieser Menge mit unklarem Nitratabbau aus den Horizonten 19 bis 12 entnommen wird und hier überwiegend kein Nitratabbau feststellbar ist (Abbildung 169 und Kapitel 4.1.1). Darüber hinaus lässt die Darstellung erkennen, dass die quartären Horizonte kein sulfidgebundenes Nitratabbau Potenzial aufweisen, aber eine Nitratreduktion durch organische Substanz (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) sicher nachgewiesen wird. Deren Anteil ist zwar in Bezug auf die insgesamt aus dem Quartär geförderte Wassermenge von 51,6 Mio. m<sup>3</sup> mit 7,1 Mio. m<sup>3</sup> eher gering (Abbildung 169 und Kapitel 4.1.1), aber trotzdem der wichtigste Abbauprozess in den Horizonten 19 bis 12. Außerdem gibt es keine anderen Horizonte, in denen die Nitratreduktion durch organische Substanz eine größere Bedeutung hat.

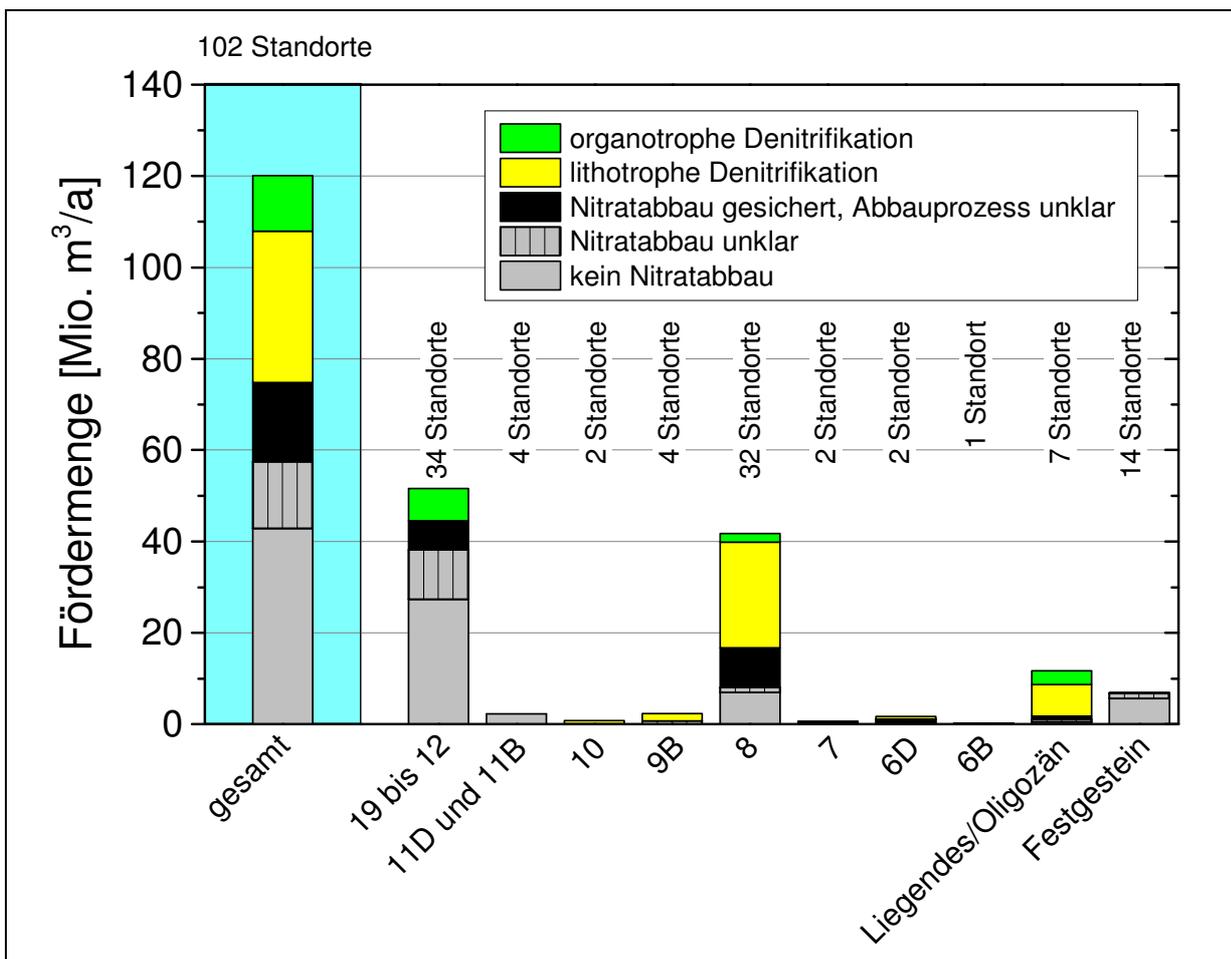


Abbildung 169: Fördermengen in den einzelnen Horizonten bzw. Horizontpaketen einschließlich der Anteile der jeweiligen Abbauprozesse.

Auffällig sind insbesondere der hohe Anteil bzw. die große Menge des aus der Hauptkies-Serie (Horizont 8) gefördert Wassers, die von einer Nitratreduktion durch Sulfidminerale profitieren. Hinzu kommt, dass die Mengen mit gesichertem Abbau, aber ohne konkrete Identifikation eines Abbauprozesses (schwarzer Teil der Säule in Abbildung 169), im Horizont 8 mit hoher Wahrscheinlichkeit mindestens anteilig der chemo-lithotropen Denitrifikation zugerechnet werden können. Der Vergleich mit der Darstellung der Gesamtmengen am linken Rand der Abbildung 169 zeigt, dass auf den gesamten Tätigkeitsbereich des Erftverbands bezogen ein großer Teil der Nitratreduktion durch Sulfidminerale im Horizont 8 stattfindet.

Während für das tertiäre Liegende bzw. die oligozänen Schichten ebenfalls ein großer Einfluss durch die chemo-lithotrophe Denitrifikation nachgewiesen werden kann, spielen Nitratbaureaktionen im Festgestein der Eifel nahezu keine Rolle (Abbildung 169).

In Abbildung 170 sind alle Wassergewinnungsstandorte nach Nitratkonzentrationen des Rohwassers sortiert und unter gleichzeitiger Darstellung der nachgewiesenen Nitratbauprozesse aufgetragen. Man erkennt, dass oberhalb einer Nitratkonzentration von etwa 40 mg/l Nitrat im Rohwasser keine Nitratbauprozesse wirken. Die beiden Ausnahmen bei 65 mg/l Nitrat (grüner Punkt) und 50 mg/l Nitrat (schwarzer Punkt) sind insofern zu vernachlässigen, als hier zwar Nitratreduktionsprozesse nachgewiesen sind, diese aber nur sehr lokal begrenzt in kleinen Teilen des Einzugsgebiets auftreten und nicht zu einer merklichen Verminderung der Nitratkonzentrationen des Rohwassers beitragen.

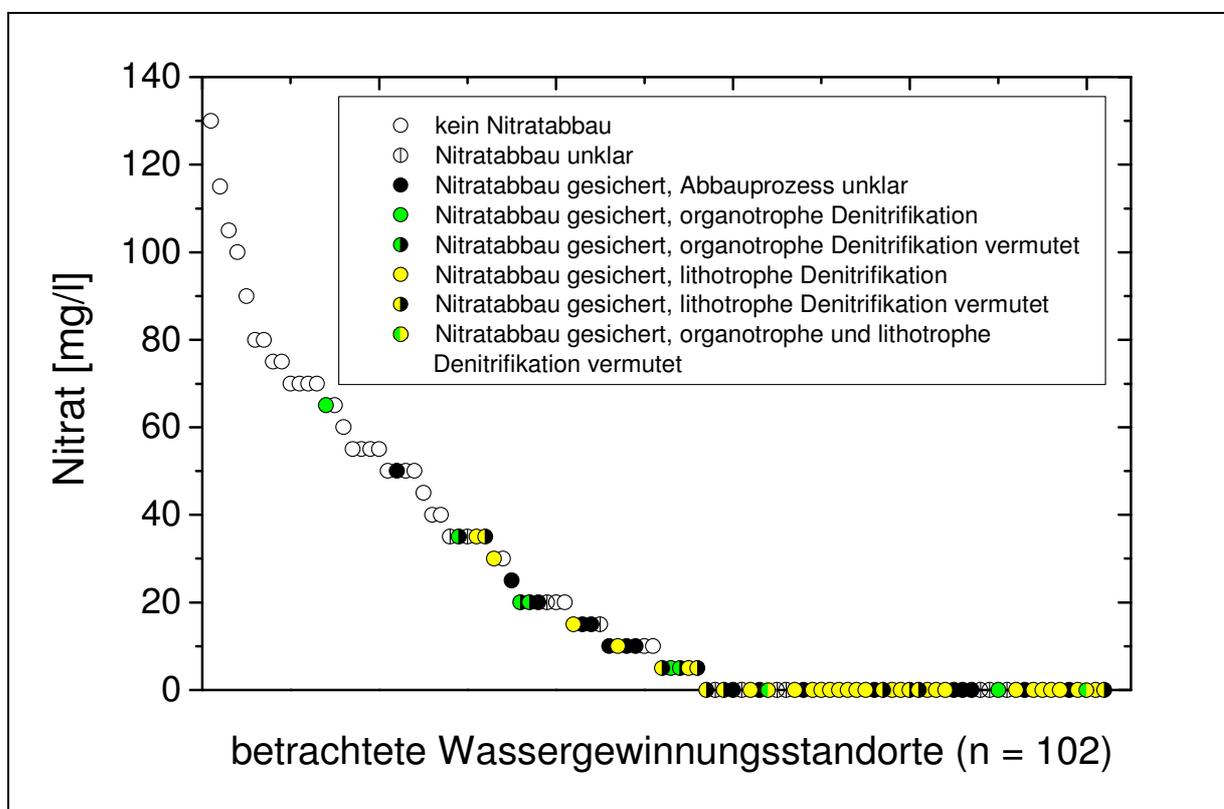


Abbildung 170: Zusammenhang zwischen den Nitratkonzentrationen der Rohwässer und den beobachteten bzw. fehlenden Nitratbauprozessen.

Die meisten Wassergewinnungsstandorte mit nitratfreien Rohwässern profitieren von einer Nitratreduktion durch Sulfidminerale wie Pyrit, wie bereits mehrfach in diesem Kapitel angesprochen wurde. In der Abbildung 170 reihen sich diese Standorte auf der Abszisse nebeneinander an. Sind trotz nachgewiesener chemo-lithotropher Denitrifikation Nitratkonzentrationen messbar, handelt es sich um lokal begrenzte oder bereits erschöpfte Nitratabbaupotenzials oder der jeweilige Horizont - meist die Hauptkies-Serie, Horizont 8 - hat einen direkten hydraulischen Kontakt zum oxidierenden oberflächennahen Grundwasser.

Die Standorte mit Nachweisen der chemo-organotrophen Denitrifikation führen in der Mehrzahl nicht zu nitratfreien Rohwässern. Die Ursache liegt einerseits in der oft lokal begrenzten Ausbildung des Nitratabbaupotenzials und andererseits daran, dass der in Grundwasserleitern enthaltene organische Kohlenstoff am Niederrhein oft reaktionsträge ist (Kapitel 2.3.3) und daher nicht zu einem vollständigen Nitratabbau führt. Die Ursache hierfür liegt u. a. im Alter und der Zusammensetzung der organischen Substanz.

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung und Abhängigkeiten von der jeweiligen hydrogeologischen Situation werden nachfolgend die Ergebnisse für die mengenmäßig wichtigsten Horizonte bzw. Horizontpakete zusammengefasst. Hierbei werden neben den quartären Horizonten 19 bis 12 zusätzlich der Horizont 8, das tertiäre Liegende bzw. Oligozän und der Festgesteinsbereich der Eifel betrachtet.

Innerhalb der oberflächennahen quartären Grundwasserleiter ergibt sich insbesondere im Nordraum eine räumliche Differenzierung in einen Bereich ohne Nitratabbauvorgänge und somit ein fehlendes Nitratabbaupotenzial im Nordwesten der Venloer und der Rur-Scholle sowie einen Teilbereich im Nordosten der Venloer bzw. Norden der Kölner Scholle, in dem zusammenhängend Nitratabbauvorgänge stattfinden (Abbildung 147 in Kapitel 4.1.1). Hier liegt ein Gebiet mit einem Nitratabbaupotenzial vor, das an organische Substanz gebunden ist (chemo-organotrophe Denitrifikation, Kapitel 2.3.1) und in einem Raum auftritt, der häufig durch geringe Flurabstände und staunässebeeinflusste Böden gekennzeichnet ist. Das Abbaupotenzial kann flächenhaft ausgebildet sein und langfristig niedrige Nitratkonzentrationen der dort geförderten Rohwässer garantieren oder nur lokale Bedeutung haben, ohne dass ein nennenswerter positiver Einfluss auf die Rohwasserqualität erkennbar ist.

In den übrigen Teilgebieten treten Nitratabbauvorgänge in den Quartären Schichten eher punktuell auf. Eine Identifikation des Abbauprozesses ist hier oft ebenso wenig möglich wie Angaben zum Nitratabbaupotenzial. Im mittleren und nördlichen Teil der Erft-Scholle ist eine vertikale Differenzierung innerhalb der mächtigen quartären Terrassenkörper erkennbar. Ein Nitratabbau ist hier meist auf die Horizont- bzw. Stockwerksbasis beschränkt und es ist eher von einem lokal verbreiteten Abbaupotenzial auszugehen. Im Süden der Erft-Scholle ergeben sich keine Hinweise auf Nitratreduktionsreaktionen.

Im Horizont 8 (Hauptkies-Serie) ist nahezu flächenhaft ein Nitratabbau zu erkennen. Dieser erfolgt mit einer Ausnahme immer durch die Oxidation von Sulfidmineralen, d. h. die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Kapitel 2.3.2). Aufgrund der Dominanz und weiten Verbreitung dieses Prozesses kann auch an den Standorten, für die zwar ein Nitratabbau belegt ist, aber

keine Prozessangabe erfolgen konnte, von einem sulfidgebundenen Nitratabbaupotenzial ausgegangen werden. Dieses ist in der Regel als stabil einzustufen und nur dort lokal erschöpft oder in seiner Ausbildung eingeschränkt, wo ein hydraulischer Kontakt zum oxidationsmittelreichen oberflächennahen Grundwasser existiert. Dies wird an mehreren Standorten im Nordwesten der Venloer Scholle beobachtet (Abbildung 155 in Kapitel 4.1.5).

Die tertiären Liegendleiter und oligozänen Ablagerungen weisen aufgrund ihrer Genese in flachen Meeresregionen mit randlicher Ausbildung von Sumpfgebieten oft hohe Gehalte organischer Substanz auf, die eine chemo-organotrophe Denitrifikation erwarten lassen. Diese Horizonte sind gleichzeitig für hohe Pyrit-Schwefelgehalte bekannt, so dass ebenfalls von einer chemo-lithotrophen Denitrifikation auszugehen ist. Beide Reaktionen werden grundsätzlich nachgewiesen, aber die Erkenntnisse reichen aufgrund des mit zunehmender Tiefe immer geringeren Datenbestands und der geringen Zahl untersuchter Standorte nicht aus, um verallgemeinernde Aussagen treffen zu können (Abbildung 163 in Kapitel 4.1.9).

Im Verbreitungsgebiet des Festgesteins der Eifel findet in der Mehrzahl der untersuchten Einzugsgebiete kein Nitratabbau statt, d. h. dass die Gesteine auch kein Nitratabbaupotenzial enthalten. Diese Aussage gilt sowohl für karbonatische Gesteine des Devons wie in der Sötenicher Kalkmulde als auch für das Verbreitungsgebiet des Buntsandsteins in der Mechnicher Triasbucht (Abbildung 165 in Kapitel 4.1.10).

Die zusammenfassende Betrachtung und die vorgenommenen Verallgemeinerungen sollen die fachlichen Zusammenhänge zwischen geologischen Einflussfaktoren und dem Nitratabbau(potenzial) verdeutlichen, sind aber auch als Grundlage für die Planung und Erschließung neuer Horizonte oder neuer Gewinnungsstandorte geeignet. Die vorhandene Auswertung kann hierbei nützliche Basisinformationen liefern, eine detaillierte Erkundung vor Ort allerdings nicht ersetzen.

Das Nitratabbaupotenzial kann bei einem geeigneten Datenbestand an Grundwasseranalysen unter Berücksichtigung hydrogeologischer Informationen nur sehr allgemein bewertet und beispielsweise als stabil oder lokal erschöpft eingeschätzt werden. Weitergehende Aussagen über die voraussichtliche Dauer des Nitratabbauvermögens eines Sediments zu treffen, erfordert vertiefte Untersuchungen, die idealerweise auch die Sedimente des Grundwasserleiters einbeziehen. Eine Zusammenstellung der wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden ist im DWA- bzw. DVGW-Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ (DWA / DVGW 2015) enthalten, der unter Federführung des Erftverbands erarbeitet wurde.

## 5 Literatur

Appelo, C. A. J., Postma, D. (1996): Geochemistry, groundwater and pollution.- 3. Auflage, 536 S.; Verlag A. A. Balkema; Rotterdam; Niederlande.

Bergmann, A. (1999): Hydrogeochemische Untersuchungen anoxischer Redoxprozesse in tiefen Porengrundwasserleitern der Niederrheinischen Bucht – im Umfeld des tagebaus Garzweiler.- Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten, 51: 167 S.; Bochum.

Cremer, N. (2002): Schwermetalle im Grundwasser Nordrhein-Westfalens unter besonderer Berücksichtigung des Nickels in tiefen Grundwasserleitern der Niederrheinischen Bucht.- Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, 60: 178 S.; Essen

DVGW [Hrsg.] (2015): Stickstoffumsatz im Grundwasser.- DVGW-Information Wasser Nr. 85: 100 S.; Bonn, inhaltsgleich mit DWA [Hrsg.] (2015): Stickstoffumsatz im Grundwasser.- Themenband, 87 S.; Hennef.

DWA [Hrsg.] (2015): Stickstoffumsatz im Grundwasser.- Themenband, 87 S.; Hennef, inhaltsgleich mit DVGW [Hrsg.] (2015): Stickstoffumsatz im Grundwasser.- DVGW-Information Wasser, 85: 100 S.; Bonn.

Galloway, J. N., Aber, J. D., Erisman, J. W., Seitzinger, S. P., Howarth, R. W., Cowling, E. B., Cosby, B. J. (2003): The nitrogen cascade. *BioScience*, 53(4), 341-356.

Lenk, S. (2008): Grundwasserbeschaffenheit und hydrogeochemische Prozesse in rheinischen Braunkohlenabraumkippen und in deren Abstrom.- *Bochumer Geowissenschaftliche Arbeiten*, 13: 133 S.; Bochum.

Mäurer, D., Wisotzky, F. (2008): Prognose zur Entwicklung der Nitrat- und Sulfatkonzentration in einem tiefen Grundwasserleiter durch hydrogeochemische Untersuchungen.- *Grundwasser*, 2008 (13): 208-219.

Mattheß, G. (1994): Die Beschaffenheit des Grundwassers.- 3. Auflage; 499 S.; Verlag Gebrüder Bornträger; Berlin.

Schneider, H., Thiele, S. (1965): *Geohydrologie des Erftgebietes*.- 185 S.; Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf.

Uhlmann, W. (2007): Untersuchungsbericht zur Geochemie und Hydrochemie der Abraumkippen des Tagebaus Hambach.- unveröffentlichter Bericht im Auftrag der RWE Power AG.- 51 S.; Dresden.

Wendland, F., Kreins, P., Kuhr, P., Kunkel, R., Tetzlaff, B., Vereecken, H. (2010): Räumlich differenzierte Quantifizierung der N- und P-Einträge in Grundwasser und Oberflächengewässer in Nordrhein-Westfalen unter besonderer Berücksichtigung diffuser landwirtschaftlicher Quellen.- *Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment*, 88: 216 S.

Wisotzky, F. (1994): Untersuchungen zur Pyritoxidation in Sedimenten des Rheinischen Braunkohlenreviers und deren Auswirkungen auf die Chemie des Grundwassers.- *Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch*, 58: 153 S.; Essen.

## **Anlage**

*Anlage 1: Zusammenstellung der relevanten Informationen zu den Nitratkonzentrationen und zum Nitratabbau (Auftreten, Prozesse, Potenzial) für die wichtigsten Grundwasserleiter in den Einzugsgebieten aller Wassergewinnungsstandorte im Tätigkeitsbereich des Erftverbands.*



Wasserversorgungsunternehmen	Wasserwerk / Wassergewinnungsanlage	Brunnen	Horizont	Stockwerk	Bei tieferen Stockw. Kontakt zum OSTW	Nitrat im Rohwasser	Konzentration im Rohwasser [mg/l]	Nitrat-abbau	Bewertung Abbaupotenzial	Abbauprozess
NEW NiederrheinWasser GmbH (Fortsetzung)	WW Gatzweiler	2	16	1		ja	70 (Infiltration)	nein	nicht vorhanden	keiner
		1	8	3	ja	nein	0	ja	unklar	unklar
		0	11D	2	ja	keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
	WW Hoppbruch	4	18	1		ja	20 - 50 (Infiltration)	ja	lokal (an Basis)	unklar
		2	6B	1		nein	0	ja	stabil	lithotroph
	WW Rasseln	1	16	1		ja	75	nein	nicht vorhanden	keiner
		4	6D	3	ja	nein	0	ja	lokal erschöpft	lithotroph
		0	11D	2	ja	keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
		0	8	3	ja	keine Wassergewinnung		ja	stabil	lithotroph
	WW Reststrauch	2	8	3	nein (sehr begrenzt)	nein	0	ja	lokal erschöpft	oph
		0	16	1		keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
		0	11D	2	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung		ja	stabil	unklar
	WW Rheindahlen	2	14	1		ja	60 - 75	nein	nicht vorhanden	keiner
		2	8	3	ja	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	11D	2	ja	keine Wassergewinnung		ja	stabil	unklar
	WW Viersen	1	14	1		ja	70	nein	nicht vorhanden	keiner
		4	8	2	ja	ja	0 - 75	ja	lokal erschöpft	lithotroph
		0	11B	2	ja	keine Wassergewinnung		ja	lokal erschöpft	lithotroph
	WG Amern I und II	5	11B/8	3	ja	ja	0 - 95	ja	stabil	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
		0	11D	2	ja	keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
	WG Boisheim	2	11D	2	ja	ja	90 - 120	nein	nicht vorhanden	keiner
		3	8	3	ja	ja	0 - 130	ja	lokal erschöpft	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
	WG Fuchskuhle	3	16	1		ja	30 - 45	nein	nicht vorhanden	keiner
	WG Lodshof	4	18	1		nein	0	ja	stabil	unklar
	WG Rickelrath	1	8	3	nein (sehr begrenzt)	nein	0	ja	stabil	lithotroph vermutet
0		16	1		keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner	
0		11D	2	ja	keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner	
WG Wiedbusch	3	8	3	nein	nein	0	ja	stabil	lithotroph	
	0	16	1		keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner	
	0	11D	2	ja	keine Wassergewinnung		ja	stabil	unklar	
Gas- und Wasserwerk Grevenbroich GmbH	WW Zweifaltern	1	18	1		ja	15	ja	stabil (Boden)	unklar (Boden)
Currenta GmbH & Co. OHG	WW Tannenbusch	7	19	1		ja	5 - 25	ja	stabil	unklar
Energieversorgung Dormagen GmbH	WW Hackenbroich	2	19	1		ja	10	ja	stabil	unklar
	WG Chorbusch	3	19	1		ja	0 - 10	ja	stabil	organotroph vermutet
RheinEnergie AG	WW Hochkirchen	22	19	1		ja	15 - 50	ja	lokal (an Basis)	unklar
	WW Weiler	29	19	1		ja	15 - 50	ja	lokal (an Basis)	lithotroph
	WG Weißer Bogen	12	19	1		ja	14 - 24	unklar - Uferfiltrateinfluss		
Stadtwerke Hürth AöR	WW Efferen	7	2	2	ja	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	18	1		keine Wassergewinnung		nein	nicht vorhanden	keiner
		0	4	1		keine Wassergewinnung		ja	lokal erschöpft	lithotroph vermutet
Wasserwerk der Gemeinde Titz	WW Titz	2	8	2	nein	nein	0 - 3	ja	stabil	lithotroph vermutet
		0	16	1		keine Wassergewinnung		ja	stabil	unklar
Verbandswasserwerk Aldenhoven GmbH	WW Aldenhoven (Ersatzbrunnen)	3	8/6D	4	nein	nein	0 - 3	ja	stabil	lithotroph vermutet
		0	14	1		keine Wassergewinnung		ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)
		0	10	2	nein	Keine Wassergewinnung		ja	unklar	unklar
		0	9B	3	nein	keine Wassergewinnung		ja	unklar	lithotroph
	WW Niederzier-Hambach	1	14	1		ja	80	nein	nicht vorhanden	keiner
	WW Niederzier-Berg	1	9B	4	nein (sehr begrenzt)	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	14	1		keine Wassergewinnung		ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)
0		12	2	ja	keine Wassergewinnung		unklar – Datenbasis unzureichend			
		0	10	3	ja	keine Wassergewinnung		ja	unklar	lithotroph vermutet

Wasserversorgungsunternehmen	Wasserwerk / Wassergewinnungsanlage	Brunnen	Horizont	Stockwerk	Bei tieferen Stockw. Kontakt zum OSTW	Nitrat im Rohwasser	Konzentration im Rohwasser [mg/l]	Nitrat-abbau	Bewertung Abbaupotenzial	Abbauprozess
Stadtwerke Jülich GmbH	WW Jülich	3	8	5	nein	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	16/14	1		keine Wassergewinnung	ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)	
		0	12	2	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	10	3	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	9B	4	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	unklar – kein anthropogener Einfluss			
Forschungszentrum Jülich GmbH	Flachbrunnen FZ	2	14	1		ja	60 - 80	nein	nicht vorhanden	keiner
	Tiefbrunnen FZ	2	8	5	nein	nein	0 - 3	ja	stabil	lithotroph
		0	16/14	1		keine Wassergewinnung	ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)	
		0	12	2	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	10	3	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
0	9B	4	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	unklar – Datenbasis unzureichend					
Stadtwerke Aachen AG (STAWAG)	WW Reichswald	1	04	1		nein	0	ja	stabil	unklar
energie & wasser vor ort GmbH (enwor)	WW Hastenrather Graben	4	c	2	nein	nein	0	ja	stabil	unklar
		0	05	1		keine Wassergewinnung	ja	stabil	unklar	
Leitungspartner GmbH (Düren)	WW Ellen	3	16/14	1		ja	50 - 60	nein	nicht vorhanden	keiner
	WW Dr. Overhues-Allee	3	19A	1		ja	15 - 20	ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)
Wasserl.-Zweckverband d. Neffeltalgemeinden	Quellen Embken	6 (Qu.)	m, q	1		ja	10	ja	lokal	unklar
	WW Lützhem	2 (+3)	16	1		ja	65	nein	nicht vorhanden	keiner
		1	8	3	nein (sehr begrenzt)	nein	0	ja	lokal erschöpft	unklar
		0	9B	2	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	lokal erschöpft	unklar	
	Tiefbrunnen Gödersheim	1	sm	3	nein	nein	0	nein	nicht vorhanden	keiner
		0	mu	1		keine Wassergewinnung	ja	unklar	unklar	
0		so	2	nein	keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner		
Qu. Gödersheim – In den Bruchb.	1 (Qu.)	s, m, q	1		ja	45 - 50	nein	nicht vorhanden	keiner	
Gemeindewerke Alfter	WW Heidgen	2	8	1		ja	40	nein	nicht vorhanden	keiner
Verbandswasserwerk GmbH Euskirchen	WW Bleibuir	3	sm	2	nein	nein	0	unklar – Datenbasis unzureichend		
		0	so	1		keine Wassergewinnung	ja	lokal	organotroph vermutet	
	WW Eicks	5 (Qu.)	so	1		ja	40 - 75	nein	nicht vorhanden	keiner
		2	sm	2	nein	nein	0	ja	unklar	organotroph
	WW Lommersum – Horizont 8	2	8	2	ja	ja	0 - 15	ja	stabil	lithotroph
		0	16/8	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
	WW Lommersum – Horizont 7A	1	7A	5	nein	nein	0	unklar – Datenbasis unzureichend		
		0	16	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
		0	9B	2	ja	keine Wassergewinnung	ja	unklar	unklar	
		0	8	3	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
	0	7E	4	nein	keine Wassergewinnung	unklar – Datenbasis unzureichend				
	WW Oberelvenich	2	9B	2	ja	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		1	7A	4	ja	nein	0	ja	unklar	unklar
0		16	1		keine Wassergewinnung	ja	lokal	lithotroph		
0		8	3	ja	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph vermutet		
WW Satzvey	2	01/04	2	nein	ja	25 - 50	ja	nahezu erschöpft	lithotroph vermutet	
	0	16	1		keine Wassergewinnung	ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)		
Wasserversorgungsverb. Euskirchen-Swisttal	WW Arloff	2	dm	2	ja	nein	0	ja	lokal	lithotroph
		0	19	1		keine Wassergewinnung	ja	unklar (Boden)	unklar (Boden)	
		0	01	1		keine Wassergewinnung	ja	unklar	unklar	
	WW Heimerzheim	3	8	3	ja	nein	0	ja	lokal (an Basis)	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
		0	9B	2	ja	keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
	WW Ludendorf	1	10	2	ja	ja	0	nein	nicht vorhanden	keiner
		1	8	4	ja	nein	55	ja	lokal	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
...		0	9B	3	ja	keine Wassergewinnung	ja	lokal	lithotroph	

Wasserversorgungsunternehmen	Wasserwerk / Wassergewinnungsanlage	Brunnen	Horizont	Stockwerk	Bei tieferen Stockw. Kontakt zum OSTW	Nitrat im Rohwasser	Konzentration im Rohwasser [mg/l]	Nitrat-abbau	Bewertung Abbaupotenzial	Abbauprozess
Wasservers.-Verb. EU-Swisttal (Fortsetzung)	WW Nöthen	3	dm	1		ja	50	nein	nicht vorhanden	keiner
		2	dm	2	ja	ja	2 - 10	ja	lokal	lithotroph vermutet
	WG Engelbertusbrunnen	1	19	1		ja	20	nein	nicht vorhanden	keiner
	WG Kalkarer Stollen	1	dm	1		ja	30	nein	nicht vorhanden	keiner
Stadtwerke Mechernich	WW Düttling	2	sm	2	ja	ja	5 - 10	nein	nicht vorhanden	keiner
		0	sm	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
	WW Urfey	2	dm	2	ja	ja	10	nein	nicht vorhanden	keiner
		0	dm	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
Wasserbeschaffungsverband Hermesberg	Quellen Hauser Benden	4 (Qu.)	dm	1		ja	35 - 55	nein	nicht vorhanden	keiner
Wasserwerk der Stadt Bad Münstereifel	Wespelequelle	1 (Qu.)	dm	1		ja	20	nein	nicht vorhanden	keiner
RWE Vertrieb AG	WW Glesch	3	8	4	nein (außer Kippe)	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung	ja	lokal (an Basis)	organotroph vermutet	
		0	10	2	nein	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	9B	3	nein	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
	WW Sindorf	7	8	5	nein (außer Kippe)	nein	0	ja	stabil	unklar
		0	16	1		keine Wassergewinnung	ja	lokal (an Basis)	lithotroph	
		0	12	2	nein (sehr begrenzt)	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	10	3	nein	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	9B	4	nein	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
RWE Power AG – Ersatzwassergewinnungsst.	WW Dirmerzheim	11	8	4	ja, Tonausstrich	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung	ja	lokal	unklar	
		0	10	2	ja, Tonausstrich	keine Wassergewinnung	ja	lokal	unklar	
		0	9B	3	ja, Tonausstrich	keine Wassergewinnung	ja	stabil	beide vermutet	
	WW Fürth	24	5 bis 09	3	ja, Flözausstrich	nein	0	ja	stabil	beide vermutet
		0	16/8	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
		0	6D	1		keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	6B	2	ja, Flözausstrich	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
	WW Paffendorf	11	8	4	nein (außer Kippe)	nein	0	ja	stabil	lithotroph
		0	16	1		keine Wassergewinnung	ja	lokal (an Basis)	organotroph vermutet	
		0	10	2	nein	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
		0	9B	3	nein	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph	
	WW Türnich	6	8	4	nein	nein	0	ja	stabil	lithotroph vermutet
		0	16	1		keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
		0	10	2	ja, Tonausstrich	keine Wassergewinnung	nein	nicht vorhanden	keiner	
		0	9B	3	ja, Tonausstrich	keine Wassergewinnung	ja	stabil	lithotroph vermutet	

Tabelle beinhaltet Vereinfachungen, weil Aussagen über das gesamte Einzugsgebiet getroffen werden. Detailbetrachtung im Text.

unklar	Keine Aussage möglich, weil die Datenbasis unzureichend ist, kein anthropogener Einfluss vorliegt oder nahezu reines Uferfiltrat gefördert wird
	Aussage nur für tiefere Stockwerke möglich bzw. notwendig
Keine Wassergewinnung	kein Förderhorizont, aber im Einzugsgebiet verbreitet und von Bedeutung, z. B. überlagernder Horizont oder Zustromgebiet; in diesem Fall Bewertung nach den Förderhorizonten und dann nach den weiteren im Hangenden anschließenden Schichten oder Zwischenmitteln, nicht in lithologischer Folge