

IWW · Moritzstraße 26 · 45476 Mülheim an der Ruhr  
Stadtwerke Greven GmbH  
Saerbecker Straße 77-81  
48268 Greven

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Zeichen	Telefon 0208 · 40303-0	Fax 0208 · 40303-80	Datum
		<b>No/Bm</b> Abschluss- bericht 22-12-09_fuer_pdf.doc	<b>-230/-251</b>		<b>22.12.2009</b>

**”Ausarbeitung eines verfahrenstechnisch und wirtschaftlich  
optimalen Gesamtkonzeptes für die Wasserversorgung  
der Stadtwerke Greven GmbH”**

**- Gutachten zum Angebot Nr.: 10314/2008/20601 -**

**Module 1 - 3**



## Zusammenfassung

Die Diskussion in der Öffentlichkeit zur Belastung von Oberflächengewässern mit anthropogenen Schadstoffen (insbesondere organischen Mikroverunreinigungen wie Arzneistoffe und Industriechemikalien) veranlasste die Stadtwerke Greven GmbH das IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH mit einer Bewertung der Relevanz dieses Themas für das an den Standorten Herbern und Wentrup entnommene Rohwasser zu beauftragen.

Das über fünfzehn Brunnen aus den Sedimenten der Ur-Emsrinne geförderte Wasser enthält je nach Abflusssituation der Ems wechselnde Anteile von uferfiltriertem Emswasser und echtem Grundwasser. Die Aufbereitung des Rohwassers erfolgt im Wasserwerk Wentrup, in dem eine physikalisch-chemische Aufbereitung vorgehalten wird (u. a. Enteisenung und Entmanganung).

Daneben verfolgt die Stadtwerke Greven GmbH seit längerem die Absicht, das nordwestlich der Stadt Münster gelegene Gebiet der Aldruper Mark wasserwirtschaftlich zu erschließen. Die potenzielle Nutzung der dortigen Grundwasservorkommen soll die Betriebsicherheit sowohl aus quantitativer als auch qualitativer Sicht langfristig sichern.

Die hier vorgelegte Studie hat die Ausarbeitung eines wasserwirtschaftlich optimalen Gesamtkonzeptes zum Ziel. Neben der hierfür erforderlichen Gefährdungsabschätzung für die drei Gewinnungsgebiete war eine umfassende hydrochemische Auswertung der im Unternehmen selbst sowie bei zahlreichen externen Stellen vorliegenden Daten erforderlich. Bestehende Datenlücken wurden durch ein auf die Fragestellung abgestimmtes und im Jahr 2009 umgesetztes Gütemonitoring geschlossen.

Es zeigte sich, dass das Jahr 2009 ein für die Bewertung günstiges Jahr war. Die Monate August und September kennzeichnete eine lang anhaltende Niedrigwasserphase, die in dieser Ausprägung in den letzten 30 Jahren nicht aufgetreten ist. Für die am 01.04., 08.07. und 29.09.2009 entnommenen Oberflächen-, Grund- und Rohwasserproben wurden die Konzentrationen zahlreicher wasserwerks- und trinkwasserrelevanter Mikroverunreinigungen bestimmt (u. a. Pharmaka, Flammschutzmittel, Komplexbildner). Die gezielt zu drei verschiedenen Abflusssituationen ermittelten Werte sollten ein repräsentatives Bild über mögliche qualitative Beeinträchtigung

gen der einzelnen Rohwässer liefern. Mit Hilfe der Analysen verschiedener anderer Wasserinhaltsstoffe (Gadolinium etc.) konnten wichtige Aussagen zu den jeweiligen Eintragspfaden und Uferfiltratanteilen sowie zur Elimination der organischen Verbindungen durch die Untergrundpassage getroffen werden.

Für das Grundwassergewinnungsgebiet in der Aldruper Mark lagen Beschaffenheitsdaten aus den Jahren 2004 bis 2007 vor, die in Verbindung mit den ebenfalls vorhandenen umfassenden hydraulischen Betrachtungen eine erste Abschätzung der Chancen und Risiken einer wasserwirtschaftlichen Erschließung ermöglichte. Hierbei zeigte sich, dass für eine abschließende Bewertung wichtige Informationen zur Größenordnung und Entwicklung der Grundwasserqualität fehlten. Ein entsprechend ausgearbeitetes Monitoringkonzept wurde in seiner Umsetzung bis zur Vorlage der Bewertungen für die Gewinnungen in Herbern und Wenstrup zurückgestellt.

Die Auswertung der in den einzelnen Gewinnungsgebieten bestehenden Gefährdungspotenziale ergab für die diffusen, d. h. aus der jeweiligen Flächennutzung resultierenden Belastungen folgendes Bild:

1. In den Gebieten Herbern und Wenstrup besteht ein insgesamt geringes Gefährdungspotenzial. Das landseitig zuströmende bzw. im Wasserschutzgebiet versickernde Grundwasser wies in allen Punkten eine sehr gute Qualität auf. Mikroverunreinigungen wurden nicht nachgewiesen (Messungen im Zustrom von insgesamt vier Grundwassermessstellen, 08.07.2009).
2. Deutlich schlechter stellte sich die potenzielle, vermutlich aber auch tatsächliche Belastung der Grundwasserqualität im Gebiet Aldruper Mark dar. Es liegen Hinweise vor, dass die gebietsspezifische intensive ackerbauliche Nutzung in Verbindung mit den applizierten Wirtschaftdüngern (Schweinegülle) zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Grundwasserqualität führt. Ungünstige standortkundliche Merkmale verschärfen die Situation (ca. 60 % der Einzugsgebietsfläche Flurabstand < 8 dm, flächengewichtetes Wasserspeichervermögen ca. 80 mm).

Die Qualität des oberflächennahen Grundwassers ist gebietsweise so schlecht, dass mit Hilfe einfacher Aufbereitungsschritte kein Trinkwasser erzeugt werden kann, welches den Anforderungen der Trinkwasserverordnung genügt (z. B. Chlorid max. 1.220 mg/l, Sulfat max. 920 mg/l, Leitfähigkeit max. 5.900  $\mu$ S/cm). Die Belastungen traten an mehreren Stellen auf, was vermuten lässt, dass es sich zumindest um meh-

riere punktuelle Einträge handelt. Die erhöhten Zink-Konzentrationen lassen als Belastungsursache den Eintrag von Schweingülle vermuten.

Die Qualität des tiefen und potenziell wasserwirtschaftlich genutzten Grundwassers ist zum jetzigen Zeitpunkt gut. Hydrochemische Tiefenprofile belegen, dass einzelne Belastungsspitzen bis in eine Tiefe von ca. 15 - 20 m vorgedrungen sind. Eine hydraulische Verbindung zwischen dem 1. und 2. Grundwasserstockwerk ist nicht nur für die Stellen nachgewiesener geologischer Fenster zu vermuten. Ob eine qualitative Verschlechterung durch eine zukünftige wasserwirtschaftliche Nutzung verstärkt wird, ist unklar. Ohne die Ergebnisse des vorgeschlagenen Gütemonitorings (evtl. in Verbindung mit einem weiteren Pumpversuch) kann keine abschließende Beurteilung der geplanten Rohwasserentnahme in der Aldrufer Mark erfolgen.

Nicht zuletzt aus diesem Grund erlangte die Frage nach der Relevanz einer möglichen Belastung der an den Standorten Herbern und Wentrup geförderten Rohwässer mit Mikroverunreinigungen einen für den Auftraggeber hohen Stellenwert. Um hier eine belastbare und für das angefragte Wasserversorgungskonzept tragfähige Antwort zu liefern, wurde im Jahr 2009 ein im Rahmen des Projektes entwickeltes Messkonzept umgesetzt.

In Verbindung mit zahlreichen Messwerten externer Einrichtungen (z. B. LANUV NRW, Wasserversorgungsunternehmen an der Ems) konnte gezeigt werden, dass je nach Abflusssituation unterschiedlich hohe Konzentrationen der wasserwirtschaftlich relevanten organischen Spurenstoffe in der Ems gemessen wurden. Für den pharmazeutischen Wirkstoff Carbamazepin, das Flammschutzmittel TCPP sowie den Komplexbildner EDTA waren die Konzentrationen in der Ems zeitweilig so hoch, dass die Stoffe auch in einzelnen Rohwässern nachweisbar waren (maximal 0,1 µg/l Carbamazepin, 0,14 µg/l TCPP sowie 4,9 µg/l EDTA). Für die ebenfalls untersuchten Rohmischwässer lagen die Werte für Carbamazepin ausschließlich unter der Bestimmungsgrenze (= 0,04 µg/l), für TCPP und EDTA wurden Maximalkonzentrationen von 0,091 µg/l bzw. 3,9 µg/l ermittelt. Zu beachten ist, dass zum Zeitpunkt der Beprobung der Rohmischwässer alle Brunnen der jeweiligen Gewinnung in Betrieb waren.

Die ebenfalls temporär in der Ems detektierten Stoffe Amidotrizoesäure, Iohexol, Iomeprol und Iopamidol (alle Röntgenkontrastmittel), Metoprolol (Betablocker), Sulfamethoxazol (Makrolide, Sulfonamide), TCEP (Flammschutzmittel) und NTA (Kom-

plexbildner) wurden in niedrigeren Konzentrationen bestimmt, so dass die Konzentrationen dieser Stoffe im Jahr 2009 in den Roh- und Rohmischwässern ausschließlich unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze lagen (Ausnahme: Iopamidol, hier jedoch gute Elimination während der Untergrundpassage).

Die Messwerte zeigen, dass die Einzelbrunnen der Gewinnungen Herbern und Wentrup unterschiedlich stark belastet sind (z. B. Herbern: EB XI > EB XIII sowie Wentrup: EB V > EB XV). Die Belastung der Brunnen in Wentrup ist tendenziell etwas höher als die in Herbern. Mit Hilfe der Bestimmung von Gadolinium-Konzentrationen wurde ein maximaler Uferfiltratanteil von 43 % bestimmt (Herbern, EB V, Messung vom 29.09.2009). Die stoffspezifische Elimination während der Untergrundpassage variierte zwischen < 20 % (EDTA) und 100 % (Carbamazepin).

Die Verdünnung durch unbelastetes Grundwasser sowie die Elimination während der Untergrundpassage bedingte eine Konzentrationsminderung, die für die Stoffe Carbamazepin und TCPD ausreichte, die im Rohmisch- bzw. Trinkwasser einzuhaltenen Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) sicher einzuhalten. Für EDTA zeigte eine worst-case-Betrachtung unter der Annahme maximaler, in den letzten 13 Jahren gemessenen EDTA-Konzentrationen der Ems (33 µg/l, Probe vom 11.11.2008) und minimaler Minderung durch Verdünnung und Elimination (21 %), dass eine Überschreitung des GOW (= 10 µg/l) in einzelnen Rohwässern nicht auszuschließen ist (z. B. Wentrup, EB V). Im Jahr 2009 trat diese Situation trotz der oben erwähnten und für die Fragestellung günstigen Abflusssituation nicht auf (maximale EDTA-Konzentration: 4,9 µg/l, EB V, Messung vom 29.09.2009).

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine entsprechende Überschreitung des GOW für EDTA im Rohmisch- bzw. Trinkwasser eintritt und damit ein gesundheitliches Risiko besteht, ist gering. Eine aufbereitungstechnische Lösung zur weiteren Senkung der im Rohmisch- und Trinkwasser phasenweise in Spuren vorliegenden Konzentrationen der Mikroverunreinigungen Carbamazepin, TCPD und EDTA erscheint nicht verhältnismäßig. Vielmehr sollten neben der Reduzierung der Einträge in die Ems die weiteren, im Gutachten genannten Minimierungsstrategien verfolgt werden (z. B. Niedrigwassermanagement der Brunnenschaltung, Brunnenneubau an emsfernen Standorten, gegebenenfalls wasserwirtschaftliche Erschließung Aldruper Mark). Daher kann an dem bestehenden Aufbereitungskonzept aus der Kombination naturnaher (Uferfiltration) und physikalisch-chemischer Aufbereitungsschritte (Enteisung, Entmanganung) festgehalten werden.

Der Bau neuer, emsferner Brunnen dient dabei nicht nur der Reduzierung möglicher Mikroverunreinigungen im Rohmisch- bzw. Trinkwasser, sondern stellt zugleich ein weiteres Element zur Verbesserung der Betriebssicherheit bei Hochwasser dar, ein Aspekt, der am Schluss des hier vorgelegten Gutachtens erörtert wurde.

Die für die Wassergewinnungen Herbern und Wentrup vorgenommene Bewertung ist nicht auf andere Gewinnungen an der Ems zu übertragen. Dieser Hinweis resultiert aus den vermutlich abweichenden Randbedingungen (z. B. Hydrochemie und / oder Untergrundpassage) bzw. den hiermit verbundenen variierenden Eliminationsraten.

Anmerkungen zu möglichen Änderungen im wasserrechtlichen Vollzug hinsichtlich der Einhaltung von Umweltqualitätsnormen in Oberflächengewässern (Stand: Mai 2010): Für die weitere Diskussion der in diesem Gutachten dargestellten Ergebnisse und der daraus abzuleitenden Handlungsoptionen für die Stadtwerke Greven GmbH sei hier vorab auf mögliche Änderungen im Wasserrecht hingewiesen.

- Die Bundesregierung veröffentlichte am 29.03.2010 einen Entwurf der „Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer“, in der für eine Vielzahl an organischen und anorganischen Wasserinhaltsstoffen Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des ökologischen Zustandes und des ökologischen Potenzials festgelegt sind. In § 7 (Anforderungen an Oberflächengewässer, die der Trinkwassergewinnung dienen) ist ein Vorschlag des Landes NRW integriert, in dem ein Bewertungskonzept auf Basis Gesundheitlicher Orientierungswerte (GOW) aufgeführt ist. Eine Überschreitung des festgelegten Prüfwertes und der stoffbezogenen Zielwerte hat nicht nur Bewirtschaftungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Eintragsquellen des betrachteten Stoffes zur Folge, sondern es sind auch technische Maßnahmen an der betroffenen Wasserversorgungsanlage zu treffen.
- Laut Aussagen des LANUV NRW wird derzeit die Rohwasserüberwachungsrichtlinie des Landes NRW vom 12.03.1991 novelliert. Für Wasserversorgungsunternehmen, die Oberflächenwasser über Uferfiltration oder künstliche Grundwasseranreicherung zur Trinkwasserproduktion nutzen, könnten sich die folgenden Änderungen ergeben: 1. Der Ort der Entnahme des Rohwassers wird das Oberflächengewässer sein. 2. Die Zielwerte müssen im Rohwasser, also im Oberflächengewässer, ohne Berücksichtigung einer weiteren möglichen Elimination durch die Untergrundpassage eingehalten werden. 3. Die Parameter der

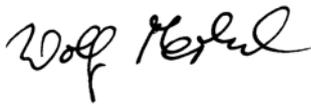
Gruppen I und II werden erweitert, vermutlich um wasserwerks- und trinkwasserrelevante organische Spurenstoffe.

- Das Umweltministerium NRW bereitet derzeit einen Erlass zur Verminderung der Schadstoffemissionen in Oberflächengewässer vor. Bei einer Überschreitung von Zielwerten im Oberflächengewässer sollen insbesondere Maßnahmen auf der Emissionsseite (z. B. an kommunalen Kläranlagen) ergriffen werden.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser  
Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

i. V.

i. A.



Dr.-Ing. W. Merkel



Dr. A. Bergmann



C. Nolte

---

**Bearbeitung bei IWW:**

Projektleiter: Dr. A. Bergmann

Sachbearbeiter: Dipl.-Geogr. C. Nolte

**Ansprechpartner des Auftraggebers:** Dipl.-Ing. C. Glanemann

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Hintergrund</b>	<b>1</b>
1.1	Projektziele	3
1.2	Auftrag und Projektdurchführung	4
<b>2</b>	<b>Beschreibung des Untersuchungsgebietes</b>	<b>8</b>
2.1	Lage, Klima und Wassergewinnungsgebiet	8
2.2	Hydraulische Situation	12
2.3	Flächennutzung	17
2.4	Bodenkundliche Standortverhältnisse	18
2.5	Hydrologie	20
2.6	Hydrogeologische Standortverhältnisse	25
2.6.1	Wassergewinnung Wentrup/Herbern	25
2.6.2	Potenzielle Wassergewinnung Aldruper Mark	26
2.7	Gefährdungspotenziale	28
2.7.1	Lineare und diffuse Einträge	28
2.7.2	Punktuelle Einträge	31
2.7.2.1	Kommunale Kläranlagen	31
2.7.2.2	Industriell-gewerbliche Direkteinleitungen	32
<b>3</b>	<b>Größenordnung und Entwicklung der hydrochemischen Parameter</b>	<b>34</b>
3.1	Bewertung der Qualität der kommunalen Abwässer	34
3.2	Bewertung der Qualität der industriell-gewerblichen Abwässer	36
3.3	Bewertung der Emswasserqualität	37
3.4	Bewertung der Grund- und Rohwasserbeschaffenheit der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup	44
3.4.1	Messkonzept	44
3.4.2	Parameter der Rohwasserüberwachungsrichtlinie	46
3.4.3	Organische Spurenstoffe	48
3.4.3.1	Detailanalyse EDTA und stoffspezifische Bewertung der Elimination	59
3.5	Bewertung der Grundwasserqualität im potenziellen Gewinnungsgebiet Aldruper Mark	64
3.6	Bewertung der zeitlichen Entwicklung der Trinkwasserbeschaffenheit	76
3.6.1	Mikrobiologische Parameter (Teil I)	76

3.6.2	Chemische Parameter (Anlage 2, Teil I)	76
3.6.3	Chemische Parameter (Anlage 2, Teil II)	77
3.6.4	Indikatorparameter	78
<b>4</b>	<b>Hochwassergefährdung der wasserwirtschaftlichen Anlagen der Stadtwerke Greven GmbH</b>	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise</b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>92</b>

## 1 Einleitung und Hintergrund

Die Stadtwerke Greven GmbH versorgen rund 30.000 Einwohner im Stadtgebiet sowie in den Ortteilen Reckenfeld, Gimfte, Schmedehausen und den Flughafen Münster-Osnabrück mit Trinkwasser. Das Rohwasser zur Produktion von ca. 1,8 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Jahr (2008) wird über vier Vertikalfilterbrunnen in dem Wassergewinnungsgebiet Herbern und elf Brunnen im Gewinnungsgebiet Wentrup westlich und östlich der Ems aus den Sedimenten der Ur-Emsrinne entnommen (= Wassergewinnung Herbern / Wentrup).

Ein bestimmter Anteil des geförderten Rohwassers besteht aus Uferfiltrat, also einem (Oberflächen-)Wasser, das auf der Passage vom Oberflächengewässer zur Rohwasserentnahmestelle Reinigungsprozessen unterliegt. Zusätzlich fließt den Brunnen echtes Grundwasser zu, das ausschließlich landseitig gebildet wurde. Das in Herbern und Wentrup entnommene Rohwasser enthält je nach Abflussverhältnissen in der Ems wechselnde Anteile von Uferfiltrat und echtem Grundwasser. Die Aufbereitung des Rohwassers erfolgt im Wasserwerk Wentrup, in dem eine Enteisenung und Entmanganung, aber keine Enthärtung erfolgt.

Die Stadtwerke Greven GmbH beabsichtigt, zur Sicherstellung der Wasserversorgung die Trinkwasseraufbereitungsleistung langfristig zu erweitern. Als Ergänzung zur bestehenden Nutzung von uferfiltriertem Grundwasser in Herbern und Wentrup ist eine Rohwassergewinnung in der Aldruper Mark geplant (= Wassergewinnung Aldruper Mark). Voruntersuchungen ergaben, dass aus diesem Gebiet - es existiert bisher weder ein Wasserrecht noch ein festgesetztes Wasserschutzgebiet (WSG) - maximal ca. 560.000 m<sup>3</sup>/a Grundwasser aus den Sedimenten des Münsterländer Kiessandzuges gefördert werden können. Im Unterschied zur Gewinnung Herbern / Wentrup würde hier ausschließlich echtes Grundwasser entnommen. Aufgrund der begrenzten Fördermenge kann die potenziell neue Gewinnung Aldruper Mark nur als Ergänzung zu den bestehenden Wassergewinnungen in Herbern und Wentrup angesehen werden.

Viele Fließgewässer dienen neben der Trink- und Brauchwassergewinnung auch als Vorfluter für die Einleitung gereinigter häuslicher und gewerblicher Abwässer. In diesen Abwässern sind anthropogene organische Mikroverunreinigungen enthalten, die durch eine Abwasserbehandlung nach geltenden Anforderungen nicht oder nur unzureichend entfernt werden. Aufgrund ihrer physiko-chemischen Stoffeigenschaften (zum Teil hohe Polarität und Persistenz sowie geringer bis kein Abbau/Rückhalt) be-

sitzen einige Wasserinhaltsstoffe eine Wasserwerks- und Trinkwasserrelevanz, wobei diese in Abhängigkeit von den auftretenden Konzentrationen und der spezifischen Konstellation der Wassergewinnung unterschiedlich ausfallen kann.

Grundsätzlich gilt, dass das Rohwasser so beschaffen sein soll, dass es den Wasserwerken möglich ist, mit natürlichen oder naturnahen Aufbereitungsverfahren das Rohwasser zu Trinkwasser aufzubereiten. Als natürliche und naturnahe Aufbereitungsverfahren werden die künstliche Grundwasseranreicherung, die Uferfiltration und die Langsandsandfiltration angesehen **/1/ /2/**. Wissenschaftliche Untersuchungen und die Erfahrungen von Wasserversorgungsunternehmen bei der Trinkwasserproduktion aus oberflächenwasserbeeinflussten Rohwässern zeigen, dass bestimmte organische Spurenstoffe durch diese Aufbereitungsverfahren nicht (vollständig) entfernt werden und damit in das Trinkwasser gelangen können. Zu diesen so genannten trinkwasserrelevanten Stoffen gehören z. B. die perfluorierten Tenside PFOA und PFOS, die Komplexbildner EDTA und DTPA, die Flammschutzmittel TCEP und TCPP sowie bestimmte Arzneistoffe (u. a. Carbamazepin, Diclofenac) und Röntgenkontrastmittel (u. a. Iopamidol, Amidotrizoesäure).

Für die genannten Stoffe existieren weder für die zur Trinkwasserproduktion genutzten Oberflächengewässer noch für das Trinkwasser selbst gesetzlich festgesetzte Höchstkonzentrationen (z. B. Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) **/3/** etc.). Einige Verbände und Arbeitsgemeinschaften der Wasserwirtschaft formulierten in der jüngsten Vergangenheit jedoch Zielvorstellungen für die Beschaffenheit von Oberflächenwasser, die geeignet sein sollen, eine sichere Trinkwasserversorgung dauerhaft zu gewährleisten **/4/**. Für die anthropogenen naturfremden Stoffe werden Zielwerte zwischen 5 µg/l für Komplexbildner und 0,1 µg/l für PFT und Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PBSM) vorgegeben.

Aus gesundheitlicher Sicht existiert eine Empfehlung des Umweltbundesamtes zur Bewertung der Anwesenheit nicht oder nur teilbewertbarer Stoffe im Trinkwasser **/5/ /6/**. Ihr zufolge signalisiert die Unterschreitung eines pauschalen gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW) von 0,1 µg/l gesundheitliche Sicherheit gegenüber allen nicht weiter bewertbaren, jedoch nur schwach bis nicht genotoxischen trinkwassergängigen Stoffen. Je nach toxikologischer Datenbasis des betrachteten Stoffes kann der gesundheitliche Orientierungswert auf dauerhaft hinnehmbare Konzentrationen von zum Beispiel 0,3 µg/l (u. a. Carbamazepin) oder 10 µg/l (u. a. EDTA) erhöht werden, ohne dass es hierdurch zu einer gesundheitlichen Gefährdung der mit Trinkwasser versorgten Bevölkerung käme. Er wird unter der Mindestanforderung festge-

legt, dass bei lebenslangem Genuss von 2 Litern Trinkwasser pro Tag keine Überschreitung eines nach gesellschaftlichem Konsens duldbares Risiko für die Konsumenten auftritt.

Für Spurenstoffe ohne humantoxikologische Bewertung wird aus Sicht der Vorsorge ein pauschaler Wert von 0,1 µg/l vorgeschlagen (= trinkwasserhygienischer Vorsorgewert *171*). Liegen weitergehende humantoxische Bewertungen für Einzelstoffe vor, werden die oben erwähnten GOW's entsprechend dem Wissensstand festgesetzt (z. B. 3 oder 10 µg/l). Der Vorsorgewert kann somit als Untergrenze und der GOW als Obergrenze eines Zielwertbereichs verstanden werden. Beide Größen sind auf das an den Verbraucher abgegebene Trinkwasser anzuwenden.

Die derzeit diskutierten gesundheitlichen Orientierungswerte sind neben ihrer rein toxikologischen Bedeutung auch aus Sicht der Trinkwasserrelevanz als Höchstwerte zu verstehen. Dies bedeutet, dass ihre Einhaltung im Roh- und Trinkwasser nicht nur ein aus fachlicher Sicht angemessenes Aufbereitungskonzept rechtfertigt, sondern die genannten Werte zugleich den Rahmen für einen Kompromiss unterschiedlicher gesellschaftlicher Ansprüche an die Abgabe von Trinkwasser bilden (z. B. Ästhetik, Appetitlichkeit, Preis).

## 1.1 Projektziele

Die Diskussion in der Öffentlichkeit zur Belastung von Oberflächengewässern mit anthropogenen Schadstoffen (insbesondere organischen Mikroverunreinigungen wie Arzneistoffe und Industriechemikalien) und der Nachweis von derartigen Substanzen im Trinkwasser verschiedener Wasserwerke mit natürlich oder naturnah aufbereitetem Oberflächenwasser veranlasste die Stadtwerke Greven GmbH, vor einer langfristigen Entscheidung zum zukünftigen Wasserversorgungskonzept, das IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (kurz: IWW) bei der Planung um Unterstützung zu bitten.

Das Ziel ist die Ausarbeitung eines verfahrenstechnisch und wirtschaftlich optimalen Gesamtkonzeptes für die Wasserversorgung der Stadtwerke Greven GmbH zur langfristigen Sicherung einer ausreichenden Quantität und Qualität des aufbereiteten Trinkwassers. Dieses beinhaltet eine Minimierung der möglichen Belastung des Trinkwassers mit Schadstoffen, die über verschiedene diffuse und punktuelle Quellen in die Ems, aber auch ins landseitige Grundwasser eingetragen werden können. Zudem war die Ausgangssituation im potenziell neuen Gewinnungsgebiet Aldruper Mark zu recherchieren und zu prüfen, ob hier langfristig ein qualitativ hochwertiges

Rohwasser gewonnen werden kann. Neben der Bewertung der aktuell entnommenen bzw. potenziell gewinnbaren Rohwässer sollten die speziellen Rahmenbedingungen und Aufbereitungsziele definiert werden.

## 1.2 Auftrag und Projektdurchführung

Vor dem Hintergrund der oben gemachten Ausführungen beauftragte die Stadtwerke Greven GmbH das IWW mit Schreiben vom 02.02.2009 im Rahmen der Erstellung eines fachlichen Gutachtens folgende Aspekte zu bearbeiten:

- Beschreibung der Untersuchungsgebiete (unter Verwendung der vorhandenen Informationen zur Lage, Boden, Relief, Hydrologie, Nutzung)
- Auswertung der vorliegenden bzw. im Rahmen des Projektes zu erhebenden Wasserbeschaffenhheitsdaten (Wasserqualitäten der wichtigsten Einleitungen, der Ems, des landseitigen Zustroms im Gebiet Herbern / Wentrup, der Rohwässer, des produzierten Trinkwassers sowie des Grundwassers im Gebiet Aldruper Mark; dabei sind die wichtigsten Stammdaten, das Abflussgeschehen sowie die natürlichen Eliminationsprozesse zu berücksichtigen)
- Auswertung der die Gewässergüte beeinflussenden Standorteigenschaften; Ausweisung von Standorten mit unterschiedlichen Gefährdungspotenzialen (Auswaschung, Erosion, Abschwemmung etc.)
- Auswertungen zum Einfluss der Nutzungen in den Einzugsgebieten auf die Gewässerqualität unter Einbeziehung der Aspekte Land- und Forstwirtschaft, Siedlungen, Abwasser, Niederschlagswasser, Abfall, Ablagerungen etc.
- Bewertung der sich aus den gebietsspezifischen Standort- und Nutzungsmerkmalen ergebenden tatsächlichen und potenziellen Gefährdungen
- Erstellung und Umsetzung eines geeigneten Messkonzeptes zur Verdichtung der oben genannten hydrochemischen Daten, Benennung von gegebenenfalls notwendigen weiteren Untersuchungen sowie Bewertung von realistischen Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge
- Erstellung eines Abschlussberichtes (inkl. thematischer Karten).

Die relevanten Daten zu den in den Einzugsgebieten bestehenden hydrologischen, standort- und nutzungsspezifischen und qualitativen Verhältnissen wurden zusammengetragen, ausgewertet und bewertet. Die Ergebnisse sind in dem hier vorgelegten Gutachten dokumentiert.

In einem ersten Schritt wurden alle zur Qualität der Ems vorliegenden Daten gesichtet. Es wurden sowohl die beim Auftraggeber auch bei weiteren, im Oberstrom liegenden Wasserversorgungsunternehmen vorhandenen Daten zusammengetragen **/8/**. Zusätzlich wurden die beim Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) vorgehaltenen Daten angefragt und ausgewertet **/9/**. Dieser Datenbestand wurde um Literaturdaten ergänzt (EU-WRRL, Berichte zur Abwasserbehandlung und stoffspezifische Dokumentationen wie z. B. Carbamazepin und EDTA **/10/ /11/ /12/ /13/**).

Parallel hierzu wurden die beim Auftraggeber vorliegenden Qualitätsdaten zur Grund- und Rohwasserbeschaffenheit der Wassergewinnung Herbern / Wentrup sowie zur Trinkwasserqualität des Wasserwerkes Wentrup ausgewertet **/14/**. Hierbei zeigte sich, dass zu den zu bewertenden wasserwerks- und trinkwasserrelevanten Mikroverunreinigungen im Grund-, Roh- und Trinkwasser keine Messwerte vorlagen. Die Datenlage zur Größenordnung und zeitlichen Entwicklung der Konzentrationen von Mikroverunreinigungen in der Ems war aufgrund der umfassenden Untersuchungen externer Einrichtungen relativ gut. Zum Lückenschluss und unter Kenntnis der bis zu diesem Zeitpunkt gesammelten Informationen zur Belastung der Ems wurde im Frühjahr 2009 ein geeignetes Messkonzept aufgestellt. Für die im Jahr 2009 aufgetretenen Abflusssituationen Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser wurden entsprechende Probenahmen terminiert (01.04., 08.07. und 29.09.2009; Monitoring Ems **/15/**). Mit Hilfe der so gewonnenen Daten sollte die Relevanz der in der Ems beobachteten Belastungen für die Wassergewinnungen des Auftraggebers bewertet werden.

Neben den qualitativen Daten wurden die wichtigsten quantitativen Daten von verschiedenen Institutionen zusammengetragen und ausgewertet (**/16/ /17/ /18/ /19/ /20/ /21/ /22/ /23/**), z. B.

- Abfluss Ems für die Jahre 1941 - 2009, gemessen an den Pegeln Einen, Greven und Rheine,
- Niederschlag für die Jahre 1991 - 2009, gemessen an den Stationen Greven und Münster-Greven,
- Förderung der Entnahmebrunnen in Herbern und Wentrup in den Jahren 1996 - 2008,
- Grundwassergleichenplan zur Situation im August 2008 und

- Auswertungen und Gutachten zur hydraulischen Situation, insbesondere zur Quantifizierung des anzunehmenden Uferfiltratanteils.

Zusätzlich wurden die potenziellen Eintragsquellen von anthropogenen Schadstoffen in die Ems recherchiert, wobei der Schwerpunkt auf den im Untersuchungsgebiet betriebenen kommunalen Kläranlagen lag /10/ /24/. Schließlich sollte das Potenzial einer Verkeimung des Roh- und Trinkwassers insbesondere bei Hochwasserereignissen beurteilt werden.

Die geplante Nutzung des potenziellen Wassergewinnungsgebietes Aldruper Mark setzte neben umfangreichen hydrogeologischen und hydraulischen Auswertungen insbesondere die Charakterisierung des Einzugsgebietes unter dem Aspekt der Gefährdung des Grundwassers durch punktuelle und diffuse Schadstoffeinträge voraus /25/ /26/ /27/. Hierzu zählten neben der landwirtschaftlichen Flächennutzung mögliche Belastungen aus Gewerbe, Siedlungsflächen, Abwassereinleitungen, Verkehr und Freizeitaktivitäten (Golfplätze, Schießanlagen, Badegewässer etc.). Die vorliegenden chemischen Beschaffenheitsdaten aus den drei oben zitierten Arbeiten wurden im Frühjahr 2009 um weitere Messwerte externer Stellen ergänzt /28/.

Die Sichtung und Bewertung dieser Daten ergab, dass im Gebiet Aldruper Mark ein zu diesem Zeitpunkt nicht weiter zu quantifizierendes Gefährdungspotenzial für die Qualität des oberflächennahen Grundwassers bestand. Aus diesem Grund wurde dem Auftraggeber die Umsetzung weiterer hydrochemischer Untersuchungen vorgeschlagen (Monitoring Aldruper Mark /29/). Die hier formulierten Arbeiten sollten zum einen die Ursache der stark erhöhten Stoffkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser aufdecken. Zum anderen war die Möglichkeit eines Vordringens des qualitativ schlechten und für die Trinkwassergewinnung ungeeigneten Wassers in den tieferen und potenziell wasserwirtschaftlich genutzten Aquifer zu prüfen. Gemeinsam wurde entschieden, dass die für die Bewertung des potenziellen Gewinnungsgebietes Aldruper Mark wichtigen Untersuchungen erst nach Abschluss der Arbeiten für die Wassergewinnungen Herbern / Wentrup umgesetzt werden sollen. Dies ist auch der Grund, warum mit dem hier vorgelegten Gutachten ausschließlich die Erkenntnisse zum Belastungsbild der Aldruper Mark erläutert werden.

Die im IWW-Angebot vom 19.12.2008 angebotenen Module 4 - 7

- Definition von Aufbereitungszielen mit und ohne Nutzung der potenziellen Wassergewinnung Aldruper Mark,

- verfahrenstechnische Aufbereitung und Mischbarkeit,
- Variantenstudie zum Wasserversorgungskonzept sowie
- Bericht und Präsentation

werden zu einem späteren Zeitpunkt bearbeitet, vorbehaltlich der folgenden Ausführungen zu den Gewinnungen Herbern / Wentrup und den im Rahmen des Monitorings Aldruer Mark durchzuführenden Erhebungen. Auf Grundlage der dann vorliegenden Erkenntnisse zu den Gefährdungspotenzialen, zur Wasserbeschaffenheit und den heutigen bzw. zukünftigen Wassergewinnungen soll ein langfristig tragfähiges Aufbereitungskonzept zur Gewährleistung einer dauerhaften und nachhaltigen Nutzung von (uferfiltriertem) Grundwasser zur Trinkwasserproduktion im Wasserwerk Wentrup ausgearbeitet werden. Hierbei werden in Abhängigkeit von den jeweiligen Belastungen verschiedene Aufbereitungstechniken hinsichtlich ihrer Effizienz bei der Entfernung von Schadstoffen sowie ihrer Investitions- und Betriebskosten miteinander verglichen. Der Variantenvergleich soll die Aussage ermöglichen, welche Variante für die Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen und nachhaltigen Trinkwasserversorgung die wirtschaftlichste ist.

## 2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

### 2.1 Lage, Klima und Wassergewinnungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet wurden die Ems-Teileinzugsgebiete "Ems-Hauptfluss" und "Ems-linker Zuflüsse" ausgewählt /30/ /31/. Im Osten erstreckt sich das ca. 2.160 km<sup>2</sup> große Gebiet bis zur Stadt Warendorf (Ems-Kilometer 296), die nordwestliche Grenze reicht bis etwa nördlich der Stadt Rheine (Ems-Kilometer 206, **Karte 1, Anhang**). Damit geht das Bearbeitungsgebiet weit über die zu bewertenden Einzugsgebiete der Gewinnungen Herbern / Wentrup (= Ems-Kilometer 247) sowie der potenziellen Gewinnung Aldruper Mark hinaus. Ausschlaggebend für die Festlegung des genannten Bearbeitungsgebietes war die Überlegung, auf diesem Wege möglichst viele Emissionsquellen für potenziell relevante Schadstoffe in die Ems bzw. Messeinrichtungen berücksichtigen zu können.

Naturräumlich ist der genannte Bereich dem Zentralen Münsterland bzw. dem Ostmünsterland zuzuordnen /32/. Beide Einheiten sind Teil der Westfälischen Bucht, in der ca. 2.000 m mächtige Kreideschichten unter glazialen, fluviatilen und äolischen Sedimenten lagern. Letztere weisen eine Mächtigkeit von bis zu 30 m auf und sind für die folgenden Betrachtungen die maßgebliche geologische Einheit. Entlang der Ems sind ausgedehnte Ablagerungen von Schmelzwassersanden und Terrassen- bzw. Talsanden zu finden. Im Zentralen Münsterland - und damit auch im Gebiet Aldruper Mark - treten neben den Sanden eiszeitlich entstandene Formationen auf, sodass hier auch eingeschaltete Lagen von (Geschiebe-)Mergel und Lehm anzutreffen sind.

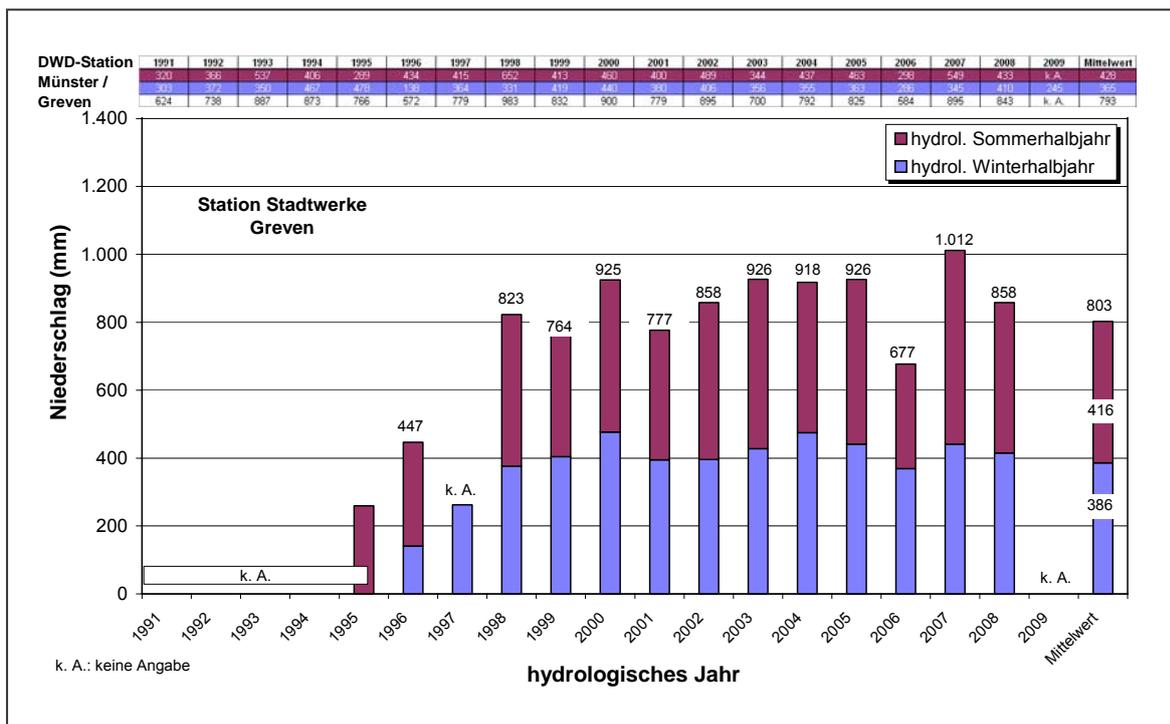
Die Ems entspringt im Osten der Westfälischen Bucht in der Senne und mündet nach ca. 371 km Fließstrecke in den Dollart (Nordsee). Das Ems-Einzugsgebiet umfasst ca. 13.160 km<sup>2</sup>, davon liegen ca. 4.135 km<sup>2</sup> in Nordrhein-Westfalen /11/ /33/ /34/. Der Ems strömen die Nebengewässer Beilbach, Hessel, Musselbach, Bever, Werse, Münstersche Aa, Temmings Mühlenbach, Glane, Saerbecker Mühlenbach, Emsdetender Mühlenbach und Frischhofsbach zu. Die Nennung der im Untersuchungsgebiet anzutreffenden wichtigsten Zuflüsse erfolgte entsprechend der Fließrichtung des Hauptgewässers von Osten nach Nordwesten /35/ /36/.

Das festgesetzte Wasserschutzgebiet der Gewinnung Herbern und Wentrup umfasst insgesamt eine Fläche von ca. 5,55 km<sup>2</sup> (= 555 ha). In diesem Gebiet wurde eine ca. 8 ha große Wasserschutzzone I, eine rund 43 ha große Zone II und eine 504 ha gro-

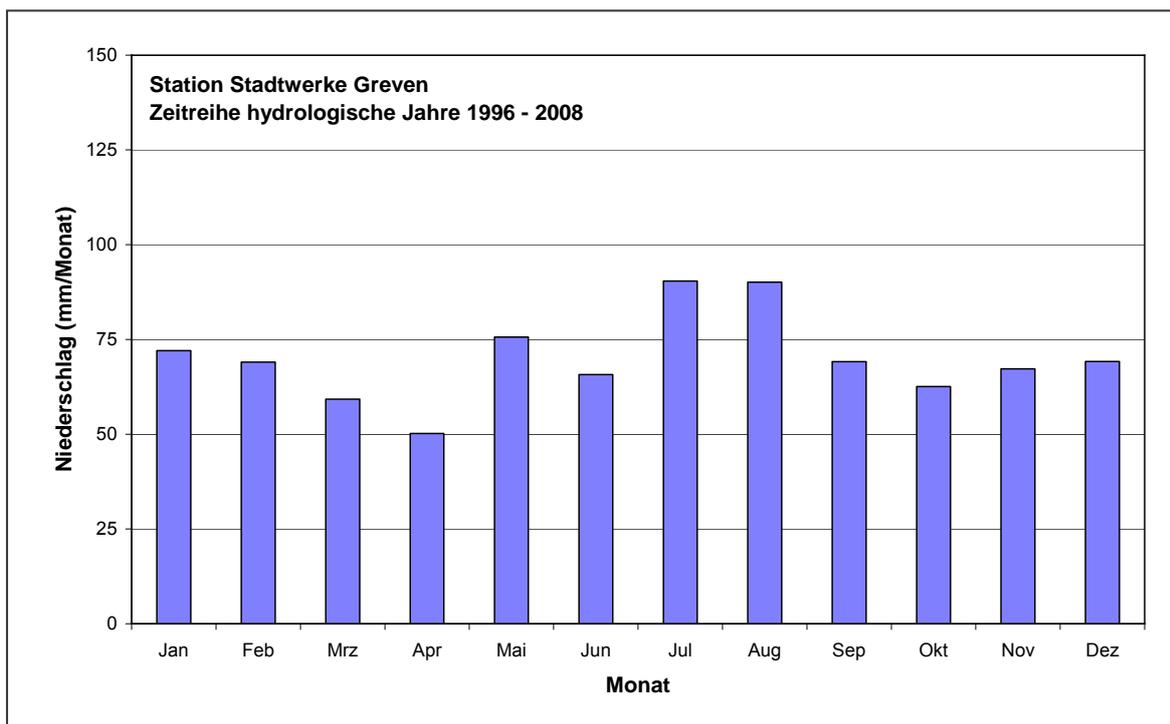
ße Wasserschutzzone III ausgewiesen. Dabei wurden für beide Wassergewinnungen eigene Zonen I und II festgesetzt, die von der gemeinsamen Zone III umhüllt werden **/37/**. Es ist davon auszugehen, dass das den Brunnen zuströmende echte Grundwasser in der dargestellten Wasserschutzzone III neu gebildet wird.

Das auf Grundlage der vorliegenden hydrogeologischen Informationen konstruierte Einzugsgebiet der potenziellen Grundwassergewinnung Aldruper Mark ist ca. 290 ha groß (**Karte 1, Anhang**). Für diese Fläche errechnet sich bei einer angenommenen Neubildung in Höhe von ca. 200 mm ein jährliches Dargebot von rund 580.000 m<sup>3</sup> Grundwasser. Dies entspricht ungefähr der Entnahmemenge, die bei den bisherigen Planungen der neuen Wassergewinnung veranschlagt wurde und bei einer entsprechenden Erschließung angestrebt würde **/38/**. Entsprechend des allgemein in nördliche Richtung abfließenden Grundwassers und der Positionierung der Brunnen südlich des Laumanns Damm ist von einem Nord-Süd ausgerichteten Einzugsgebiet auszugehen, das überschlägig eine Längserstreckung von ca. 3.000 m erreicht und maximal ca. 1.500 m breit wäre.

Klimatologisch gehört das Untersuchungsgebiet zum nordwestdeutschen Klimabereich, für den ein überwiegend maritimes, d. h. atlantisch geprägtes Witterungsgeschehen typisch ist. Der mittlere Jahresniederschlag an der vom Auftraggeber am Wasserwerk Wentrup betriebenen Messstation betrug in den Jahren 1996 - 2008 ca. 803 mm. An der DWD Station Münster-Greven (ca. 6,8 km in nordöstlich Richtung entfernt) fielen in den oben genannten Jahren ca. 798 mm, im Zeitraum 1991 - 2008 wurden ca. 803 mm Jahresniederschlag gemessen **/18/ /19/**. Die **Abbildung 1** zeigt die an der Stadtwerke-eigenen Station Wasserwerk Wentrup in den hydrologischen Jahren 1995 - 2008 gemessenen Jahresniederschläge. Es wird deutlich, dass die Jahre 2000 und 2007 mit Werten um bzw. über 900 mm besonders feucht, die Jahre 1999, 2001 und 2003 mit Werten von ca. 677 bis 777 mm besonders trocken waren. Im Durchschnitt fiel in den hydrologischen Sommerhalbjahren mit ca. 416 mm etwa 30 mm mehr Niederschlag als in den jeweiligen Winterhalbjahren (ca. 386 mm). Eine vergleichbare Verteilung ergab sich für die DWD-Station Münster-Greven. Die meisten Niederschläge fielen an beiden Messeinrichtungen in den Monaten Juli und August. Der Monat April waren mit Werten um 50 mm/Monat vergleichsweise trocken (**Abbildung 2**).

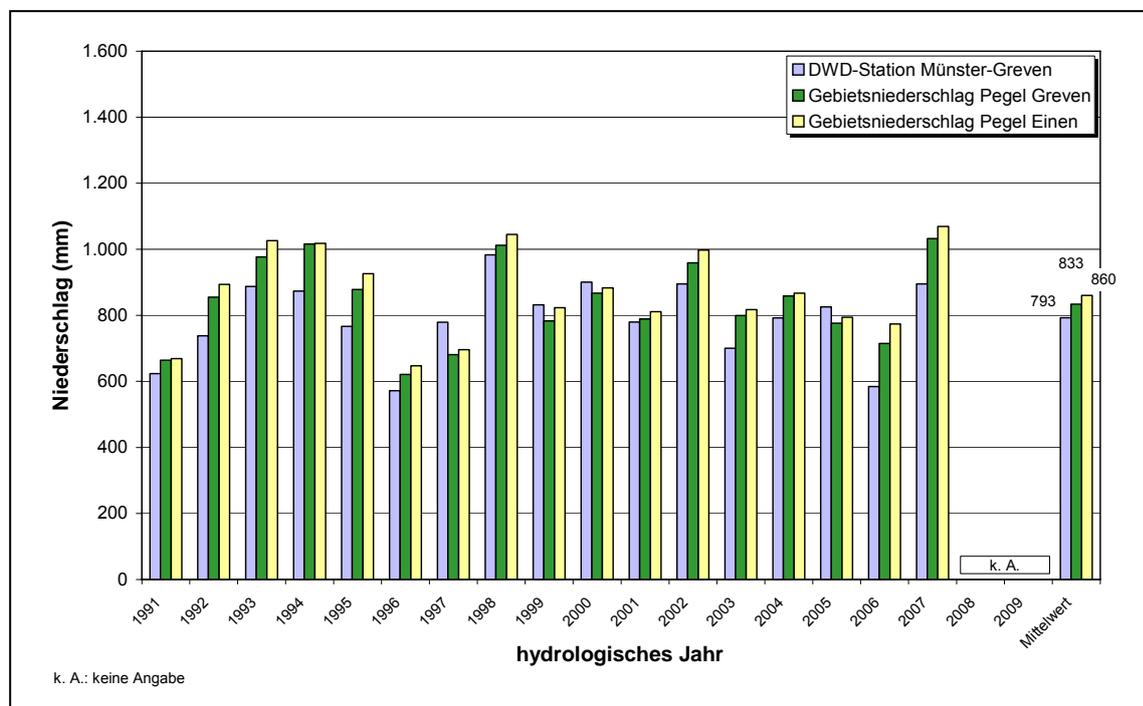


**Abbildung 1:** Niederschläge der hydrologischen Halbjahre 1991 - 2009 /18/ /19/



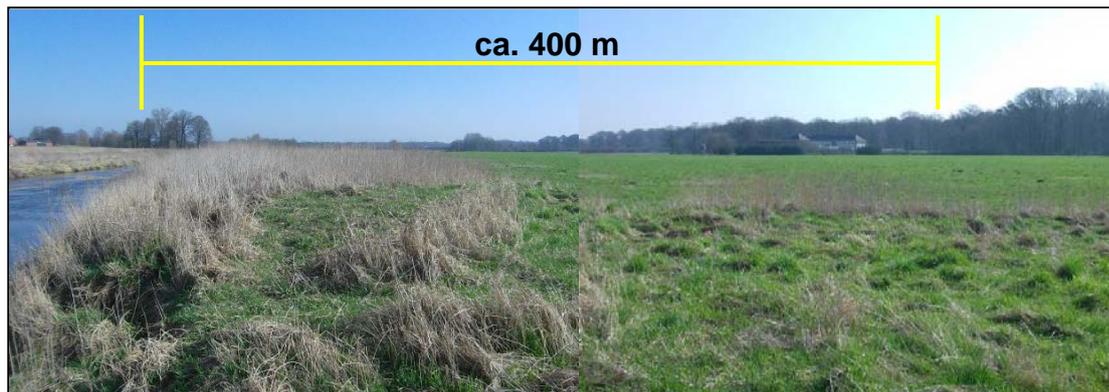
**Abbildung 2:** Durchschnittliche monatliche Niederschlagsverteilung der Jahre 1996 - 2008 /18/ /19/

Vergleicht man die in den letzten 17 Jahren an der DWD-Station Münster-Greven ermittelten Daten mit den langjährigen Gebietsniederschlägen, die für die an der Ems liegenden Pegel Einen (westlich von Warendorf) und Greven ausgewiesen werden, ergibt sich sowohl hinsichtlich ihrer Größenordnung als auch ihrer Entwicklung eine insgesamt gute Übereinstimmung. Die für den Zeitraum 1991 - 2007 berechneten Mittelwerte lagen zwischen 793 mm (DWD-Station Münster-Greven) und 860 mm (Pegel Einen, **Abbildung 3**). Es kann festgehalten werden, dass die Daten aus Wentrup sowohl für das Witterungsgeschehen in den Einzugsgebieten Wentrup / Herbern und Aldrupe Mark als auch überschlägig für das Niederschlagsregime in den Ems-Teileinzugsgebieten „Ems-Hauptfluss“ und „Ems-linke Zuflüsse“ repräsentativ sind.



**Abbildung 3:** Vergleich der Gebietsniederschläge im Einzugsgebiet der Pegel Einen und Greven mit den DWD-Daten Münster-Greven (1991 - 2007 /18/ /19/)

Die **Fotos 1** und **2** geben einen ersten Eindruck von den beiden hier beschriebenen Einzugsgebieten bzw. den unterschiedlichen Wassergewinnungssituationen.



**Foto 1:** Übersicht zur Wassergewinnung Herbern / Wentrup (links: Ems, im Hintergrund rechts: Wasserwerk Wentrup mit der Brunnengalerie Wentrup, die Brunnengalerie Herbern befindet sich links außerhalb des Bildes)



**Foto 2:** Übersicht zur potenziellen Grundwassergewinnung Aldruper Mark (links: möglicher Standort entlang des Laumanns Damm, rechts: Blick nach Süden in das resultierende Einzugsgebiet)

## 2.2 Hydraulische Situation

Die Wassergewinnungen Herbern und Wentrup bestehen aktuell aus vier bzw. elf Vertikalfilterbrunnen (Brunnen Herbern: EB XI, XII, XIIIneu und XIV; Brunnen Wentrup: EB I bis EB IX sowie EB XV und XVI; **Karte 2, Anhang**). Die **Tabelle 1** fasst die wichtigsten Daten zum Ausbau der Brunnen zusammen. Die Brunnen wurden mit 3,0 bis 9,5 m langen Filtern ausgestattet, deren Unterkante unmittelbar oberhalb der Kreideoberfläche eingebaut wurde. Über diese Fassungsanlagen wird der quartäre Grundwasserleiter bewirtschaftet, der von den sandig-kiesigen Sedimenten der Niederterrasse der Ems bzw. den Talsanden aufgebaut wird. Die Aquiferbasis liegt im Bereich der Brunnen zwischen ca. 18 - 23 m u. GOK bzw. 19 -21 m ü. NN. Die Sedimente des Grundwasserleiters werden vom Liegenden zum Hangenden in eine ca. 5 m mächtige sandige Lage, eine ca. 3 - 15 m mächtige Abfolge von schluf-

fig-tonigen Ablagerungen und schließlich ca. 3 - 8 m mächtigen, überwiegend aus Fein-, Mittel- und Grobsand bestehenden Schichten differenziert. Die liegende 5 m mächtige Sandlage bildet den wasserwirtschaftlich genutzten Aquiferbereich, deren Durchlässigkeit mit einem  $k_f$ -Wert von ca.  $10^{-4}$  m/s als hoch eingestuft werden kann **/22/**.

**Tabelle 1:** Stammdaten der Förderbrunnen der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup **/39/**

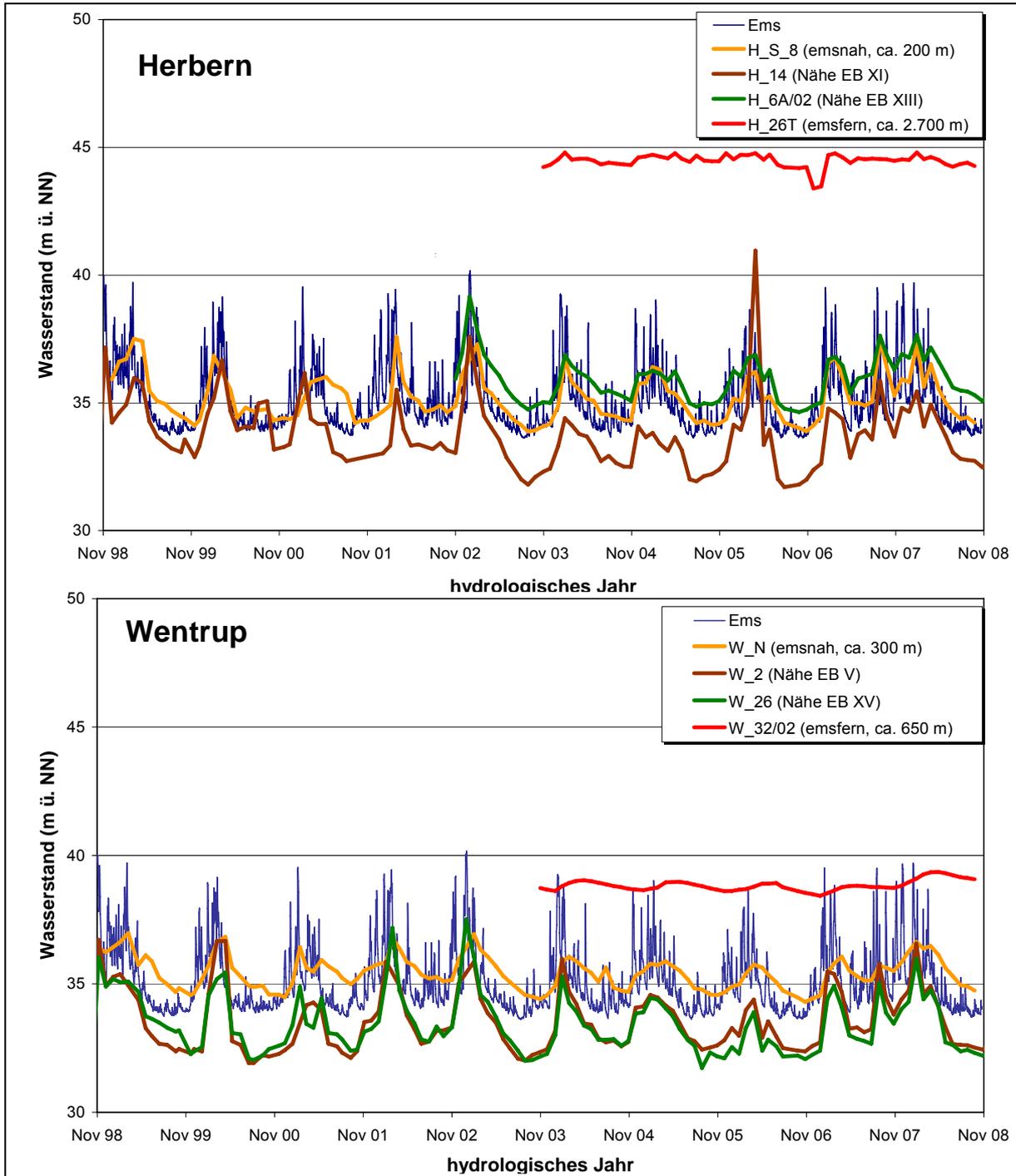
Fassungs-anlage	Wasser-gewinnung	Rechts-wert	Hoch-wert	Bunnen-art	GOK [m ü. NN]	Bohrteufe [m u. GOK]	Filterober-kante [m u. GOK]	Filterunter-kante [m u. GOK]	Tertiär-oberfläche [vermutet, m u. GOK]	Verfil-terung in
EB X	Herbern	3403116	5776857	Vertikalfilter	41,0	keine Angaben, Brunnen seit 2006 außer Betrieb				
EB XI		3403154	5776885	Vertikalfilter	40,1	21,0	13,8	19,8	20,3	Q
EB XII		3403200	5776913	Vertikalfilter	38,2	keine Angaben				
EB XIIIneu		3403209	5777001	Vertikalfilter	41,3	22,0	14,0	20,0	20,4	Q
EB XIV		3403149	5777005	Vertikalfilter	40,4	20,5	9,5 14,5	13,5 17,5	20,1	Q
EB I	Wentrup	3403744	5776675	Vertikalfilter	39,4	21,0	13,0	19,0	19,0	Q
EB II		3403763	5776726	Vertikalfilter	38,8	22,5	15,0	21,0	21,0	Q
EB III		3403781	5776776	Vertikalfilter	41,6	21,6	12,0	20,0	21,2	Q
EB IV		3403813	5776808	Vertikalfilter	41,7	23,0	18,8	21,8	22,8	Q
EB V		3403856 <sup>1</sup>	5776838 <sup>1</sup>	Vertikalfilter	k. A.	19,0	12,0	18,0	18,1	Q
EB VI		3403913	5776875	Vertikalfilter	38,0	19,5	12,0	18,0	18,5	Q
EB VII		3403709	5776630	Vertikalfilter	39,2	19,4	12,2	18,2	18,3	Q
EB VIII		3403638	5776646	Vertikalfilter	38,9	20,0	12,0	18,0	18,0	Q
EB IX		3403877	5776753	Vertikalfilter	40,4	22,5	10,5	20,0	20,3	Q
EB XV		3403980	5776880	Vertikalfilter	k. A.	22,0	14,0	20,0	20,5	Q
EB XVI		3403984 <sup>1</sup>	5776814 <sup>1</sup>	Vertikalfilter	k. A.	21,5	13,5	19,5	20,5	Q

<sup>1</sup> keine lagemäßige Einmessung, Bestimmung aus analogen Unterlagen und GIS

k.A.: keine Angaben

Die Ems sowie alle hier betrachteten Nebenflüsse sind ausschließlich in die quartären Lockersedimente eingeschnitten, d. h. das Festgestein der Oberkreide bestimmt die Tiefenlage des Gewässerbettes. Eine Auswertung der in der Ems sowie an diversen Grundwassermessstellen gemessenen Wasserstände hatte zum Ziel, mögliche hydraulische Zusammenhänge aufzuzeigen. Hierzu wurden die Grundwassermessstellen H\_S\_8, H\_26T, W\_32\_2, H\_14, H\_6A/02, W\_N, W\_2 und W\_26 sowie der Pegel Greven ausgewählt. Die Lage der Messpunkte H\_S\_8, H\_26T und W\_32\_2 sind der **Karte 2** im **Anhang** und die des Pegels Greven (Ems) der **Karte 1** im **Anhang** zu entnehmen. Die Grundwassermessstellen H\_14, H\_6A/02, W\_N, W\_2 und W\_26 werden dort selbst nicht gezeigt, ihre ungefähre Lage wurde daher in der Bildlegende entsprechend beschrieben. Der Vergleich der Emswasserstände mit den Grundwasserständen in den beiden Gewinnungsgebieten ergab in Emsnähe eine gute Korrelation, die erwartungsgemäß in größerer Entfernung abnahm (**Abbildung 4**). Dies bedeutet, dass dem bewirtschafteten Grundwasserkörper einerseits uferfiltriertes Emswasser zuströmt (influente Verhältnisse), andererseits von landseitig gebildetem und in Richtung Vorfluter abfließendem Grundwasser gespeist wird. Das entnommene Rohwasser enthält unterschiedlich große und letztendlich vom Wasserstand der Ems bestimmte Anteile von uferfiltriertem Oberflächenwasser und echtem Grundwasser. Neben den bisher dargestellten und im Folgenden zu präzisierenden

quantitativen Betrachtungen resultieren hieraus unterschiedliche Qualitäten, deren Bewertung Hauptziel dieses Gutachtens ist.



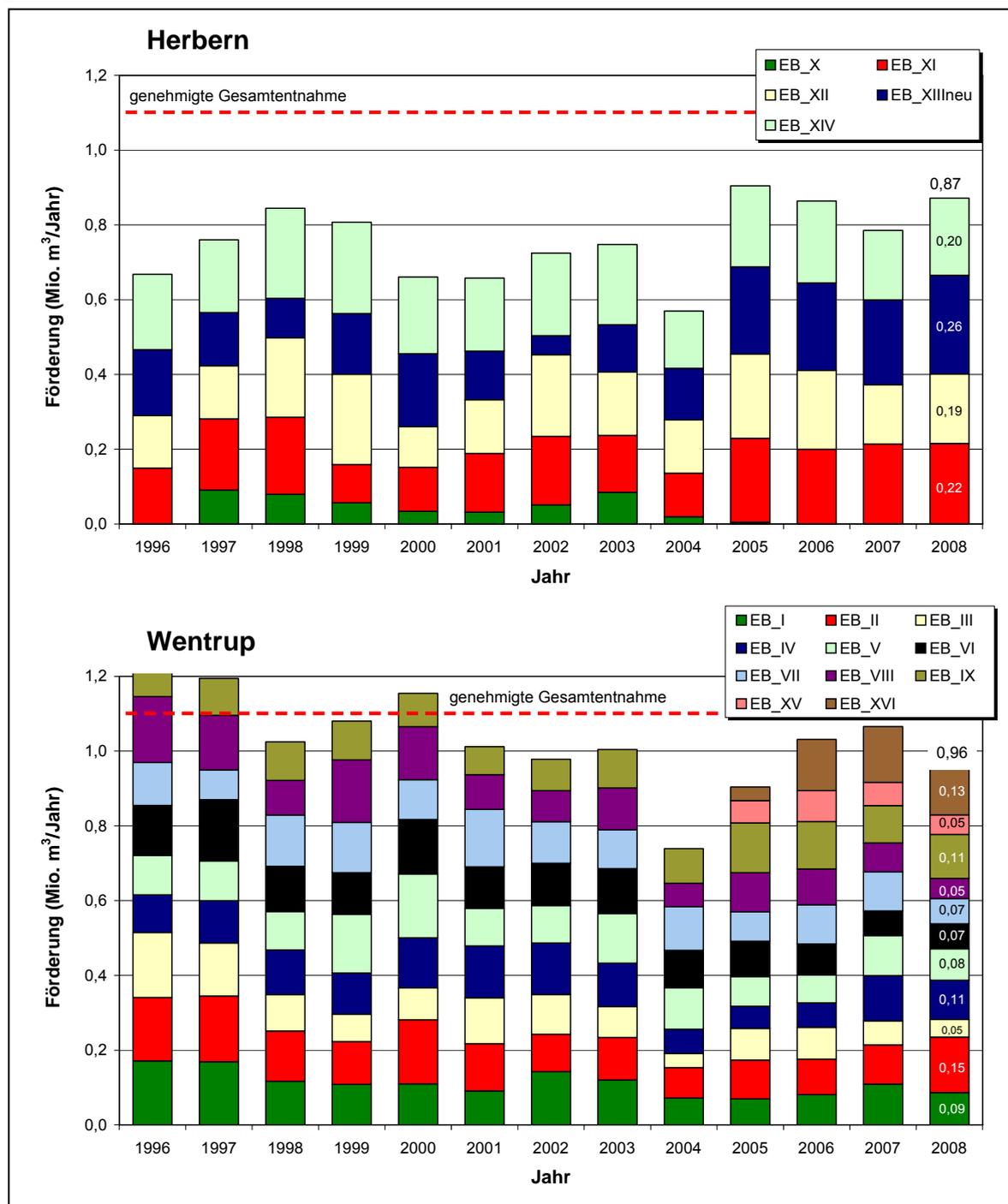
**Abbildung 4:** Entwicklung der Grundwasserstände an ausgewählten Messstellen im Vergleich zum Wasserstand der Ems (Messungen in den Gebieten Herbern und Wentrup, 1999 - 2008 sowie Pegel Greven /16/ /40/)

Für die beiden Gewinnungen Herbern und Wentrup liegt eine wasserrechtliche Bewilligung zur Grundwasserentnahme von insgesamt 2,2 Mio. m<sup>3</sup>/a vor, wobei sich diese

Menge zu gleichen Teilen auf die beiden Gewinnungen aufteilt /22/. Im Jahr 2008 förderten die Brunnen Herbern insgesamt ca. 0,87 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser, über die Brunnen Wentrup wurden insgesamt ca. 0,96 Mio. m<sup>3</sup> Wasser entnommen (**Abbildung 5, /41/**). Damit betrug die Gesamtentnahme ca. 1,8 Mio. m<sup>3</sup>, was einem Anteil von 83 % der erlaubten Wassermenge entspricht. In Herbern wurde das bestehende Wasserrecht zu ca. 79 %, in Wentrup zu ca. 87 % ausgeschöpft. Betrachtet man die Entwicklung der Fördermenge in den Jahren 1996 - 2008 stieg die Entnahme in Herbern tendenziell etwas an, in Wentrup ging die Fördermenge leicht zurück.

Die Außerbetriebnahme des Brunnens EB X in Herbern im Jahr 2006 wurde durch eine leichte Steigerung der Entnahme über die Brunnen EB XI und EB XIII neu kompensiert. Die Förderung über den Brunnen EB XIV ging insbesondere in den letzten 6 Jahren leicht zurück. Im Jahr 2008 ergaben sich für die Gewinnung Herbern folgende Förderanteile: EB XIII neu (30 %) > EB XI (25 %) > EB XIV (24 %) > EB XII (21 %).

Für die Gewinnung Wentrup lässt sich festhalten, dass die Entnahme über die Brunnen EB I bis EB VIII in den letzten 13 Jahren tendenziell gesunken ist (**Abbildung 5**). Am Brunnen EB IX wurde die Entnahme leicht gesteigert. Im Jahr 2005 wurden die neu gebauten Brunnen EB XV und EB XVI in Betrieb genommen; sie fördern aktuell ca. 5 bzw. 13 % der Gesamtentnahme. Einen mit ca. 16 % etwas höheren Anteil erreichte im Jahr 2008 nur der Brunnen EB II. Ansonsten erfolgte eine mehr oder weniger gleich aufgeteilte Entnahme an allen elf Brunnen der Gewinnung Wentrup (= Anteile zwischen ca. 5 und 12 %).



**Abbildung 5:** Jahresförderung der Brunnen der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup in den Jahren 1996 - 2008 /41/

Für die neue Wassergewinnung Aldruper Mark wird eine Entnahmemenge in Höhe von ca. 560.000 m<sup>3</sup>/a angestrebt /38/. Mögliche Standorte der zu bauenden Vertikalfilterbrunnen könnten südlich des Laumanns Damm liegen (**Karte 1, Anhang**). Das resultierende Einzugsgebiet würde sich entsprechend der nach Norden ausgerichteten Grundwasserfließrichtung in südliche Richtung erstreckenden und wäre ca. 290 ha groß. Der Großteil der Dargebotsfläche läge auf dem so genannten Münsterländer

Hauptkiessandzug.<sup>1</sup> Nördlich des potenziellen Einzugsgebietes Aldruper Mark liegt das festgesetzte Wasserschutzgebiet Brennheide (Stadtwerke Steinfurt GmbH), ca. 2,5 km in südlicher Richtung verläuft die nördliche Grenze des Wasserschutzgebietes Kinderhaus (Stadtwerke Münster GmbH /37/).

Hinzuweisen ist auf die im Untersuchungsgebiet an vielen Stellen anzutreffende Schluff-Folge der Oberen Niederterrasse, mit sandfreien bis schwach sandigen Schluffen, die z. T. Sandbänke und Sandlinsen enthalten. Da diese im Vergleich zu den ansonsten überwiegend sandigen Ablagerungen deutlich weniger wasserdurchlässig ist, sind für das Untersuchungsgebiet zwei Grundwasserstockwerke zu unterscheiden /25/ /26/ /27/. Der Porenraum des oberflächennahen Aquifers wird aus Sanden der Niederterrasse aufgebaut. Im Liegenden befinden sich die gering Wasser leitenden Schichten der Schluff-Folge und Sand-Schluff-Wechselfolge, unter der sich der zweite quartäre und wasserwirtschaftlich bedeutende Grundwasserleiter befindet. Die unter dem Quartär liegende Kreide gilt als Grundwassernichtleiter, so dass deren Hangendes zugleich die Basis des zweiten Grundwasserstockwerks bildet. Ziel einer zukünftigen Gewinnung Aldruper Mark ist es, das Wasser im Porenraum der unterhalb der Schluff-Folge anstehenden sandig-kiesigen Sedimente zu bewirtschaften (= 2. Grundwasserstockwerk).

### 2.3 Flächennutzung

Die folgenden Angaben zur Flächennutzung basieren auf ATKIS-Daten, die mit Daten zur Bodenbedeckung - Deutschland (CORINE Landcover 2000) verglichen / ergänzt wurden /44/ /45/. Demnach wird das berücksichtigte Einzugsgebiet der Ems zu rund 75 % landwirtschaftlich genutzt (= ca. 154.000 ha). Hiervon werden rund 60 % (= 123.000 ha) als Acker und ca. 15 % (= 31.100 ha) als Grünland genutzt (**Karte 3, Anhang**). Die forstwirtschaftlich genutzte Fläche erreicht eine Größe von ca. 32.100 ha (= 16 %). Bebaute Bereiche sind auf einer Fläche von ca. 21.100 ha (= 10 %) zu finden.

Vergleicht man diese Angaben mit der Flächennutzung im Wasserschutzgebiet Herbern / Wentrup bzw. dem potenziellen Gewinnungsgebiet Aldruper Mark ergeben sich grundsätzlich vergleichbare Anteile, wobei im Gebiet Herbern / Wentrup der An-

---

<sup>1</sup> Dabei handelt es sich um eine N - S bis NNW -SSE verlaufende und im Untersuchungsgebiet max. ca. 1 km breite Rinne in den Mergeln der Oberkreide, die mit Grundmoränenmaterial und glaziofluvialen Sanden und Kiesen gefüllt ist. Die Mächtigkeit der gesamten Rinnenfüllung variiert stark und liegt zwischen ca. 20 und 40 m. Aufgrund seiner insgesamt guten Wasserdurchlässigkeit stellt der Kiessandzug einen für die Region bedeutenden Porengrundwasserleiter dar, der intensiv wasserwirtschaftlich genutzt wird /42/ /43/.

teil der Grünlandfläche zugunsten der Waldfläche und im Gebiet Aldruper Mark die bebaute Fläche zugunsten der Ackerfläche verschoben ist (**Karte 4, Anhang**). Im Einzelnen ergeben sich folgende Zahlen:

- WSG Herbern / Wentrup: Acker 335 ha (= 60 %),  
Grünland 49 ha (= 9 %),  
Wald 136 ha (25 %) und  
Bebauung 34 ha (= 6 %)
- EZG Aldruper Mark: Acker 192 ha (= 67 %)  
Grünland 33 ha (= 11 %)  
Wald 51 ha (= 18 %) und  
Bebauung 13 ha (= 4 %)

## 2.4 Bodenkundliche Standortverhältnisse

Die Bodenbildung im Einzugsgebiet der Ems wird für die Mehrzahl der Standorte durch das bodenbildende Ausgangsmaterial bestimmt. Daneben spielen Aspekte wie z. B. die Grund- und Stauwasserverhältnisse eine wichtige Rolle **/44/**.

Im Süden überwiegen lehmig-tonige Pseudogleye, die sich durch eine mittlere Staunässe auszeichnen (ca. 64.400 ha, = 34 % des Einzugsgebietes, **Karte 5, Anhang**). Diese Böden sind auf den hier oberflächennah anstehenden kreidezeitlichen Ton- und Kalkmergeln entstanden. Vereinzelt finden sich auch Podsolböden, deren Genese auf die Überwehung mit Flugsand zurückzuführen ist. Im Bereich von Bergrücken sind bei einem insgesamt abnehmenden Staunässeinfluss auch Braunerden anzutreffen (18.500 ha, = 10 %).

Für den nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes (dem sog. Sandmünsterland) werden überwiegend die Bodentypen Gley (52.300 ha, = 28 %) und Podsol (19.600 ha, = 11 %) ausgewiesen. Ihre Entstehung geht auf das hier anzutreffende sandige Ausgangssubstrat zurück, wobei der jeweils bestehende Grundwasserstand die Bodenbildung maßgeblich mit beeinflusst. In der Umgebung von Ortschaften nimmt das Auftreten von Plaggeneschen eine gewisse Bedeutung ein (20.500 ha = 11 %). Alle weiteren Bodentypen spielen flächenmäßig eine untergeordnete Rolle und sind für die weiteren Betrachtungen unerheblich. Die semiterrestrischen Gleyböden weisen mehrheitlich Flurabstände zwischen 4 und 13 dm auf, die in Richtung der Vorfluter tendenziell weiter abnehmen. Die Podsolböden und Plaggenesche sind mehrheitlich als grundwasserfern einzustufen. Zwischen den genannten Hauptbodentypen gibt es zahlreiche Übergangsformen (z. B. Gley-Podsol oder Podsol-Gley).

Die flächengewichtete nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) beträgt im gesamten Untersuchungsgebiet ca. 110 mm. Dabei besteht ein großer Unterschied zwischen den Standorten im Süden (Pseudogley und Braunerde i. d. R. > 100 mm) und im Norden (Gley und Podsol < 100 mm). Dies bedeutet, dass die Böden im Bereich der Ems eine geringere Wasserhaltekapazität aufweisen als die Standorte im südlichen Teil des hier betrachteten Einzugsgebietes.

Bezieht man diese Betrachtungen auf die Einzugsgebiete Herbern / Wentrup bzw. Aldruper Mark ergibt sich folgendes Bild: Im Gebiet Herbern / Wentrup kommen neben Gleyböden (190 ha, = 37 %) vor allem Plaggenesche vor (150 ha, = 28 %). Zusätzlich sind Auenböden und Regosole zu finden (60 bzw. 70 ha bzw. 12 und 13 %). Alle weiteren Bodentypen spielen eine untergeordnete Rolle. Die Auenböden und ein Teil der Gleyböden sind in unmittelbarer Nähe zur Ems entstanden (= Überflutungsbereich bei HQ<sub>100</sub>, s. **Kap. 4**). In größerer Entfernung werden Eschböden, Regosole (Wentruper Berge) und Braunerden ausgewiesen. Im äußersten Westen des Wasserschutzgebietes sind weitere Gleyböden anzutreffen. Die flächengewichtete nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum beträgt ca. 130 mm. Die Mehrzahl der Standorte ist als grundwasserfern zu charakterisieren (310 ha, = 60 %). Hier sind Flurabstände > 13 dm anzutreffen.

Ein etwas anderes Bild ergibt sich im potenziellen Grundwassergewinnungsgebiet Aldruper Mark: Hier wird die Bodenbildung maßgeblich durch die geringen Flurabstände bestimmt **/44/**. So werden für ca. 170 ha (= 62 %) Gleyböden ausgewiesen, Podsol und Plaggenesch nehmen Anteile von ca. 84 ha (= 30 %) bzw. 21 ha (= 8 %) ein. Die flächengewichtete nFKWe beträgt ca. 82 mm und ist damit rund 50 mm niedriger als im Gebiet Herbern / Wentrup. Zudem bestehen gänzlich andere Wasserverhältnisse: Rund 61 % (= ca. 170 ha) der Standorte weisen Flurabstände von ca. 4 - 8 dm auf, 31 % bzw. 8 % der Flächen werden den Grundwasserstufen 3 und 4, d. h. 8 -13 bzw. 13 - 20 dm zugewiesen (**Karte 6, Karte 7, Anhang**). Angemerkt sei an dieser Stelle, dass es sich bei den genannten Grundwasserständen um weitgehend anthropogen unbeeinflusste Flurabstände handelt, d. h. die Angaben berücksichtigen keine - im Gebiet Aldruper Mark allerdings sehr wahrscheinliche -Absenkung durch eine Wasserentnahme.

## 2.5 Hydrologie

Die Lauflänge der Ems im Untersuchungsgebiet beträgt ca. 90 km /36/. Der wichtigste Nebenfluss ist die Werse. Die Strömungsenergie ist aufgrund des niedrigen Gefälles gering. Die durchschnittliche Gewässerbreite beträgt im Abschnitt zwischen Warendorf und Rheine ca. 12 - 30 m, die Wassertiefe variiert stark zwischen wenigen Dezimetern und 5 - 7 m. Verglichen mit anderen Tieflandflüssen Deutschlands entwässert die Ems ein niederschlagreiches Gebiet /11/. Die Schwankungsbreite zwischen dem niedrigsten Niedrigwasser und dem höchsten Hochwasser ist mit 1:800 außerordentlich hoch. Im Sommer (August) herrschen mitunter extrem geringe Wasserführungen, dagegen treten vor allem in den Wintermonaten (Januar, Februar) weit ausufernde Hochwässer auf.

Am Pegel Einen betrug für die Jahre 1954 bis 1999 der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ = 3,43 m<sup>3</sup>/s, der mittlere Abfluss MQ = 15,1 m<sup>3</sup>/s und der mittlere Hochwasserabfluss MHQ = 114 m<sup>3</sup>/s bei einem oberirdischen Einzugsgebiet von 1.486 km<sup>2</sup>. Nach Zufluss der Bever, Werse und der Münsterschen Aa im Mittellauf der Ems betrug am Pegel Greven für die Jahre 1940 bis 1999 der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ = 3,67 m<sup>3</sup>/s, der mittlere Abfluss MQ = 27,5 m<sup>3</sup>/s und der mittlere Hochwasserabfluss MHQ = 223 m<sup>3</sup>/s bei einem oberirdischen Einzugsgebiet von 2.842 km<sup>2</sup>. Von Greven bis Rheine münden die Nebenflüsse Glane und Bevergerner Aa in die Ems. Im Unterlauf der Ems am Pegel Rheine betrug für die Jahre von 1940 bis 1999 der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ = 5,77 m<sup>3</sup>/s, der mittlere Abfluss MQ = 36,8 m<sup>3</sup>/s und der mittlere Hochwasserabfluss MHQ = 252 m<sup>3</sup>/s bei einem oberirdischen Einzugsgebiet von 3.740 km<sup>2</sup> /11/.

Die **Abbildung 6** zeigt die Abflussganglinien der hydrologischen Jahre 1954 - 2009 an den Pegeln Einen, Greven und Rheine. Man erkennt einen stark ausgeprägten Jahresgang mit hohen Abflüssen in den Wintermonaten und niedrigen Mengen in den Sommermonaten. Am Pegel Rheine wurden in einzelnen Jahren Spitzenwerte von über 400 m<sup>3</sup>/s erreicht.

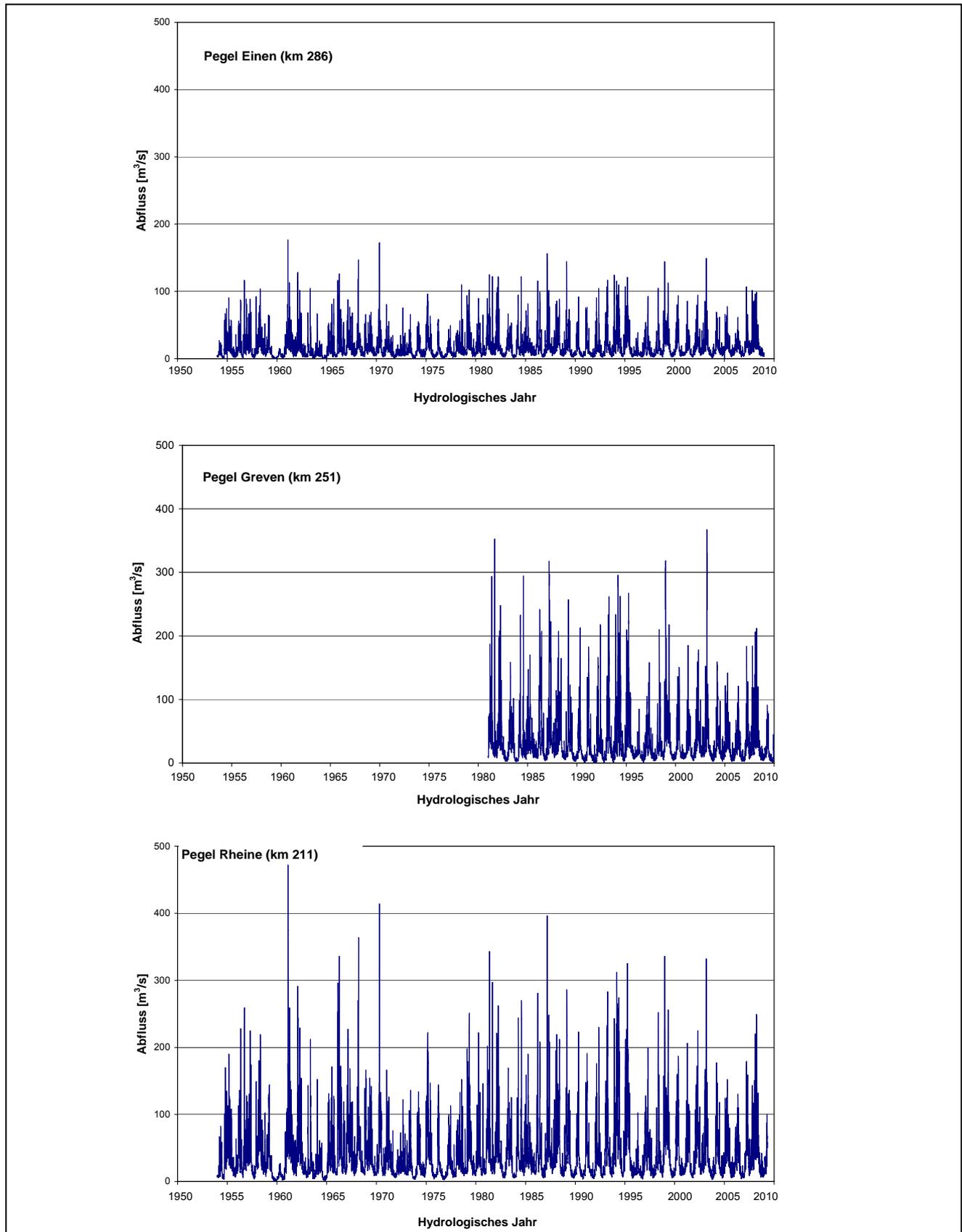
Betrachtet man die Situation im Jahr 2009 ergaben sich am Pegel Greven Spitzenabflüsse von 90 m<sup>3</sup>/s, die niedrigste Abflussmenge wurde mit ca. 2 m<sup>3</sup>/s angegeben (**Abbildung 7**). In den Monaten August und September 2009 waren die Abflüsse mit durchschnittlich 3 m<sup>3</sup>/s so gering wie in keinem anderen dieser Monate der hydrologischen Jahre 1980 - 2009. Im Vergleich zum langjährigen Mittel kann das hydrologische Jahr 2009 als ein Jahr mit einem sehr geringen Abfluss beschrieben werden.

Insgesamt flossen ca. 520 Mio. m<sup>3</sup> Wasser in Richtung Mündung, im Zeitraum 1980 - 2008 erreichte die Jahresabflussmenge mit ca. 930 Mio. m<sup>3</sup> fast einen doppelt so hohen Wert.

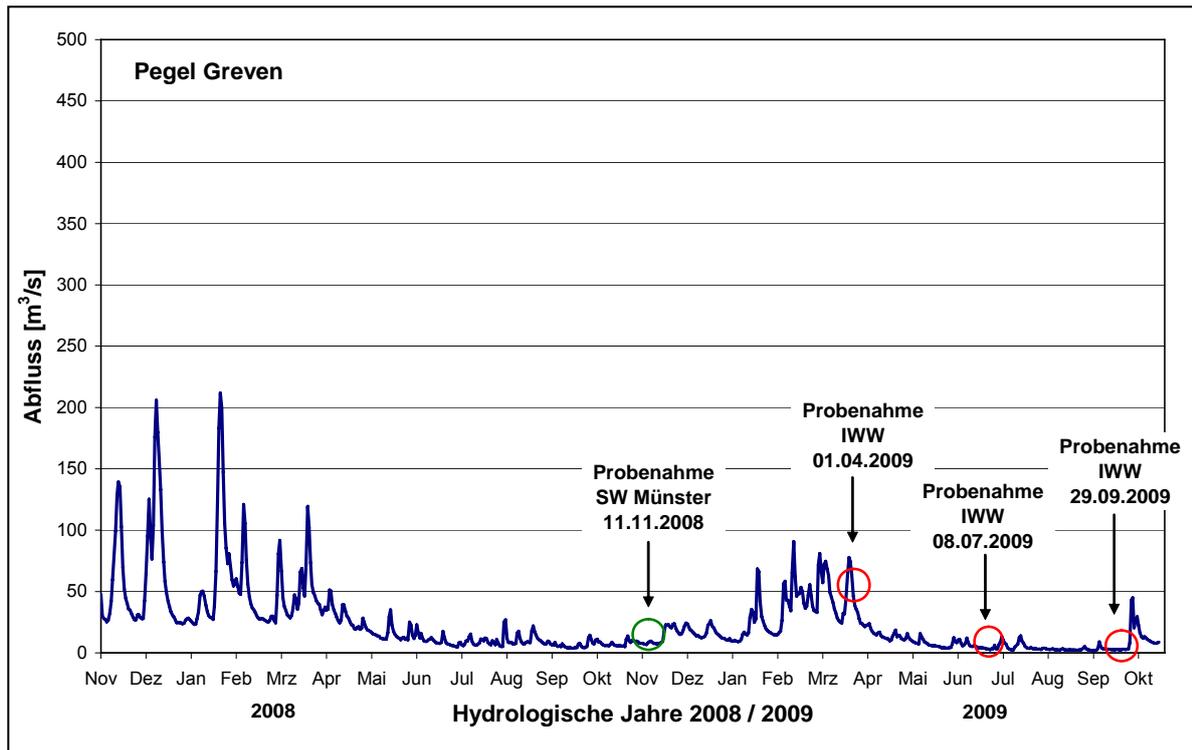
Die **Abbildung 7** zeigt neben der Abflusskurve auch die drei, im Rahmen des IWW-Monitorings realisierten Probenahmeterminen (01.04., 08.07. und 29.09.2009). Es wird deutlich, dass über diese Terminierung drei verschiedene Situationen mit hohen, annähernd mittleren und niedrigen Abflüssen beschrieben werden. Zusätzlich wurde mit dem 11.11.2008 ein weiterer Probenahmetermin markiert, zu dem umfassende und im **Kapitel 3** vorgestellte Qualitätsdaten der Ems vorlagen (Daten der Stadtwerke Münster GmbH /46/ /47/). In Bezug auf die an späterer Stelle geführte Diskussion zum Zusammenhang zwischen Wasserqualität und -quantität (hier: Niedrigwasser) bedeutet dies, dass das Jahr 2009 für die zu beantwortenden Fragen ein insgesamt günstiges Jahr war, in dem eine ungewöhnlich lange und in ihrem Niveau stark ausgeprägte Phase mit geringen Abflüssen aufgetreten ist.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Neben der Ems wurde auch der Abfluss des wichtigsten Ems-Nebengewässers, der Werse, betrachtet (gemessen am Pegel Albersloher Weg /48/). Hierbei ergab sich, dass der gemessene Abfluss um ein Vielfaches unter den bisher diskutierten Werten lag (Mittel: 3,3 m<sup>3</sup>/s in den Jahren 1960 - 2008, max. 89 m<sup>3</sup>/s). Aus diesem Grund ist es gerechtfertigt, die Nebengewässer im Folgenden nicht weiter zu betrachten.



**Abbildung 6:** Entwicklung des Abflusses in den hydrologischen Jahren 1954 - 2009 an den Emspegeln Einen (oben), Greven (mitte) und Rheine (unten) /16/ /17/



**Abbildung 7:** Entwicklung des Abflusses am Pegel Greven in den hydrologischen Jahren 2008 und 2009 mit Darstellung ausgewählter Probenahmetermine /16/ /46/ /47/

**Foto 3, Foto 4** und **Foto 5** zeigen die Situation an den Tagen der oben genannten Probenahmetermine. Die Aufnahmen erfolgten an der Entnahmestelle Ems, die auf Höhe der Wassergewinnungen Herbern / Wentrup liegt (s. **Karte 2, Anhang**).



**Foto 3:** Abflusssituation Ems 01.04.2009 (ca. 46,1 m<sup>3</sup>/s, = hoher Abfluss in 2009)



**Foto 4:** Abflusssituation Ems 08.07.2009 (ca. 3,4 m<sup>3</sup>/s, ≈ mittlerer Abfluss in 2009)



**Foto 5:** Abflusssituation Ems 29.09.2009 (ca. 2,9 m<sup>3</sup>/s, = niedriger Abfluss 2009)

## 2.6 Hydrogeologische Standortverhältnisse

### 2.6.1 Wassergewinnung Wentrup/Herbern

Für das Gebiet Herbern / Wentrup liegen sehr umfangreiche hydrogeologische und hydraulische Auswertungen vor. Auf Grundlage der im gesamten Schutzgebiet durchgeführten Grundwasserstandsmessungen wurden Grundwassergleichenpläne erstellt, aus denen die generelle Fließrichtung des Wassers abgeleitet werden kann. Exemplarisch sei hier ein als repräsentativ anzusehender Grundwassergleichplan angeführt, in dem neben den im August 2008 gemessenen Wasserständen bzw. den hieraus abgeleiteten Grundwassergleichen auch die Fließrichtung dargestellt ist **/21/**.

Der mittlere Abfluss der Ems betrug im August 2008 ca. 11 m<sup>3</sup>/s, einer Menge, die zumindest für dieses Jahr als Niedrigwasserabfluss beschrieben werden kann. Wie die **Karte 8** im **Anhang** zeigt, wurden zu diesem Zeitpunkt Grundwasserstände zwischen 46 und 32 m ü. NN gemessen, wobei sich eine generelle Fließrichtung zum Vorfluter Ems ergibt. Erwartungsgemäß erfolgt in Emsnähe ein Zustrom von Wasser der Ems zu den Brunnen. Die Infiltration von Emswasser bzw. die Quantifizierung von Uferfiltratanteilen im geförderten Rohwasser wurde in der Vergangenheit bereits in verschiedenen Studien erörtert. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen (ergänzt um eigene quantitative Betrachtungen):

1. Ermittlung der Anteile mit Hilfe der sog. Wasserwerksmethode: Aus den unterschiedlich großen Wasserschutzgebieten der Gewinnungen Herbern und Wentrup (ca. 380 ha bzw. 175 ha) errechnet sich bei einer mittleren Grundwasserneubildung von 206 mm **/22/** ein jährliches Dargebot von ca. 0,78 Mio. m<sup>3</sup> bzw. 0,36 Mio. m<sup>3</sup>. Bei diesem Ansatz wird unterstellt, dass die maßgeblichen Einzugsgebiete deckungsgleich mit dem ausgewiesenen Wasserschutzgebiet sind, ein Aspekt, der für die Gewinnung Wentrup nicht zwingend gegeben ist (mündliche Mitteilung Büro aquanta Hydrogeologie GmbH & Co. KG, Dr. Kluge, April 2010).

Im Vergleich zu den oben genannten Zahlen wurden z. B. im Jahr 2008 ca. 0,87 Mio. m<sup>3</sup> (Herbern) bzw. 0,96 Mio. m<sup>3</sup> (Wentrup) gefördert. Hieraus ergibt sich ein Fehlbetrag von ca. 10 % bzw. 62 %, der nur über zusätzlich zuströmendes Uferfiltrat gedeckt sein kann. Bezogen auf die jeweils vergebenen Wasserrechte von jeweils 1,1 Mio. m<sup>3</sup>/a erhöht sich dieser Anteil auf 29 % (Herbern) bzw. 67 % (Wentrup).

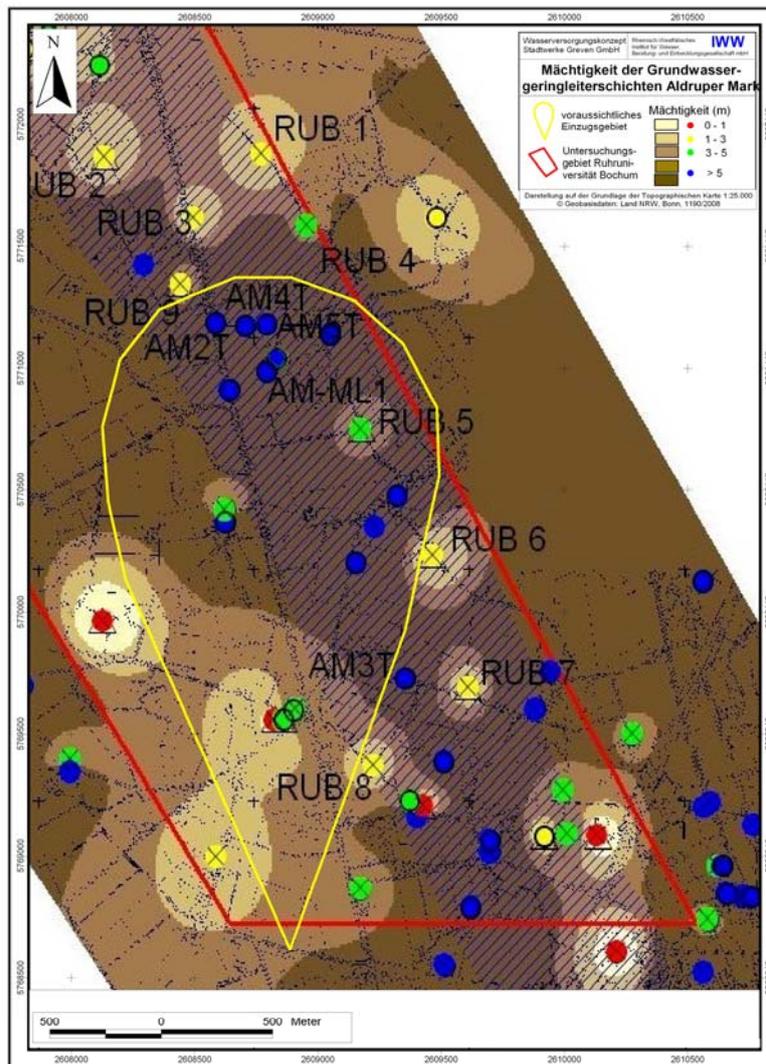
2. Vergleichende Betrachtung der Borkonzentrationen im Emswasser bzw. Rohwasser der Gewinnungen Herbern und Wentrup: Hier wird der Uferfiltratanteil mit mindestens 32 %, höchstwahrscheinlich aber mehr angegeben. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Wassergewinnungen bestehen zumindest anhand der gemessenen Konzentrationen nicht /23/.

### 2.6.2 Potenzielle Wassergewinnung Aldruer Mark

Der im Gebiet Aldruer Mark ausgebildete Porengrundwasserleiter ist aufgrund seiner differenzierten Genese sehr inhomogen und besitzt eine starke räumliche Variation der Durchlässigkeiten. Zudem sind Schluff- oder Tonlinsen eingeschaltet oder mit den sandig-kiesigen Sedimenten verzahnt.

Die maximale Mächtigkeit des ersten Grundwasserstockwerkes wurde durch Bohrungen mit 6,3 m bestimmt (Messstelle AM5 F). Die Mächtigkeit der Grundwassergeringleiterschicht variierte zwischen wenigen Metern und maximal 16,3 m (AM-ML1). In einzelnen Bohrungen fehlt die Schlufflage und / oder es werden eingeschaltete Sandlinsen ausgewiesen (sog. geologische Fenster). Die **Abbildung 8** zeigt das Ergebnis einer Interpolation verschiedener, im Rahmen von Erkundungsbohrungen ermittelten Mächtigkeiten - hier zusammen dargestellt mit der Lage des potenziellen Einzugsgebietes.

Für die gering wasserdurchlässigen Schichten wurden  $k_f$ -Werte zwischen  $6,3 \cdot 10^{-9}$  m/s und  $2,9 \cdot 10^{-7}$  m/s bestimmt. Die maximale erbohrte Mächtigkeit der Sedimente des zweiten Aquifers betrug ca. 21,5 m (Messstelle AM4 T). Es wurde eine hohe Durchlässigkeit ermittelt (Werte zwischen  $9,3 \cdot 10^{-5}$  m/s bis  $4,4 \cdot 10^{-2}$  m/s). Insgesamt bestehen nicht zuletzt aufgrund der langjährigen wasserwirtschaftlichen Erfahrung in den benachbarten Gebieten gute Chancen, die angestrebte Wassermenge entnehmen zu können. In großen Teilen des Gebietes lag die Schichtmächtigkeit über 5 m ( $n = 11$  Bohrungen). An insgesamt drei, im mittleren und südlichen Teil des Gebietes liegenden Stellen existieren Hinweise darauf, dass die Schlufflagen ganz fehlen oder geringmächtig sind.



**Abbildung 8:** Mächtigkeit der Grundwassergeringleiterschichten Aldruper Mark (Interpolation der Aufzeichnungen aus entsprechenden Aufschlussbohrungen /26/)

Losgelöst von der Möglichkeit der Existenz geologischer Fenster ist zum jetzigen Zeitpunkt die tatsächliche hydraulische Verbindung zwischen dem ersten und zweiten Grundwasserstockwerk weitgehend unklar. An allen, über das Gebiet verteilten Doppelmessstellen (= Verfilterung im 1. bzw. 2. Stockwerk) wurden ausschließlich identische Tiefenlagen der Standrohrspiegellagen gemessen. Dieses Ergebnis ist dahin gehend zu interpretieren, dass beide Stockwerke in einem hydraulischen Kontakt stehen müssen.

Die Grundwasserfließrichtungen wurden bereits in früheren Arbeiten anhand der zur Verfügung stehenden Daten für beide Grundwasserstockwerke abgeschätzt /27/. Für das erste Grundwasserstockwerk wurde im Untersuchungsgebiet eine SW-NE gerichtete Fließrichtung ermittelt, für das 2. Grundwasserstockwerk konnte aufgrund

der geringen Messstellendichte nur eine Grundtendenz der Fließrichtung von Süd nach Nord erkannt werden (**Karte 9, Anhang**). Das Grundwasser fließt dem nordöstlich der Aldruper Mark verlaufenden Hauptvorfluter Ems bzw. der im Osten gelegenen Münsterschen Aa zu.

## 2.7 Gefährdungspotenziale

### 2.7.1 Lineare und diffuse Einträge

Die in den Ems-Teileinzugsgebieten "Ems-Hauptfluss" und "Ems-linker Zuflüsse" bestehenden standörtlichen Gegebenheiten führen im Norden des Gebietes zu einer großen bis sehr großen Auswaschungsgefährdung gegenüber nicht sorbierbaren Stoffe (z. B. Nitrat /44/ /49/). In südliche Richtung, d. h. im Verbreitungsgebiet der Pseudogleye, nimmt diese ab. In Herbern / Wentrup sind die Standorte hinsichtlich ihrer Auswaschungsgefährdung mittel bis stark gefährdet.<sup>3</sup> Im gesamten Gebiet Aldruper Mark besteht aufgrund der verbreitet geringen Wasserhaltekapazität der Böden in Verbindung mit den geringen Flurabständen eine große bis sehr große Gefahr, dass Stoffe mit dem Sickerwasser in kurzen Zeiträumen (wenige Wochen bis Monate) verlagert und in das oberflächennahe Grundwasser eingetragen werden.

Die Auswertung der bestehenden standörtlichen Erosions- und Abschwemmungsgefährdung ergab nicht zuletzt aufgrund der nicht vorhandenen Hangneigung in der Emsaue sowie des überwiegend sandigen Substrates eine geringe bis nicht vorhandene Gefährdung /44/.

Bewertet man die in den jeweiligen Teileinzugsgebieten der Ems in Herbern / Wentrup und in der Aldruper Mark bestehenden Flächennutzungen hinsichtlich ihrer Gefährdungen für die Wasserqualität ergibt sich in einer ersten Näherung eine vergleichbare Lage. So wird in allen drei Gebieten auf ca. 60 - 67 % der Fläche Ackerbau praktiziert, die Nutzung als Grünland erreicht Anteile zwischen 9 und 15 % und die Bebauung nimmt Anteile zwischen 4 und 10 % ein. In Verbindung mit diesen Nutzungen sind hinsichtlich der linearen und diffusen Einträge zwei Stoffgruppen zu unterscheiden:

- Stickstoffeinträge aus einer möglicherweise nicht dem Pflanzenbedarf angepassten Düngung
- Einträge von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PBSM)

---

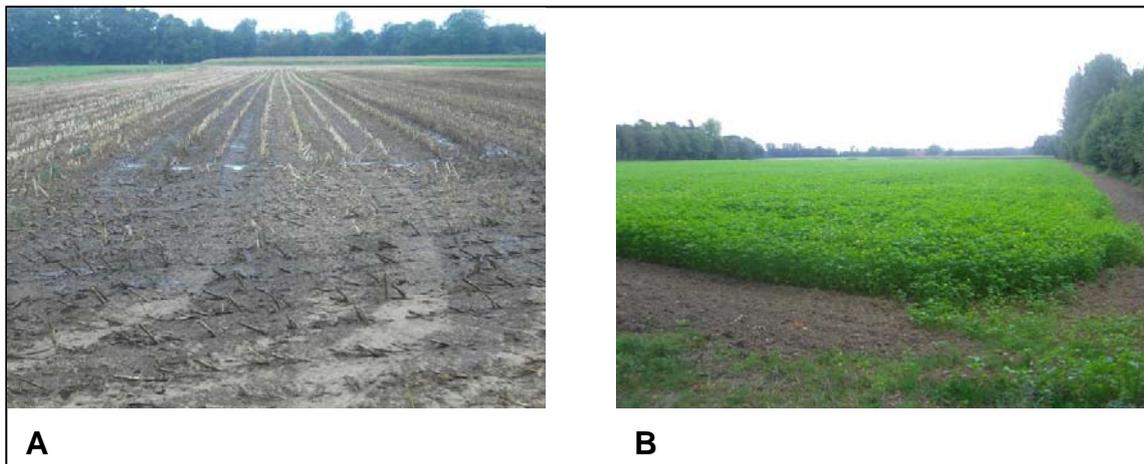
<sup>3</sup> Es sei darauf hingewiesen, dass nach DIN 19732 mit dem Begriff Auswaschungsgefährdung ausschließlich die vertikale Verlagerung von Stoffen mit dem Sickerwasser gemeint ist.

Entsprechend der Bestandsaufnahme nach EU-Wasserrahmenrichtlinie befindet sich die Ems sowie die angrenzenden Grundwasserkörper in einem schlechten Zustand **/11/ /30/ /31/**. Diese Einstufung ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die landwirtschaftlich genutzte Fläche mit ca. 75 % deutlich über dem Schwellenwert von 33 % liegt, die mittlere Nitratkonzentration an ausgewählten Messstellen 25 mg/l übersteigt und / oder der jährliche Nährstoffauftrag mit Werten oberhalb von 170 kg N/ha angenommen wird.

Abschätzungen zu den landwirtschaftlichen N-Einträgen in das Grundwasser weisen hohe Mengen aus **/50/ /51/ /52/**. Dabei fallen hohen N-Salden beim Anbau von Mais auf - Überschüsse, die in direktem Zusammenhang mit einer nicht dem Pflanzenbedarf angepassten Düngung stehen (insbesondere Wirtschaftsdünger wie z. B. Gülle). Zudem sind die über die Stickstoffnettomineralisation freigesetzten Mengen beachtlich **/53/**. In der Summe führt dies vielfach zu hohen N-Auswaschungsverlusten (exemplarisch nachgewiesen im WSG Kinderhaus **/54/**).

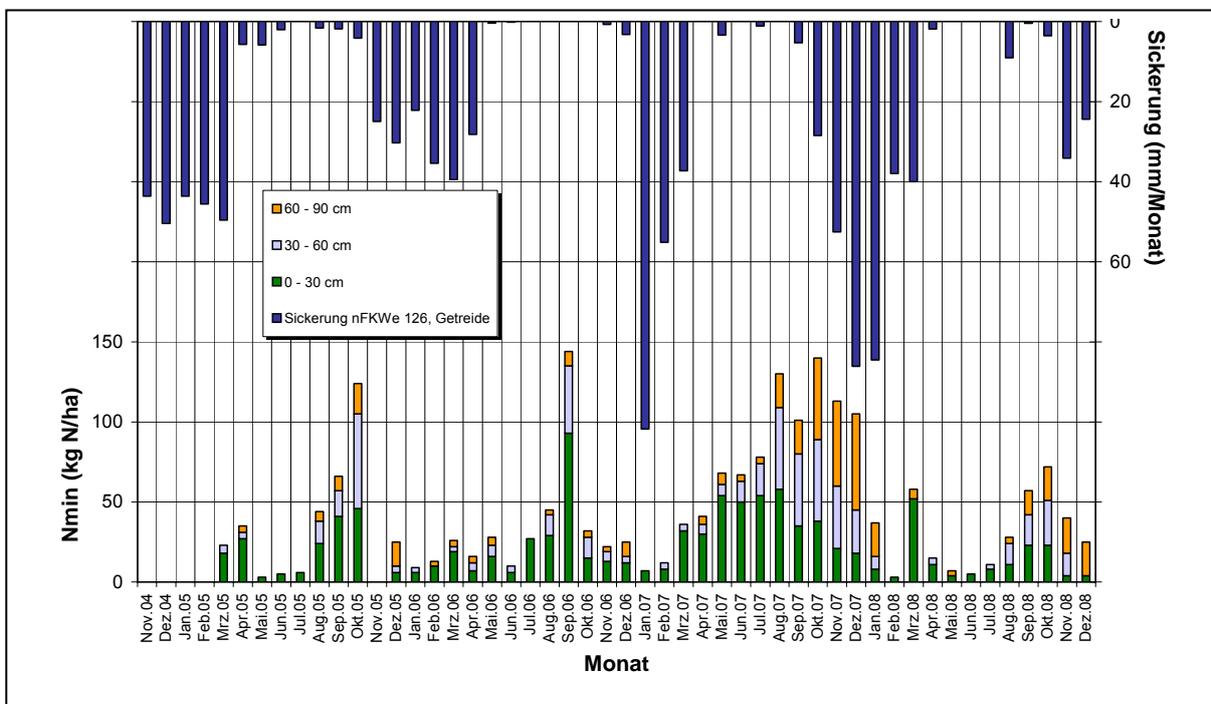
Es muss davon ausgegangen werden, dass die hier beschriebenen Zusammenhänge in ähnlicher Form auch für das Gebiet Aldruper Mark zutreffen. So wurde z. B. im Jahr 2009 auf zahlreichen Flächen Mais angebaut. Zudem wurde die Ausbringung von Gülle auf Maisstoppeln beobachtet (z. B. 29.09.2009). Aufgrund der unmittelbar anschließend eingesetzten Sickerung ist es sehr wahrscheinlich, dass Nähr- und Schadstoffe ganz oder teilweise in das oberflächennahe Grundwasser eingetragen wurden. Diese Annahme soll an späterer Stelle anhand ausgewählter Qualitätsparameter überprüft werden.

Auf anderen Flächen stand zum selben Zeitpunkt eine gut wüchsige Zwischenfrucht, die nach der Hauptfrucht Getreide angebaut wurde und über die der im Boden vorliegende Stickstoff bis in das Frühjahr gebunden wird. Diese Form der Bewirtschaftung ist aus Sicht des Gewässerschutzes zu begrüßen und müsste - sollte die Aldruper Mark wasserwirtschaftlich erschlossen werden - für einen Großteil der Flächen im Einzugsgebiet angestrebt werden. **Foto 6 A** und **B** zeigen die gänzlich unterschiedlichen und hinsichtlich der Grundwasserqualität stark differierenden Situationen im Herbst 2009.



**Foto 6:** Applizierte Gülle auf einer abgeernteten Maisfläche (A), Anbau einer Zwischenfrucht auf einer vorherigen Getreidefläche (B, Tag der Aufnahmen: 29.09.2009, der Standort der Aufnahmen entspricht den potenziellen Brunnenstandorten, Blick in östliche bzw. südliche Richtung)

Die **Abbildung 9** zeigt am Beispiel eines Standortes bei Greven, wie der zu Beginn der Sickerperiode im Boden vorliegende mineralische Stickstoffgehalt ( $N_{min}$ ) mit dem Wasser in größere Tiefe verlagert und schließlich aus der Wurzelzone ausgewaschen wird /55/. Betrachtet man z. B. die Jahre 2007 / 2008 wurde mindestens ca. 100 kg N ausgewaschen. Bei einer Sickerung in Höhe von ca. 260 mm ergibt sich eine Nitratkonzentration im Sickerwasser von ca. 170 mg/l (ohne Berücksichtigung von z. B. Nitratabbau /16/ /56/ /57/).



**Abbildung 9:** Zusammenhang zwischen mineralischem Stickstoffgehalt im Boden ( $N_{min}$ ) und Sickerung, gemessen an einem Standort in Greven (Bo-

denart: lehmiger Sand - sandiger Schluff, Bodenzahl: 38 /16/ /55/ /56/ /57/)

Die Mehrzahl der Oberflächenwasserkörper in den hier betrachteten Einzugsgebieten wurde hinsichtlich ihres qualitativen Zustandes bei den PBSM als gut bewertet. Temporäre Belastungen waren eng mit dem jeweiligen Abfluss korreliert. Es wurden Konzentrationsüberschreitungen für die Wirkstoffe Isoproturon, MCPA, Terbutryn, Metolachlor, Mecoprop und Diuron ausgewiesen (Messungen aus dem EU-Monitoring /30/ /31/). Stadtwerke-eigene Daten nennen neben Diuron und Isoproturon zusätzlich Einzelbefunde beim Wirkstoff Chlortoluron /14/. Für das Gebiet Aldruer Mark existieren PBSM-Messwerte zu insgesamt fünf untersuchten Wässern, wobei alle Werte unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze lagen (Messungen vom 26.04. und 28.04.2006 sowie 28.10.2007 an den Stellen AM 4, tief und ML 5, 15,6 und 37 m, Analyse jeweils auf 50 Wirkstoffe /38/).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die aktuell bestehenden diffusen und linearen Gefährdungen durch Stoffeinträge beim Nitrat insgesamt hoch, bei den PBSM eher gering sind. Vergleicht man die Gebiete Herbern / Wentrup und Aldruer Mark besteht im Gebiet Aldruer Mark eine deutlich höhere Gefahr eines Nitratreintrages in das Grundwasser. Wenngleich über die vorliegenden Messwerte keine Belastungen des Grundwassers mit PBSM ausgewiesen werden, ist das Potenzial eines entsprechenden Eintrages in dem landwirtschaftlich genutzten Gebiet ebenfalls erhöht. Die Rahmenbedingungen für eine aus qualitativer Sicht Erfolg versprechende wasserwirtschaftliche Nutzung der Aldruer Mark sind als ungünstig zu bewerten. Weitere Details hierzu - gestützt durch die Auswertung weiterer hydrochemischer Daten - werden in **Kapitel 3.5** erörtert.

## 2.7.2 Punktuelle Einträge

### 2.7.2.1 Kommunale Kläranlagen

In den Teilgebieten „Ems-Hauptfluss“ und „Ems-linker Zuflüsse“ werden aktuell 38 kommunale Kläranlagen betrieben. 32 dieser Anlagen liegen im Oberstrom der Wassergewinnung Herbern / Wentrup und sind für die weiteren Betrachtungen relevant. Die **Karte 10** im **Anhang** zeigt neben der Größe auch die Lage der Anlagen bzw. die jeweiligen Einleitungsstellen /58/. Die Ausbaugröße variiert zwischen 500 und 300.000 Einwohnerwerten. Die Hauptkläranlage in Münster ist die mit Abstand größte Anlage, ihr Einwohnergleichwert wird mit 78.200 angegeben. Die Mehrzahl der übr-

gen Anlagen ist mit Einwohnergleichwerten unter 20.000 deutlich kleiner. Die Anlagen in Versmold, Beckum und Ahlen-Stadt nehmen eine Mittelstellung ein.

Im Jahr 2007 fielen für die verschiedenen Anlagen zwischen ca. 50.000 und 22,2 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser an **/58/**. Insgesamt erreichte die gereinigte und in die Vorfluter eingeleitete Menge ein Volumen von rund 99 Mio. m<sup>3</sup>. Im Vergleich zu dem am Pegel Greven im hydrologischen Jahr 2007 ermittelten Gesamtabfluss von ca. 1.049 Mio. m<sup>3</sup> ergibt sich ein Abwasseranteil von 10 %. Im Jahr 2006 war der Abwasseranteil mit ca. 25 % deutlich höher. Hier flossen ca. 157 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser mit einem Gesamtabfluss von ca. 651 Mio. m<sup>3</sup> ab.<sup>4</sup>

Betrachtet man die räumliche Verteilung der Standorte fällt auf, dass die Kläranlagen in Telgte und Warendorf direkt in die Ems einleiten, alle übrigen Klärwerke leiten ihr Abwasser in Emsnebangewässer ein. Die Einleitung der Kläranlage in Greven-Reckenfeld erfolgt auf Höhe des Emskilometers 246,8 und damit rund ein Kilometer stromabwärts der Wassergewinnung Herbern / Wentrup. Im Einzugsgebiet der potenziellen Wassergewinnung Aldruper Mark existieren keine kommunalen Kläranlageneinleitungen. In dem überwiegend ländlich geprägten Raum erfolgt die Abwasserentsorgung vermutlich dezentral über z. B. Kleinkläranlagen. Weitere Informationen hierzu liegen nicht vor.

In der **Tabelle 1 im Anhang** wurden die wichtigsten technischen Kenndaten der relevanten Kläranlagen zusammengestellt. Dabei werden Aspekte wie z. B. die Art und der Umfang der vorgehaltenen Reinigungsstufen detailliert dargestellt. Wie der Zusammenstellung zu entnehmen ist, erfolgt die Abwasserbehandlung in allen Fällen über mechanisch-biologische Reinigungsstufen, wobei der jeweilige Umfang der Behandlung stark variiert. Bei 34 Anlagen ist zusätzlich eine Phosphatelimination realisiert. Weitergehende Aufbereitungsschritte, wie z. B. eine Membranfiltration, existieren nicht. Die im Untersuchungsgebiet liegenden kommunalen Kläranlagen halten sämtliche im Rahmen der Abwasserverordnung geforderten Ablaufkonzentrationen ein.<sup>5</sup>

### 2.7.2.2 Industriell-gewerbliche Direkteinleitungen

---

<sup>4</sup> Die oben gemachten Angaben beziehen sich auf das jeweils gesamte Jahr, zu einzelnen Zeitpunkten können die angegebenen Anteile deutlich variieren.

<sup>5</sup> Einschränkend muss hierzu gesagt werden, dass für die sechs kleinsten Anlagen (< 10.000 EW) keine Aussagen hierzu vorliegen. Dies betrifft die Klärwerke in Ascheberg-Herbern, Beelen, Ennigerloh-Westkirchen, Halle Hesseln, Münster Häger und Warendorf Hoetmar. Aufgrund der sehr geringen Einleitungsmenge (z. B. 2007 < 700.000 m<sup>3</sup> je Anlage) ist diese Datenlücke für die Gesamtbewertung unerheblich.

Neben den Emissionen aus kommunalen Kläranlagen sind für das Untersuchungsgebiet diverse industriell-gewerbliche Direkteinleitungen zu nennen. Hierbei beschränken sich die folgenden Ausführungen ausschließlich auf die acht größten Betriebe, wobei hier eine Jahresschmutzwassermenge von 20.000 m<sup>3</sup> als Untergrenze angesetzt worden ist. Die mit Abstand größten Einleitungen erfolgen über die Anlagen der Firmen BASF Coatings AG (212.000 m<sup>3</sup>/a), Humana Milchunion EG (272.000 m<sup>3</sup>/a), die Standortverwaltung Münster (972.000 m<sup>3</sup>/a) sowie die Firma Winkhaus Technik GmbH & Co (308.000 m<sup>3</sup>/a). Die Firmen Eternit AG, H. & E. Reinert GmbH, Gebrüder Schmilde GmbH sowie die Vosso Tiefkühlkost GmbH leiten mit < 57.000 m<sup>3</sup> deutlich weniger Abwasser ein. Zu beachten ist, dass die Anlagen der Standortverwaltung Münster und die der Firma Winkhaus Technik GmbH & Co direkt in die Ems einleiten, alle weiteren Einleitungen erfolgen in die Nebengewässer (z. B. Humana Milchunion EG in die Maarbecke und die BASF Coatings AG in den Emmerbach /10/).

Der Vergleich mit der über die kommunalen Kläranlagen eingeleiteten Abwassermenge verdeutlicht die entsprechenden Relationen: So wurden im Jahr 2006 ca. 5 Mio. m<sup>3</sup> über die industriell-gewerblichen Einleitungen abgegeben, die Menge der kommunalen Einleitungen belief sich im Vergleich hierzu auf ca. 157 Mio. m<sup>3</sup> (Verhältnis 1:30). Bei einzelnen Parametern können sich die Frachtanteile zu Ungunsten der industriell-gewerblichen Einleitungen verschieben (z. B. AOX 1:15). Bezogen auf die Gesamtbelastung bedeutet dies, dass einzelne industriell-gewerbliche Einleitungen beachtlich sein können, ein Aspekt, der anhand der zur Verfügung gestellten Daten nicht konkretisiert werden konnte (**Kap. 3.2**).

### 3 Größenordnung und Entwicklung der hydrochemischen Parameter

#### 3.1 Bewertung der Qualität der kommunalen Abwässer

Neben den rein technischen Komponenten (**Kap. 2.7.2.1**) wurden im Rahmen dieser Studie aussagekräftige Qualitätskriterien recherchiert, um hieraus eine mögliche Gefährdung der Wasserbeschaffenheit der Vorfluter und/oder der Grund- und Rohwässer ableiten zu können. Hierbei zeigte sich, dass auf Grundlage der in den Anhängen zur Abwasserverordnung aufgeführten Wasserinhaltsstoffe (n = 79) bzw. der entsprechend bereitgestellten Daten **/59/** keine Antworten auf die hier zu klärenden Fragen gegeben werden konnten. Aus diesem Grund wurden weitere Quellen genutzt, um zumindest einen ersten Überblick über das Potenzial der über den Abwasserpfad in die aquatischen Systeme eingetragenen wasserwerks- und trinkwasserrelevanten Stoffe zu erhalten.

Die **Abbildung 10** zeigt die im Rahmen von Sonderuntersuchungen im Ablauf von Kläranlagen gemessenen Carbamazepin-Konzentrationen<sup>6</sup> **/12/**. Die Daten stammten aus Messungen in den Jahren 1999 - 2003, wobei je Kläranlage die Mittelwerte von 3 bis max. 54 Einzelproben berücksichtigt wurden. Es wurden Konzentrationen zwischen 0,41 µg/l und 2,78 µg/l im gereinigten Abwasser ermittelt. Zu insgesamt fünf Anlagen lagen keine Informationen vor, da es sich hierbei mit Ausnahme des Klärwerks in Vermold ausschließlich um sehr kleine Anlagen handelt. Der Median der dargestellten Konzentrationen lag bei 1,3 µg/l.

In der **Abbildung 11** ist die Entwicklung der EDTA-Konzentration im Ablauf von zwei ausgewählten Kläranlagen im Untersuchungsgebiet dargestellt. Die synthetisch hergestellte Verbindung EDTA gehört zu der Stoffgruppe der Aminopolycarbonsäuren und gilt allgemein als starker Komplexbildner, der die Eigenschaft besitzen, insbesondere Schwermetalle zu binden. Aus diesem Grund wird dieser Stoff bei vielen industriellen Prozessen eingesetzt (Fotoindustrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Kosmetik, Haushalt, Sonstiges / Handel). In den Kläranlagen Vermold und Greven-Rekenfeld wurden in den Jahren 1998 - 2001 Konzentrationen zwischen 23 und 511 µg/l gemessen, der Median lag bei 20 bzw. 28 µg/l.

---

<sup>6</sup> Der pharmazeutische Wirkstoff Carbamazepin gehört zur Gruppe der Antiepileptika und ist strukturell und pharmakologisch den trizyklischen Antidepressiva ähnlich. Er wird nicht nur zur Epilepsiebehandlung, sondern auch zur Stimmungsaufhellung eingesetzt **/60/**.

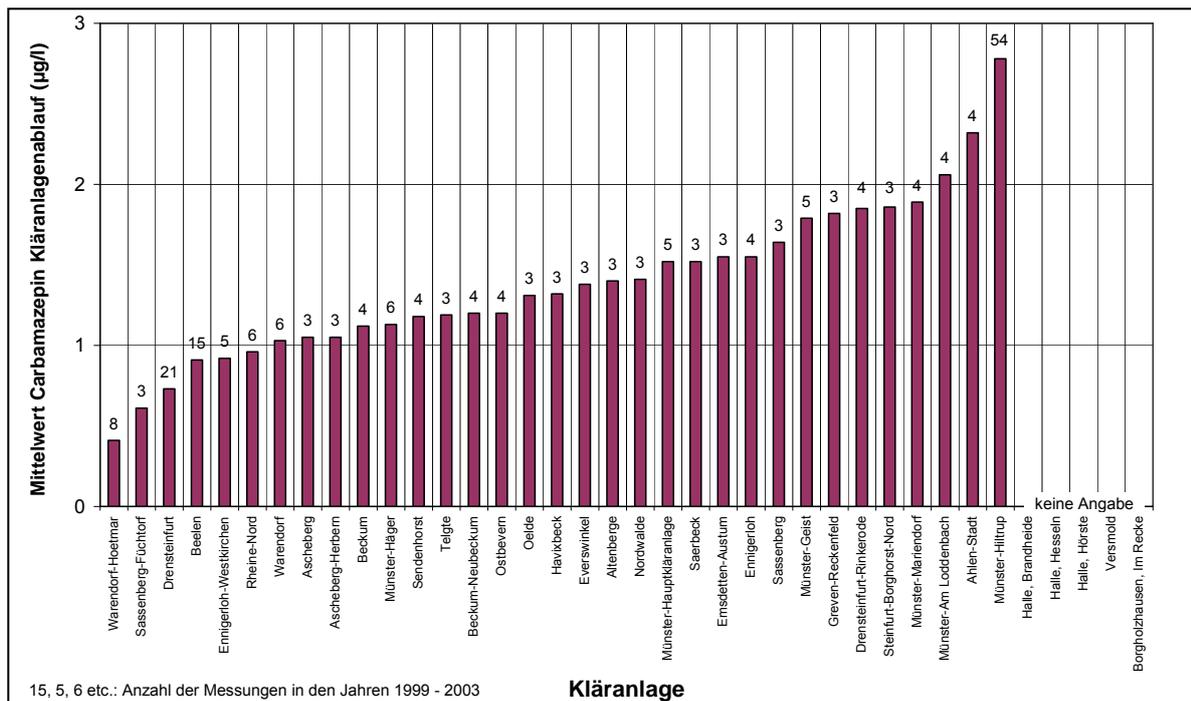


Abbildung 10: Carbamazepin-Konzentration im Ablauf der Kläranlagen im Untersuchungsgebiet (Messungen der Jahr 1999 - 2003 /12/

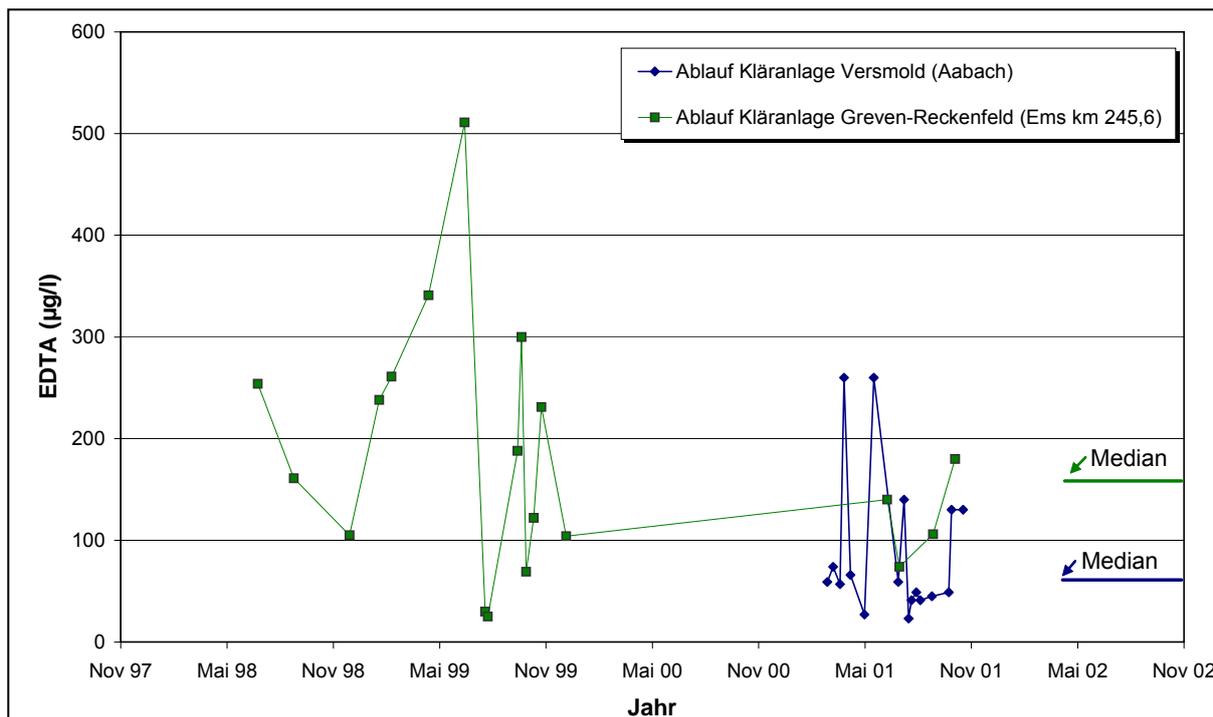


Abbildung 11: Entwicklung der EDTA-Konzentration im Ablauf ausgewählter Kläranlagen im Untersuchungsgebiet /13/

Die Verbindungen Carbamazepin und EDTA stehen stellvertretend für eine Reihe weiterer wasserwerks- und trinkwasserrelevanter Stoffe (z. B. Diclofenac, Amidotrizoesäure, Iopamidol, TCP). Wenngleich weitere konkrete Daten fehlen,

muss davon ausgegangen werden, dass auch die oben genannten Stoffe in die Ems bzw. deren Nebengewässer eingetragen werden, dort vermutlich in Abhängigkeit der Einleitungsmenge sowie dem Abfluss in stark schwankenden Konzentrationen nachgewiesen werden und damit letztendlich ein Gefährdungspotenzial der Trinkwasserversorgung darstellen. Die an späterer Stelle angestellten stoffspezifischen Betrachtungen sowie die Diskussion der in der Ems bzw. im Grund- und Rohwasser gemessenen Konzentrationsniveaus ermöglichen eine weitere Differenzierung der tatsächlich bestehenden Gefährdungen.

Es kann festgehalten werden, dass durch die im Untersuchungsgebiet praktizierte Einleitung von in kommunalen Kläranlagen gereinigtem Abwasser Stoffeinträge resultieren, die für die Wassergewinnung Herbern / Wentrup zu einem gewissen Gefährdungspotenzial führen. Für die relevanten Mikroverunreinigungen stellt das in die Vorfluter des Untersuchungsgebietes über die kommunalen Kläranlagen eingeleitete Abwasser die maßgebliche Belastungsquelle dar.

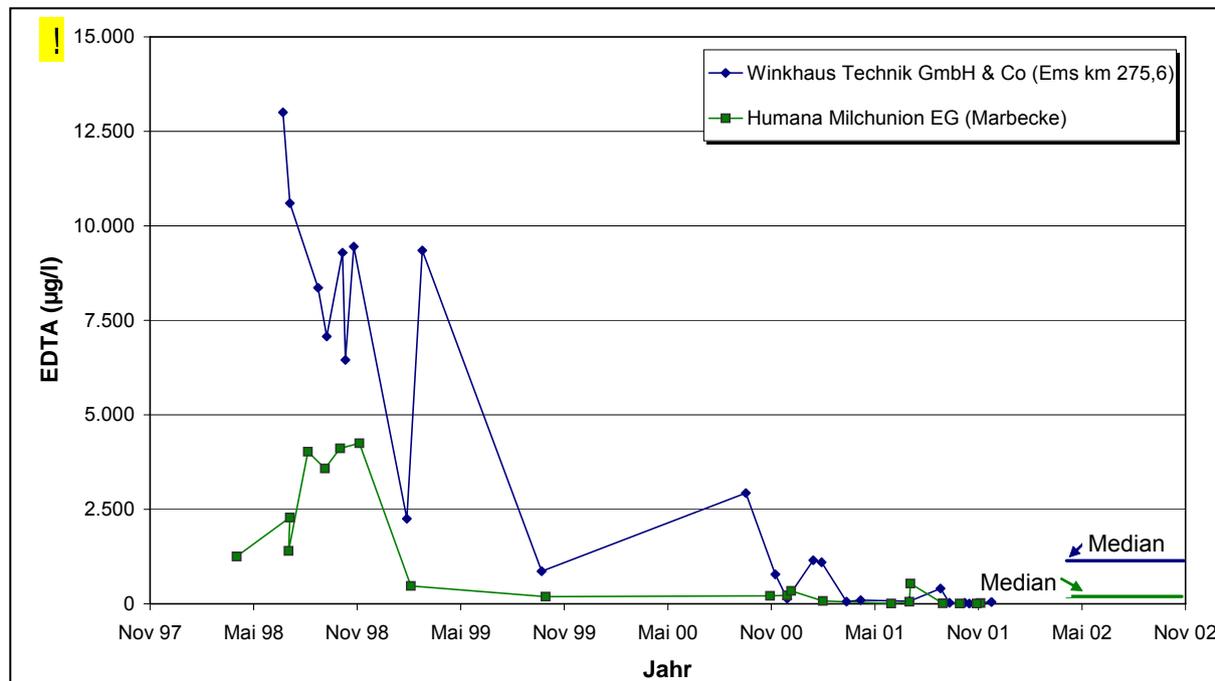
Die Wassergewinnung Aldrufer Mark ist hiervon deutlich weniger betroffen, da für dieses Gewinnungsgebiet ein nennenswerter Eintrag über den Abwasserpfad auszuschließen ist. Eine mögliche Beeinträchtigung der Grundwasserqualität kann aus den möglicherweise im Gebiet betriebenen Kleinkläranlagen entstehen. Dies konnte nicht weiter geprüft werden. Das hiermit verbundene Risiko wird aber nicht zuletzt aufgrund der geringen Zahl von Einzelhöfen ( $n = 10$ ) als eher unbedeutend eingestuft.

### 3.2 Bewertung der Qualität der industriell-gewerblichen Abwässer

Zur Belastung der Abwässer aus Industrie- und Gewerbebetrieben mit organischen Spurenstoffen ist wenig bekannt. An dieser Stelle kann daher nur auf ausgewählte Betriebe und hier nur auf den Parameter EDTA eingegangen werden. Es liegen Messwerte aus den Jahren 1998 -2001 vor, wobei im Vergleich zur **Abbildung 11** die abweichende Skalierung der y-Achse zu beachten ist (**Abbildung 12**). Von anfänglichen Spitzenkonzentrationen in Höhe von 1.250 bzw. 13.000  $\mu\text{g/l}$  nahm die EDTA-Konzentration durch die Optimierung von Herstellungsprozessen und / oder durch spezielle Abwasserbehandlungen kontinuierlich ab und erreichte im Jahr 2001 ein Niveau von ca. 10 bis 30  $\mu\text{g/l}$ . Der Median betrug für den hier betrachteten Zeitraum ca. 280 bzw. 1.100  $\mu\text{g/l}$ .

Insgesamt kann festgehalten werden, dass aus der im Untersuchungsgebiet praktizierten industriell-gewerblichen Einleitung der in den Betrieben anfallenden Abwässer

eine nicht weiter zu quantifizierende Gefährdung resultiert. Die anhand der angeführten Beispiele aufgezeigten Verbesserungen der Einleitungsqualitäten verdeutlicht das Potenzial eines optimierten und auf die Aspekte des Gewässerschutzes abgestimmten Produktionsablaufs.



**Abbildung 12:** Entwicklung der EDTA-Konzentration im Ablauf ausgewählter industriell-gewerblicher Einleitungen im Untersuchungsgebiet /13/

### 3.3 Bewertung der Emswasserqualität

Bevor in den **Kapiteln 3.4 bis 3.6** auf die verschiedenen Grund-, Roh- und Trinkwasserqualitäten eingegangen wird, soll zuvor die Qualität des Emswassers beschrieben werden. Hierfür wurden in einem ersten Schritt Stadtwerke-eigene sowie externe Daten gesichtet (LANUV NRW, diverse weitere Wasserversorgungsunternehmen an der Ems /8/ /9/). Diese Messwerte wurden dann im Rahmen eines im Jahr 2009 umgesetzten Monitorings fortgeschrieben bzw. um einige weitere Wasserinhaltsstoffe ergänzt /47/.

Die berücksichtigten Entnahmestellen lagen ausschließlich im betrachteten Untersuchungsgebiet (= Emskilometern 297 bis 248 bzw. Wassergewinnung Herbern / Wentrup, s. **Karte 1, Anhang**). Die Bewertung der nachgewiesenen Wasserinhaltsstoffe erfolgte vorrangig aus dem Blickwinkel einer möglichen Nutzung des Emswasser als Rohwasserressource zur Trinkwasserproduktion. Aus diesem Grund bildete auch das Merkblatt W 251 bzw. die dort genannten Normal- und Mindestanforderungen den Rahmen für die Bewertung /1/. Dabei ist der Hinweis wichtig, dass bei Ein-

haltung der Normalanforderungen ein Oberflächenwasser mit Hilfe ausschließlich naturnaher Verfahren zur Trinkwasser aufbereitet werden kann, was dann wiederum den gesetzlichen Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht **/3/**.<sup>7</sup> Werden die Normalanforderungen überschritten, jedoch die Mindestanforderungen eingehalten, kann aus einem Wasser dieser Qualität aus der Kombination von naturnahen Verfahren und physikalisch-chemischen Aufbereitungsschritten ebenfalls Trinkwasserqualität erzeugt werden.<sup>8</sup>

Aufgrund der Tatsache, dass seit Veröffentlichung der W 251 im Jahr 1996 weitere wasserwerks- und trinkwasserrelevante Stoffe analysierbar sind und hinsichtlich ihrer Bedeutung aktuell diskutiert werden, sind weitere Parameter bzw. Konzentrationen zu beachten. Ein wichtiges Dokument hierzu stellt das im Oktober 2009 vom DVGW sowie zahlreichen weiteren Interessensvertretungen der Wasserwirtschaft<sup>9</sup> veröffentlichte Memorandum zur Forderung zum Schutz von Oberflächenwasser zur Sicherung der Trinkwasserversorgung dar **/4/**. Die genannten Zielwerte sind als Qualitätsobergrenzen zu verstehen, die angestrebt werden, um einen sicheren Einsatz von einfachen, naturnahen Aufbereitungsverfahren zur Trinkwasserproduktion zu gewährleisten. Dabei ist im Unterschied zu der W 251 - bei der es vorrangig um die Einstufung der Eignung einer entsprechenden Nutzung des Gewässers ging - ein Appell zur Ergreifung von Maßnahmen bei möglichen Abweichungen vom Zielwert verbunden. Die Zielwerte sind als Maximalwerte zu verstehen, die einem vorausschauenden Ressourcenschutz entsprechen. Sie gelten an der Entnahmestelle des entsprechenden Oberflächengewässers. Dabei müssen die Art der Beprobung sowie die Häufigkeiten repräsentativ sein, d. h. die jeweilige Abflusssituation sollte bekannt sein und bei der Bewertung der gemessenen Konzentrationen berücksichtigt werden.

Aus diesem Grund wurden im Rahmen des im Jahr 2009 vom IWW durchgeführten Monitorings drei verschiedene Zeitpunkte mit unterschiedlichen Abflüssen ausgewählt (01.04., 08.07. und 29.09., s. **Kap. 2.5** und **3.4.2**). Die Terminierung ergab sich aus der vereinfachten Annahme, dass auf diesem Wege die Größenordnung der im

---

<sup>7</sup> Zu den naturnahen Verfahren gehören die künstliche Grundwasseranreicherung einschließlich der Uferfiltration, die Verwendung von Langsandsfiltern, die Schnellfiltration und Flockung.

<sup>8</sup> Zu den physikalisch-chemischen Aufbereitungsschritten gehören: Flockung und Filtration, Belüftung, Enteisierung und Entmanganung, Entsäuerung, Einstellung des chemischen Gleichgewichtes, Desinfektion. Zudem sind beliebige Kombinationen denkbar. Verfahrensschritte wie z. B. die Behandlung mit Ozon, die Aktivkohlefiltration, die UV-Bestrahlung oder die Mikro- und Ultrafiltration mit Hilfe von Membranen gehören nicht zu den hier gemeinten naturnahen bzw. physikalisch-chemischen Aufbereitungsschritten.

<sup>9</sup> Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V., Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr, Arbeitsgemeinschaft der Wasserversorgung im Einzugsgebiet der Elbe sowie der Arbeitsgemeinschaft der Trinkwassertalsperren e.V.

Jahresverlauf zu erwartenden Konzentrationen abgeschätzt werden kann. Über den Vergleich mit weiteren, in vorherigen Jahren gemessenen Werten sollte dann deren Repräsentativität geprüft werden. Hierbei ging es vorrangig um die Stoffe, deren Qualitätsanforderungen derzeit nicht eingehalten werden.

Die **Abbildungen 1 bis 48 im Anhang** zeigen die Größenordnung der im Emswasser in den Jahren 1996 - 2009 gemessenen Konzentrationen verschiedener Wasserinhaltsstoffe. Die Reihenfolge der Grafiken entspricht der Aufstellung der **Tabelle 1** des Merkblattes W 251 /1/. Zu den einzelnen Parametern bestand eine unterschiedlich gute Datenlage, was dazu führte, dass nicht für alle aufgeführten Entnahmestellen Messwerte vorlagen. Insgesamt kann aber festgehalten werden, dass die Messwertdichte so gut war, dass eine belastbare Bewertung der Emswasserqualität vorgenommen werden konnte. Hinzuweisen ist auf die **Abbildungen 33 und 34, 38 bis 44** sowie **47**, in denen die Konzentrationen von PFT, DTPA, Carbamazepin, Diclofenac, diverser Flammschutzmittel und Barium gezeigt werden. Diese Stoffe sind im Stoffspektrum der W 251 nicht enthalten, für die Gesamtbewertung jedoch von Bedeutung.

Zur Einordnung der gezeigten Konzentrationen wurde dort, wo eine Angabe der Mindestanforderung nach W 251 vorlag, diese in die entsprechenden Grafiken eingezeichnet. Existiert diese nicht, wurde der entsprechende Zielwert nach /4/ verwendet. Für einzelne Wasserinhaltsstoffe wurden sowohl das Niveau der Mindestanforderung sowie der jeweilige Zielwert kenntlich gemacht.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass bis zu zehn Entnahmestellen berücksichtigt wurden, die in der Legende entsprechend ihrer Lage in Fließrichtung aufgeführt sind (s. auch Angabe des jeweiligen Emskilometers und **Karte 1, Anhang**). Bei einigen Entnahmestellen handelt es sich um Gütemessstellen im Kontext der EU-WRRL (z. B. Pegel Einen); andere Stellen dienen der Überwachung von Einleitungen. Besonders zu beachten ist die Entnahmestelle auf Höhe der Wassergewinnung Herbern / Wentrup (km 247,6).

Es ist nicht zielführend, auf jeden einzelnen Wasserinhaltsstoff einzeln einzugehen bzw. dessen zeitliche Entwicklung oder mögliche Konzentrationsverschiebungen im Verlauf der Ems zu diskutieren. Daher sollen an dieser Stelle ausschließlich die Wasserinhaltsstoffe genannt werden, bei denen es zu einer Überschreitung der Mindestanforderung kam bzw. - wenn diese nicht vorlag - wie die Konzentrationen in Bezug auf den Zielwert einzuordnen sind.

Ammonium: Dieser Wasserinhaltsstoff trat im Emswasser an allen Entnahmestellen in stark schwankenden und teilweise über der Mindestanforderung liegenden Werten auf (**Abbildung 5, Anhang 1**). Auf Höhe der Wassergewinnung Herbern / Wentrup kam es zwei Mal zu einer geringfügigen Überschreitung.

Aluminium, gelöst: Einmalige Überschreitung der Mindestanforderung in einer Probe vom 22.08.2007 (um 300 µg/l), keine Überschreitung auf Höhe der Gewinnung Herbern / Wentrup (**Abbildung 6, Anhang 1**).

Calcium: Vielfach Werte im Bereich der Normalanforderung, für diesen Parameter gibt es keine Vorgabe der Mindestanforderung, ähnliches Konzentrationsniveau an allen Entnahmestellen, also auch in Herbern / Wentrup (**Abbildung 11, Anhang 1**).

Eisen, gelöst: stark schwankende Werte, geringfügige Überschreitung in Herbern / Wentrup an insgesamt drei Terminen (**Abbildung 15, Anhang 1**).

Mangan, gelöst: Einmalige Überschreitung der Mindestanforderung auf Höhe der Gewinnung Herbern / Wentrup um mehr als das Doppelte, ansonsten im Bereich der Anforderung bzw. unterhalb (**Abbildung 19, Anhang 1**).

DOC: Drei Überschreitungen der Mindestanforderung auf Höhe der Gewinnung Herbern / Wentrup, um max. 2 mg/l (**Abbildung 28, Anhang 1**).

EDTA: an mehreren Entnahmestellen zum Teil deutliche Überschreitung der Mindestanforderung, zudem vielfach Konzentrationen über dem Zielwert; keine Angaben zur EDTA-Konzentration auf Höhe der Wassergewinnung Herbern / Wentrup; Spitzenkonzentrationen von 34,3 mg/l (18.08.1999, oberhalb Kläranlagen Winkhaus, km 276) und 33 µg/l (11.11.2008, Hornheide km 268) (**Abbildung 31, Anhang 1**).

PFOA und PFOS: Ausschließlich Unterschreitungen des Zielwertes, alle Werte unter der Bestimmungsgrenze (Ausnahme: Probe SW Münster GmbH, 11.11.2008, Hornheide: 0,016 µg/l); eine Belastung der Ems durch Perfluortenside ist auf Grundlage dieser Werte auszuschließen (**Abbildung 33, Anhang 1**).

Carbamazepin: Überwiegend Überschreitungen des Zielwertes; keine Angabe zur Mindestanforderung; keine Daten zur Konzentration auf Höhe der Wassergewinnung Herbern / Wentrup; Spitzenkonzentrationen von 0,52 µg/l (31.07.2003, unterhalb Kläranlage Telgte III km 273), 0,4 µg/l (11.11.2008, Hornheide km 268) (**Abbildung 38, Anhang 1**).

Diclofenac: Mehrfach Überschreitung des Zielwertes; keine Mindestanforderung; Spitzenkonzentrationen von 0,37 µg/l (18.01.2008 Ringemannshals km 269) und 0,12 µg/l (11.11.2008, Hornheide, **Abbildung 39, Anhang 1**).

TCPP: Überschreitung des Zielwertes am 06.06.2007: 1,2 µg/l (Pegel Einen); keine Mindestanforderung (**Abbildung 41, Anhang 1**).

AOX: Einmalige Überschreitung der Mindestanforderung auf Höhe der Gewinnung Herbern / Wentrup: 22.06.1997, 63,7 µg/l (**Abbildung 47, Anhang 1**).

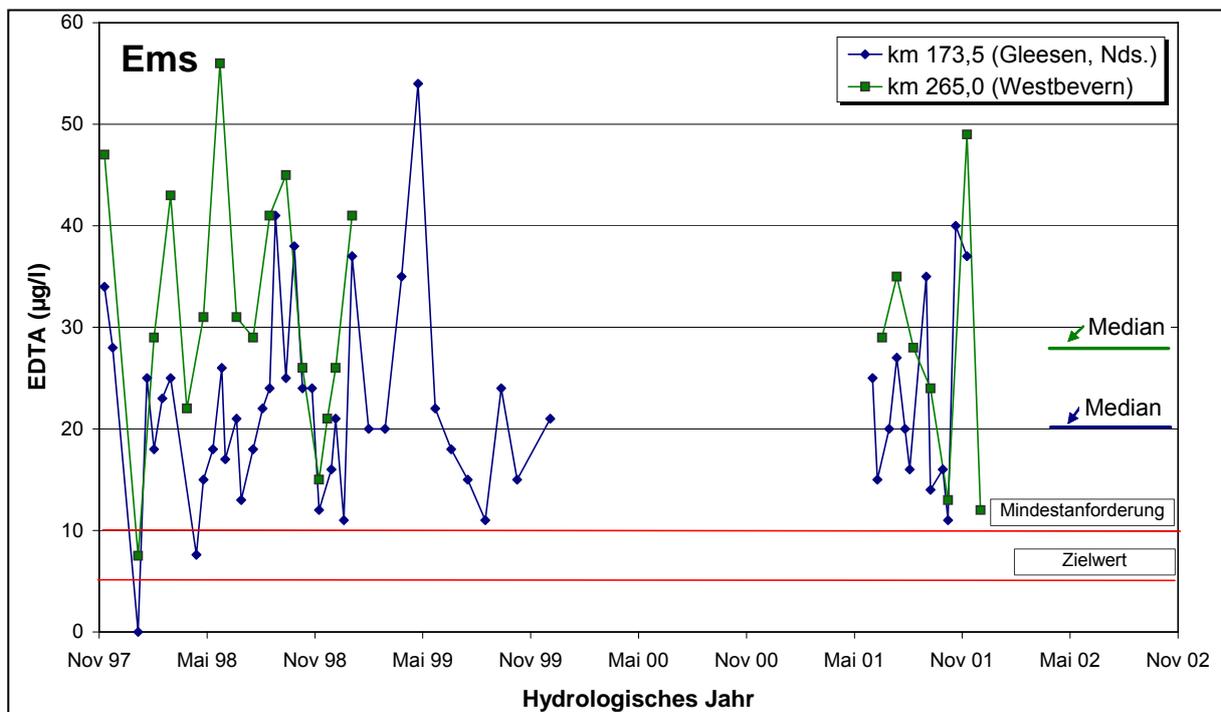
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Qualität der Ems in dem hier betrachteten Abschnitt in fast allen Punkten den Mindestanforderungen des Merkblattes W 251 entspricht und das Gewässer damit grundsätzlich als Rohwasserressource zur Trinkwasserproduktion geeignet ist. Die für einzelne Parameter beschriebenen Überschreitungen traten nur temporär auf und bezogen sich immer auf wechselnde Entnahmestellen.

Diese Aussage gilt in Bezug auf den ebenfalls in der W 251 genannten Parameter EDTA nicht. Dies liegt u. a. an der Tatsache, dass sowohl die Zahl der Messwerte insgesamt als auch die der Entnahmestellen im Vergleich zu den anderen Wasserinhaltsstoffen deutlich geringer sind. Zudem fiel der große Schwankungsbereich der gemessenen Konzentrationen auf (Werte unter der Bestimmungsgrenze und maximal 34 µg/l). Der Maximalwert überschritt die Mindestanforderung von 10 µg/l um das Dreifache. Letztendlich kann aus dem vorliegenden Datensatz kein belastbares Bild zur EDTA-Konzentration der Ems abgeleitet werden, so dass dieser Aspekt später noch einmal aufgegriffen werden soll.

Da die pharmazeutischen Wirkstoffe Carbamazepin und Diclofenac bisher nicht im Merkblatt W 251 als zu berücksichtigende Parameter aufgeführt sind, konnten die gemessenen Konzentrationen ausschließlich mit dem Zielwert von jeweils 0,1 µg/l verglichen werden. Dessen häufige Überschreitung im nahezu gesamten Emsverlauf (Faktor 2 bis 5 bei Carbamazepin und 2 bis 3 bei Diclofenac) bedeutet im Kontext des Memorandums, dass diese Stoffe bei dem hier vorliegenden Konzentrationsniveau durch naturnahe Aufbereitungsverfahren nicht hinreichend eliminiert werden. Dies gilt es an späterer Stelle für die Gegebenheiten in Herbern und Wentrup zu überprüfen.

Aufgrund der Bedeutung der genannten Stoffe für das zukünftige Wasserversorgungskonzept der Stadtwerke Greven GmbH wurde versucht, die Datenlage zum

Emswasser weiter zu verdichten (Literatur, Daten weiterer Wasserversorgungsunternehmen). Die **Abbildung 13** zeigt die Entwicklung der EDTA-Konzentration in den Jahren 1998 - 2002. Es wurden Spitzenkonzentrationen von ca. 56  $\mu\text{g/l}$  bestimmt, der Median der dargestellten Werte betrug 28,5  $\mu\text{g/l}$  (Westbevern) bzw. 20  $\mu\text{g/l}$  (Gleesen). Eine Entwicklung in Richtung fallender Werte ist zumindest anhand dieses Datensatzes nicht zu erkennen. Die Entnahmestelle Westbevern liegt auf Höhe des Emskilometer 266 und ist damit ca. 20 Kilometer von der Wassergewinnung Herbern / Wentrup entfernt. Die ebenfalls dargestellte Probenahmestelle Gleesen liegt außerhalb des Untersuchungsgebietes. Der Vergleich beider Ganglinien legt die Vermutung nahe, dass es im Emsverlauf zu einer Abnahme der Konzentrationen aufgrund von Verdünnung kommt. Diese Beobachtung wurde bereits an anderer Stelle in der Literatur erwähnt /13/. An beiden Stellen wurde über nahezu den gesamten Zeitraum sowohl die Mindestanforderung nach W 251 als auch der Zielwert überschritten.



**Abbildung 13:** Entwicklung der EDTA-Konzentration der Ems in den Jahren 1998 - 2002, Entnahmestellen innerhalb (Westbevern) und außerhalb der Untersuchungsgebietes (Gleesen) /13/

In der **Tabelle 2** wurden die von der Stadtwerke Münster GmbH zur Verfügung gestellten Messwerte zusammengestellt /46/. Berücksichtigt wurden in dieser Übersicht nur die Stoffe, bei denen eine Überschreitung der Mindestanforderungen bzw. Zielwerte zu befürchten war. Analysiert wurde ein Emswasser, das am 11.11.2008 bei

Kilometer 268 (Hornheide) entnommen wurde (= ca. 20 km oberstromig der Gewinnung Herbern / Wentrup, s. **Karte 1, Anhang**).

Neben den Wirkstoffen Carbamazepin und Diclofenac wurden weitere pharmazeutische Verbindungen nachgewiesen, wobei auch hier der Zielwert von 0,1 µg/l teilweise überschritten wurde. Die Konzentrationen der untersuchten Flammschutzmittel waren hingegen unbedenklich. Hinzuweisen ist auf die stark erhöhte Iopamidol-Konzentration (2,2 µg/l), die damit den Zielwert um das Doppelte überschritt. Ausgesprochen hoch war auch die gemessene EDTA-Konzentration (33 µg/l), die damit weit über der Mindestanforderung und dem Zielwert lag. Der Abfluss der Ems zum Zeitpunkt der Probenahme war gering (s. **Abbildung 7**). Die in der **Tabelle 2** dargestellten Werte stehen stellvertretend für einige andere Daten, die von weiteren Wasserversorgungsunternehmen an der Ems zur Verfügung gestellt wurden (z. B. Stadtwerke Gütersloh GmbH, Wasserversorgung Beckum GmbH, Stadtwerke ETO GmbH & Co.KG /8/). Dabei fiel auf, dass die Unternehmen über relativ wenige Informationen zur Qualität der Ems auf Höhe der jeweiligen Wassergewinnung verfügen. Dort, wo Untersuchungen z. B. auf Humanpharmaka, EDTA oder PBSM durchgeführt wurden, lagen die Werte deutlich unter den in der **Tabelle 2** genannten Konzentrationen<sup>10</sup>.

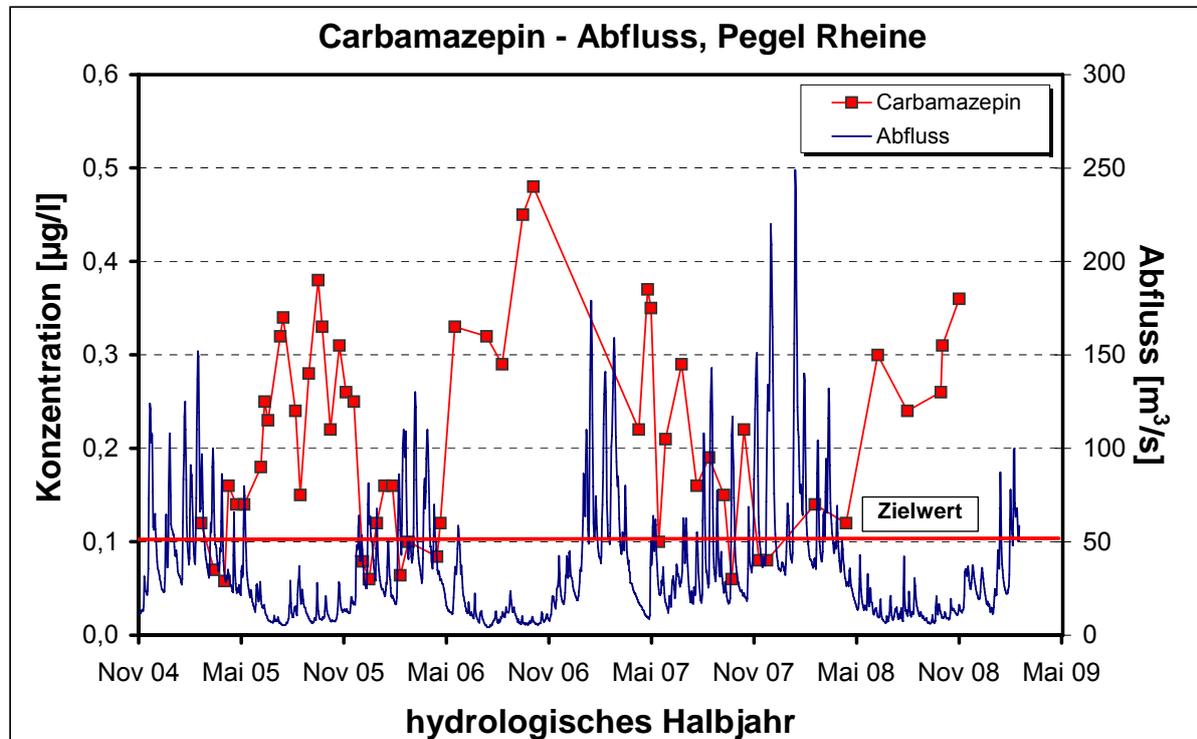
**Tabelle 2:** Konzentrationen verschiedener Wasserinhaltsstoffe im Emswasser (Probe vom 11.11.2008, Entnahmestelle Hornheide, Stadtwerke Münster GmbH, Abfluss ca. 8 m<sup>3</sup>/s am Ende einer ca. zweimonatigen Niedrigwasserphase /46/)

Parameter	Gruppe	Ems (µg/l)	Mindestanforderung W 251 (µg/l)	Zielwert (µg/l)
Carbamazepin	Antiepileptika	0,40	-	0,1
Diclofenac	Analgetika, Antiplogistika	0,12	-	0,1
Metoprolol	Betablocker	0,10	-	0,1
Sulfamethoxazol	Makrolide, Sulfonamide	0,17	-	0,1
Amidotrizoesäure	Röntgenkontrastmittel	0,54	-	1
Iohexol	Röntgenkontrastmittel	0,12	-	1
Iomeprol	Röntgenkontrastmittel	0,40	-	1
Iopamidol	Röntgenkontrastmittel	2,20	-	1
TCEP	Flammschutzmittel	0,04	-	1
TCPP	Flammschutzmittel	0,25	-	1
NTA	Komplexbildner	0,60	10	5
EDTA	Komplexbildner	33,00	10	5

 Mindestanforderung/Zielwert eingehalten  
 Mindestanforderung/Zielwert überschritten

<sup>10</sup> Z. B. in einer Probe vom 23.10.2007 auf Höhe der Wassergewinnung Spexard: Carbamazepin 0,12 µg/l, Diclofenac 0,11 µg/l, EDTA 3,9 µg/l

Schließlich sind noch die in der **Abbildung 14** gezeigten Messungen am Pegel Rheine zu erwähnen, die den Einfluss der Wasserführung der Ems auf die Stoffkonzentrationen verdeutlicht: Hohe Carbamazepin-Konzentrationen korrelieren sehr gut mit Niedrigwasserphasen. In Zeiten hoher Abflüsse sank die Konzentration zeitweise unter den Zielwert von 0,1 µg/l.



**Abbildung 14:** Entwicklung der Carbamazepin-Konzentration der Ems im Vergleich zum Abfluss in den Jahren hydrologischen 2005 - 2008 (Entnahmestelle Pegel Rheine, außerhalb des Untersuchungsgebietes *19/ 171*)

### 3.4 Bewertung der Grund- und Rohwasserbeschaffenheit der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup

#### 3.4.1 Messkonzept

Nachdem mit der Darstellung der Emswasserqualität ausführlich die Ausgangssituation beschrieben wurde, sollen nun die hieraus resultierenden Konsequenzen für die Wassergewinnungen Herbern und Wentrup erörtert werden. Hierbei sei noch einmal in Erinnerung gerufen, dass die bisherigen Abschätzungen von einem Uferfiltratanteil von mindestens 32 %, höchstwahrscheinlich aber mehr ausgehen *122/ 123/*.

Es war zu prüfen, ob relevante Spurenstoffe auch im Grundwasser bzw. im Rohwasser nachgewiesen werden können.<sup>11</sup>

Eine erste Sichtung der Rohwasserdaten des Auftraggebers ergab, dass zwar zu allen Parametern der Rohwasserüberwachungsrichtlinie NRW Messwerte vorlagen /14/ /61/, zu den relevanten organischen Spurenstoffen jedoch keine Analysen existierten. Aus diesem Grund wurde in der Zeit von April bis September 2009 ein eigens hierfür konzipiertes Gütemonitoring aufgestellt und umgesetzt (Probenahmen 01.04., 08.07. und 29.09.2009). Ziel war es, nach Vorliegen dieser Messwerte die Größenordnung und Entwicklung der relevanten organischen Wasserinhaltsstoffe beschreiben zu können. Zudem wurden einzelne Sonderuntersuchungen durchgeführt, um hieraus z. B. mögliche Belastungen des landseitig zuströmenden Grundwassers ausschließen oder die zum Zeitpunkt der Beprobung vorliegenden Anteile von Emswasser im Grund- und Rohwasser besser quantifizieren zu können.<sup>12</sup>

Das Messkonzept sah vor, für die beiden Gewinnungen Herbern und Wentrup jeweils ein Rohwasser mit hohen und niedrigen Anteilen von Emswasser im Rohwasser zu beproben (im Folgenden mit "emsnah" und "emsfern" umschrieben). Ein identischer Ansatz wurde für die auszuwählenden Grundwassermessstellen verfolgt. Zusätzlich wurde das Rohmischwasser beprobt, wobei zum Zeitpunkt der Beprobung alle Brunnen der jeweiligen Gewinnung betrieben wurden. Zusätzlich zu der Beprobung der Grund- und Rohwässer erfolgte auch eine Entnahme von Emswasser (auf Höhe der Gewinnungen Herbern / Wentrup). Die Messkampagnen wurden bei hohen, annähernd mittleren und niedrigen Emsabflüssen umgesetzt. Die Beprobung des Grundwassers erfolgte ausschließlich zum mittleren Probenahmetermin, an dem jedoch keine Rohmischwässer entnommen wurden. Das Untersuchungsspektrum umfasste diverse Humanpharmaka und deren Abbauprodukte, Veterinärpharmaka (Ivermectin), Röntgenkontrastmittel, Flammschutzmittel, Komplexbildner, PBSM und das Seltenerdenelement Gadolinium, das als Umwelttracer fungieren sollte. Insgesamt wurden 20 Proben entnommen und analysiert.

---

<sup>11</sup> Hierbei sind folgende Bestimmungsgrenzen zu beachten: Carbamazepin 0,04 µg/l, Diclofenac 0,02 µg/l, Iopamidol 0,05 µg/l, Amidotrizoesäure 0,05 µg/l, EDTA 0,2 µg/l sowie die Flammschutzmittel TCPP und TCEP mit jeweils 0,025 µg/l. Alle genannten Werte liegen damit sicher unter den diskutierten Mindestanforderungen bzw. Zielwerten (z. B. Carbamazepin 0,1 µg/l oder EDTA 5 bzw. 10 µg/l). Ein Wert unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze wurde zur Vereinfachung mit dem Wert 0 belegt.

<sup>12</sup> Unter ökonomischen Aspekten war es nicht sinnvoll, die Wässer aller 15 Einzelbrunnen auf das relevante Stoffspektrum zu untersuchen. Zudem mussten, um allgemeingültige Aussagen zu erhalten, mehrere Abflusssituationen in der Ems erfasst werden. Schließlich galt es über ein gezieltes Monitoring an ausgewählten Grundwassermessstellen mögliche sonstige Belastungspfade zu identifizieren (z. B. PBSM oder EDTA).

Für die Auswahl geeigneter Brunnen und Grundwassermessstellen wurden zunächst alle vorliegenden Roh- und Grundwasserdaten gesichtet und im Kontext einer möglichen Beeinflussung durch die Ems ausgewertet. Hiermit war es möglich, folgende, für die zu beantwortenden Fragen geeignete Entnahmestellen auszuwählen (s. **Karte 2, Anhang**):

Gewinnung Herbern:	EB XI (Rohwasser, emsnah) S 8 (Grundwasser, emsnah) EB XIII (Rohwasser, emsfern) 26 T (Grundwasser, emsfern)
Gewinnung Wentrup:	EB V (Rohwasser, emsnah) 11 (Grundwasser, emsnah) EB XV (Rohwasser, emsfern) 32 / 2 (Grundwasser, emsfern)

An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass bei der Auswahl nicht vorrangig die relative Lage der Entnahmestelle (= Entfernung zur Ems in Metern) den Ausschlag gegeben hat, sondern die Synopse aller vorliegenden hydrochemischen Daten. Sowohl der Ausbau der Brunnen als auch der Grundwassermessstellen (hier nicht weiter dargestellt) ist geeignet, die relevanten Wasserströme abzubilden.

### 3.4.2 Parameter der Rohwasserüberwachungsrichtlinie

Die Rohwasserüberwachungsrichtlinie NRW sieht eine Gruppierung des Untersuchungsumfanges gemäß **Tabelle 3** vor **/61/**. Die **Abbildungen 1 bis 70** im **Anhang 2** zeigen die Größenordnung und Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe der Parametergruppen I und II der Rohwasserüberwachungsrichtlinie NRW, die in allen Rohwässern der Gewinnungen Herbern und Wentrup in den Jahren 1998 bis 2008 gemessen wurden **/14/**. Diese wurden mit den in der Ems bestimmten Beschaffenheitsdaten verglichen **/8/**. In den entsprechenden Grafiken werden neben den diversen vor-Ort-Parametern alle wichtigen Anionen und Kationen, ausgewählte Schwermetalle, die leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe, der Parameter AOX sowie die Summe ausgewählter PBSM-Wirkstoffe dargestellt. Die Sortierung der Brunnen in der Legende erfolgte entsprechend der zuvor aus hydrochemischer Sicht abgeschätzten Anteile von Emswasser bzw. landseitig zuströmendem Grundwasser.

**Tabelle 3:** Parametergruppen in der Rohwasserüberwachungsrichtlinie /61/

Parametergruppe I	Parametergruppe II	PBSM
Lufttemperatur Wassertemperatur Färbung Trübung Geruch	Aluminium Blei Arsen Chrom Cadmium	Alachlor Aldicarb Amitrol Atrazin Azinphos-ethyl
Temperatur pH-Wert elektrische Leitfähigkeit	Quecksilber Nickel Cyanid Fluorid AOX	Bentazon Bromacil/Carbofuran Chloridazon Chlorfenvinphos Chlortoluron Clopyralid 2,4-D Dicamba Dichlobenil Dichlorprop 1,2-Dichlorpropan 1,3-Dichlorpropen Diuron $\alpha$ -Endosulfan $\beta$ -Endosulfan Hexazinon Isoproturon Lindan (gamma-HCH) MCPA Mecoprop (MCP) Metazachlor Methabenzthiazuron Metobromuron Metolachlor Metoxuron Monuron Parathion Propazin Pyridat Simazin Terbuthylazin
SAK <sub>254</sub> Natrium Kalium Magnesium Calcium Mangan Eisen Nitrat Nitrit Ammonium ortho-Phosphat Sauerstoff Sulfat Chlorid Säurekapazität bis pH 4,3 Basekapazität bis pH 8,2 DOC Koloniezahl bei 20° C coliforme Keime bei 36° C	Tetrachlormethan 1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlorethen	

PBSM: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel

Der Brunnen EB X der Gewinnung Herbern wurde im Jahr 2006 außer Betrieb genommen. Für die Brunnen EB XV und EB XVI liegen erst seit dem Jahr 2005 Analysen vor. Soweit für die dargestellten Parameter Grenzwerte nach der TrinkwV 2001 existieren, wurden diese als Obergrenze bei der Skalierung der Konzentrationsachse festgesetzt oder in entsprechende Grafiken eingezeichnet.

Die Auswertung der Grafiken zeigt, dass mit Ausnahme der Parameter Ammonium, Mangan und Eisen alle Rohwässer bereits Trinkwasserqualität besitzen. Die in der Trinkwasserverordnung genannten Grenzwerte wurden zu jedem Zeitpunkt sicher eingehalten. Eine Entwicklung in Richtung einer deutlichen Verschlechterung eines oder mehrerer Parameter ist nicht zu erkennen. Dies gilt z. B. auch für den Parameter Nitrat, für den Werte zwischen der Bestimmungsgrenze und max. 11 mg/l bestimmt werden. Die Belastung der Rohwässer mit PBSM ist gering: Sie lag mit max. 0,1 µg/l für die Summe der PBSM zum einen deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert in Höhe von 0,5 µg/l, zum anderen traten die erhöhten Werte ausschließlich temporär und in wechselnden Rohwässern auf (**Abbildung 69 und 70, Anhang 2**).

Bezogen auf die Einzelsubstanzen traten ausschließlich die Wirkstoffe Chlortoluron, Isoproturon und Diuron auf. Die Spitzenkonzentration wurde mit 0,097 µg/l Isoproturon am 23.05.2006 im Rohwasser des Brunnen EB VI in Wenstrup bestimmt.

Die angesprochenen erhöhten Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe Ammonium, Mangan und Eisen in allen Rohwässern sind auf die hydrochemischen Milieubedingungen im Einzugsgebiet der Brunnen zurückzuführen und stehen ursächlich nicht mit der Emswasserqualität in kausalem Zusammenhang. Hier werden im Vergleich zu den Rohwässern deutlich niedrigere und für den Parameter Ammonium sogar unter dem Trinkwassergrenzwert liegende Konzentrationen bestimmt. Die weiteren Ausführungen zur Trinkwasserqualität (s. **Kap. 3.6**) zeigen, dass die genannten Wasserinhaltsstoffe durch die derzeit vorgehaltene Aufbereitungstechnik sicher entfernt werden.

Hinzuweisen ist auf die **Abbildung 58** im **Anhang 2**, in der die Daten zur AOX-Konzentration dargestellt sind. Die Trinkwasserverordnung sieht für diesen Parameter keinen Grenzwert vor. AOX wurde fast permanent in allen Rohwässern nachgewiesen, die Konzentrationen lagen zwischen der Bestimmungsgrenze und 34 µg/l. Die starken Schwankungen erklären sich vermutlich aus den variierenden Abflussverhältnissen. Der Zielwert für AOX in Oberflächengewässern liegt bei 25 µg/l, die Mindestanforderung nach W 251 bei 60 µg/l.

Es kann festgehalten werden, dass die Rohwasserbeschaffenheit der Gewinnungen Herbern und Wenstrup hinsichtlich der Parameter der Rohwasserüberwachungsrichtlinie in allen Punkten so gut ist, dass in Verbindung mit der derzeit im Wasserwerk Wenstrup vorgehaltenen Aufbereitungstechnik ein qualitativ hochwertiges Trinkwasser produziert werden kann.

### 3.4.3 Organische Spurenstoffe

Im Folgenden soll auf die Relevanz von Mikroverunreinigungen im Rohwasser eingegangen werden. Hier ist zu beachten, dass diese Stoffe weder in der Rohwasserüberwachungsrichtlinie NRW noch in der Trinkwasserverordnung 2001 enthalten sind.<sup>13</sup> Für die Bewertung von Mikroverunreinigungen im Trinkwasser wird neben den

---

<sup>13</sup> Sah der Referentenentwurf für die Novellierung der Trinkwasserverordnung 2001 noch einen Grenzwert in Höhe von 0,1 µg/l für eine so genannte Umweltkontaminante vor (zu der auch die hier diskutierten Stoffe gehört hätten), wurde dieser Änderungsvorschlag Mitte März 2009 vollständig gestrichen und wird nach dem derzeitigen Stand nicht in der neuen Trinkwasserverordnung enthalten sein (d. h. auch nicht mit einem modifiziertem Wert /62/ /63/).

bisher verwendeten Größen "Mindestanforderung" und "Zielwert" (diese gelten ausschließlich für Oberflächengewässer) mit dem so genannten **Gesundheitlichen Orientierungswert (GOW)** ein weiter Begriff eingeführt. Je nach toxikologischer Datenbasis und trinkwasserhygienisch hinnehmbarer Belastungsdauer sind unterschiedlich wählbare und dauerhaft hinnehmbare Konzentrationen zu unterscheiden. Der GOW stellt einen "Vorsorgewert bezüglich der menschlichen Gesundheit" aus Sicht der Trinkwasserversorgung dar */5/*. Er wird unter der Mindestanforderung festgelegt, dass bei lebenslangem Genuss von zwei Litern Trinkwasser pro Tag keine Überschreitung eines nach gesellschaftlichem Konsens duldbaren Risikos für die Konsumenten auftritt. Der GOW wird besonders für jene Stoffe festgelegt, die aufgrund einer unzureichenden Datenlage noch nicht oder nur teilweise bewertbar sind. Die Festlegung des GOW ist abhängig von der Art der Wirkung des Stoffes und dem gesicherten aktuellen Wissensstand über die Wirkung des Stoffes. Erste Bewertungsbasis ist pauschal ein GOW in Höhe von 0,1 µg/l. Darüber hinaus gibt es weitere Empfehlungen zu gesundheitlich unbedenklichen Höchstkonzentrationen, die bis zum gesicherten Nachweis der Wirkung auf Mensch und Umwelt vorläufig geduldet werden können. Schließlich sei auf den **trinkwasserhygienischen Vorsorgewert** (Vorsorge-Höchstwert (VW) für Stoffe im Trinkwasser) hingewiesen, der für viele organische Verbindungen  $\leq 0,1$  µg/l beträgt und als langfristiges Mindestqualitätsziel angesehen werden muss. Gemeinsam mit dem GOW spannt der Vorsorgewert einen Zielwertbereich auf, der in den folgenden Grafiken mit aufgenommen worden ist.

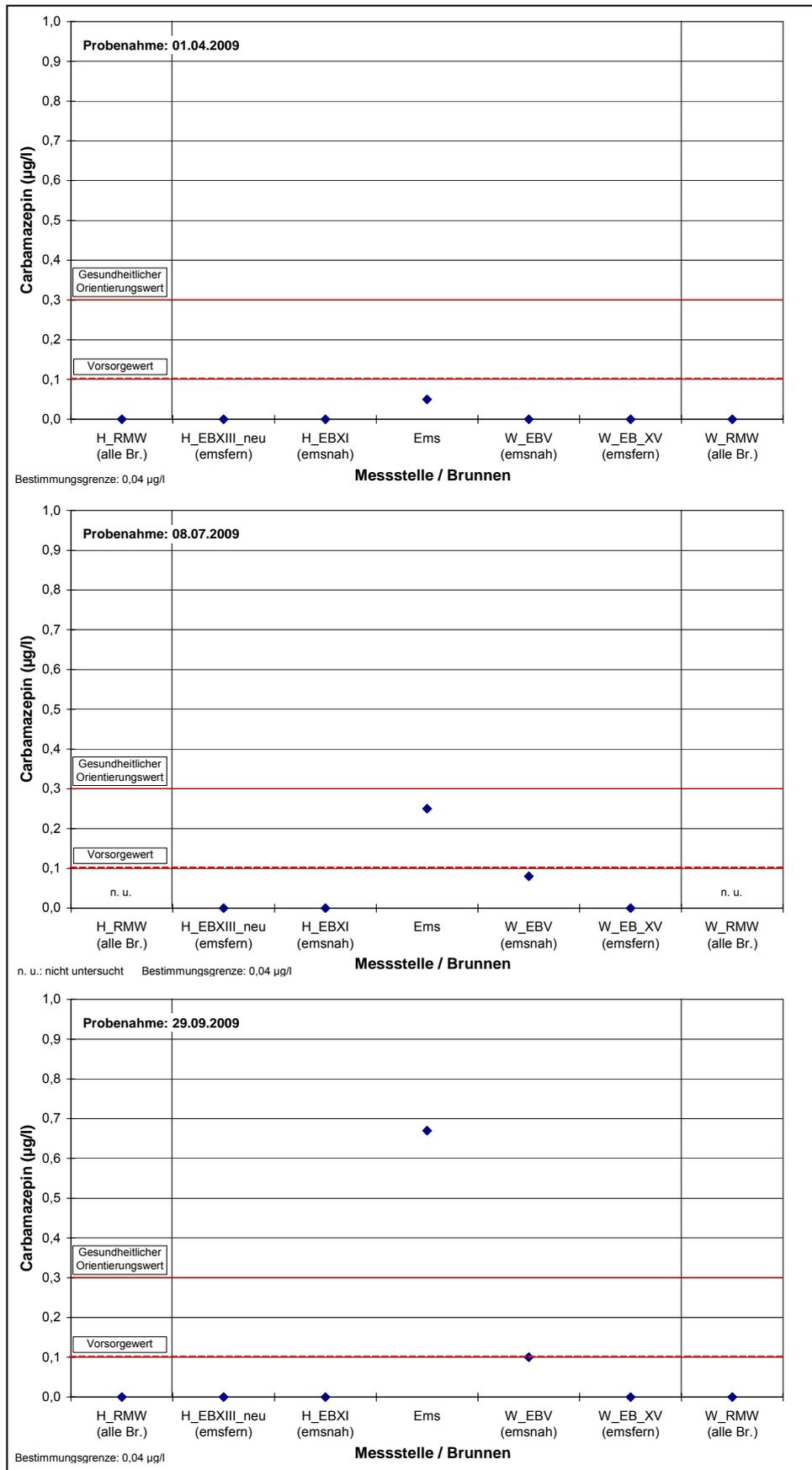
Die **Tabelle 4** zeigt für die im Rohwasser der Wassergewinnung Wentrup/Herbern zu erwartenden Mikroverunreinigungen die gesundheitlichen Orientierungswerte und Vorsorgewerte, die von der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit durch das Umweltbundesamt veröffentlicht wurden */6/*.

**Tabelle 4:** Übersicht über die Vorsorge-, Ziel- und Gesundheitlichen Orientierungswerte organischer Mikroverunreinigungen */4/ /6/ /7/*

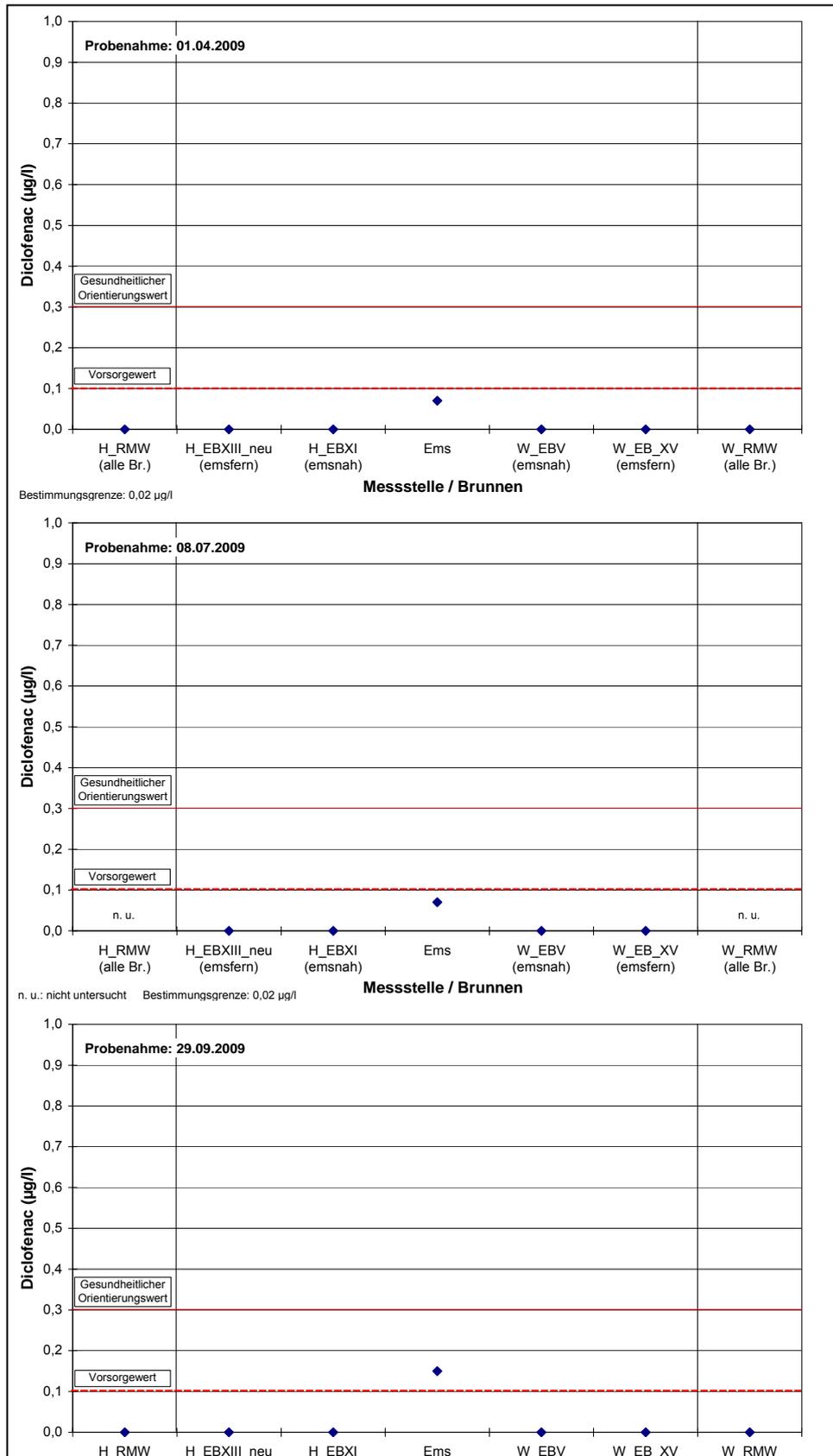
Parameter	Gruppe	Zielwert (µg/l) <i>/4/</i>	Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW, µg/l) <i>/6/</i>	Vorsorgewert (µg/l) <i>/7/</i>
anzuwenden für		Rohwasser- ressource	Trinkwasser	Trinkwasser
Carbamazepin	Humanpharmaka	0,1	0,3	0,1
Diclofenac	Humanpharmaka	0,1	0,3	
Amidotrizoesäure	Röntgenkontrastmittel	0,1	1,0	
Iopamidol	Röntgenkontrastmittel	0,1	1,0	
TCEP	Flammschutzmittel	1,0	1,0	
TCEP	Flammschutzmittel	1,0	1,0	
EDTA	Komplexbildner	5,0	10,0	

Die **Abbildung 15** bis **Abbildung 21** zeigen die im Jahr 2009 in den verschiedenen Wässern gemessenen Konzentrationen der in **Tabelle 4** genannten Mikroverunreinigungen.

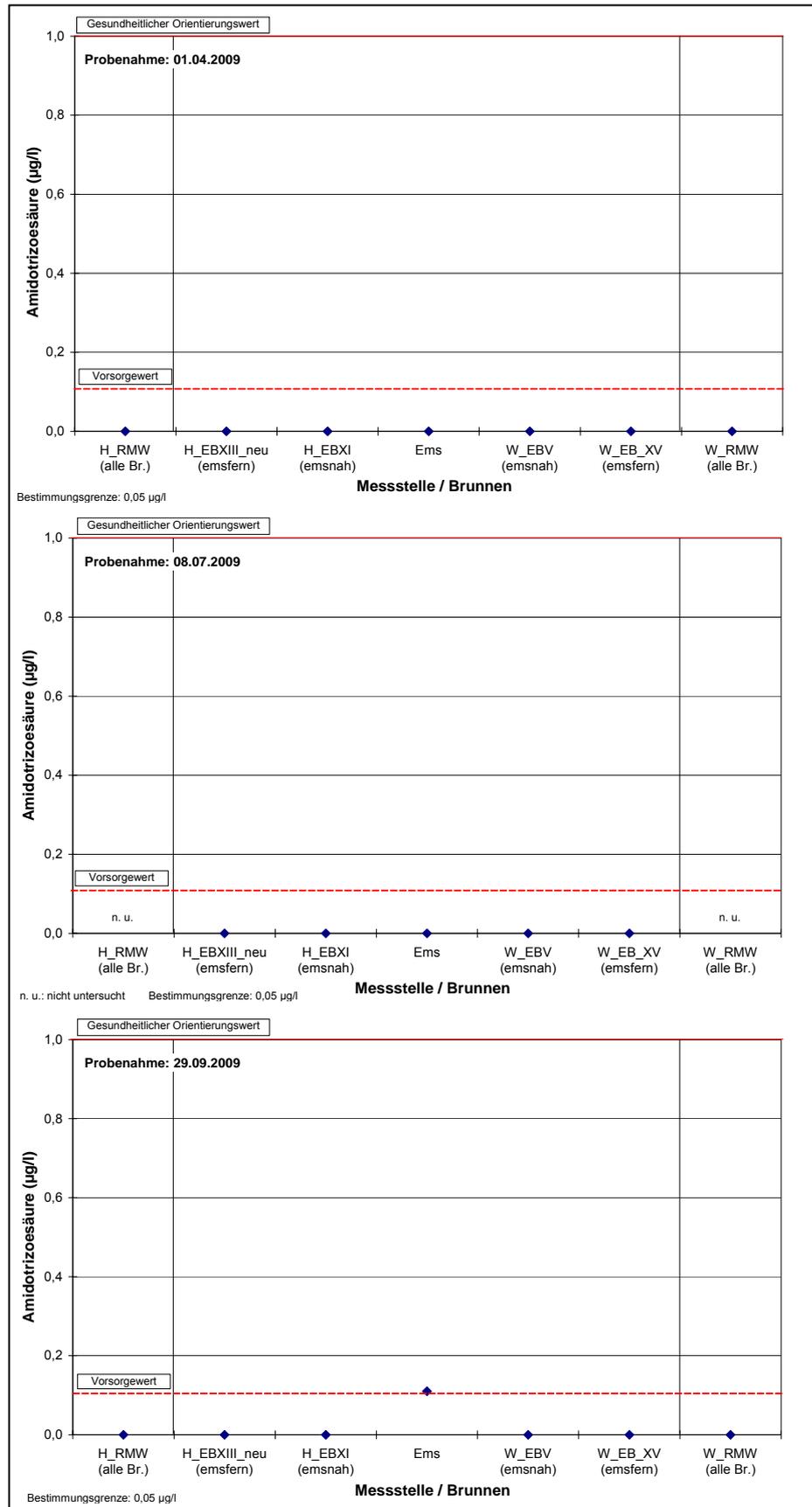
Die Grafiken sind so aufgebaut, dass in der Mitte der x-Achse die Konzentrationen des Emswassers dargestellt wird. Die links davon liegenden Werte geben Auskunft über die Belastungen der Rohwässer in Herbern, die rechts hiervon liegenden Punkte zeigen die entsprechenden Messwerte aus Wentrup an. Die Rohwässer wurden hinsichtlich ihrer relativen Lage zur Ems bzw. ihren vermuteten Uferfiltratanteilen unterschieden. Am Bildrand wurden zusätzlich die Ergebnisse der Rohmischwässer aufgetragen, wobei hier zu beachten ist, dass alle Brunnen der jeweiligen Gewinnung in Betrieb waren. Die drei übereinander angeordneten Grafiken bilden die Zustände hohen Abflusses (Probenahme 01.04.2009), annähernd mittleren Abflusses (Probenahme 08.07.2009) und niedrigen Abflusses (Probenahme 29.09.2009) ab. Zusätzlich wurde in jeder Abbildung die derzeit für die Bewertung von Trinkwässern anzuwendenden Gesundheitlichen Orientierungswerte sowie der Vorsorgewert aufgetragen. Beide Grenzen spannen einen Zielwertbereich auf, mit dem die hier gemessenen Werte verglichen werden sollen. Hierbei ist zu beachten, dass die jeweilige Konzentration des am Wasserwerksausgang abgegebenen Trinkwassers immer ein Mischwasser aus verschiedenen, hier nicht weiter aufgeschlüsselten Rohwässern darstellt.



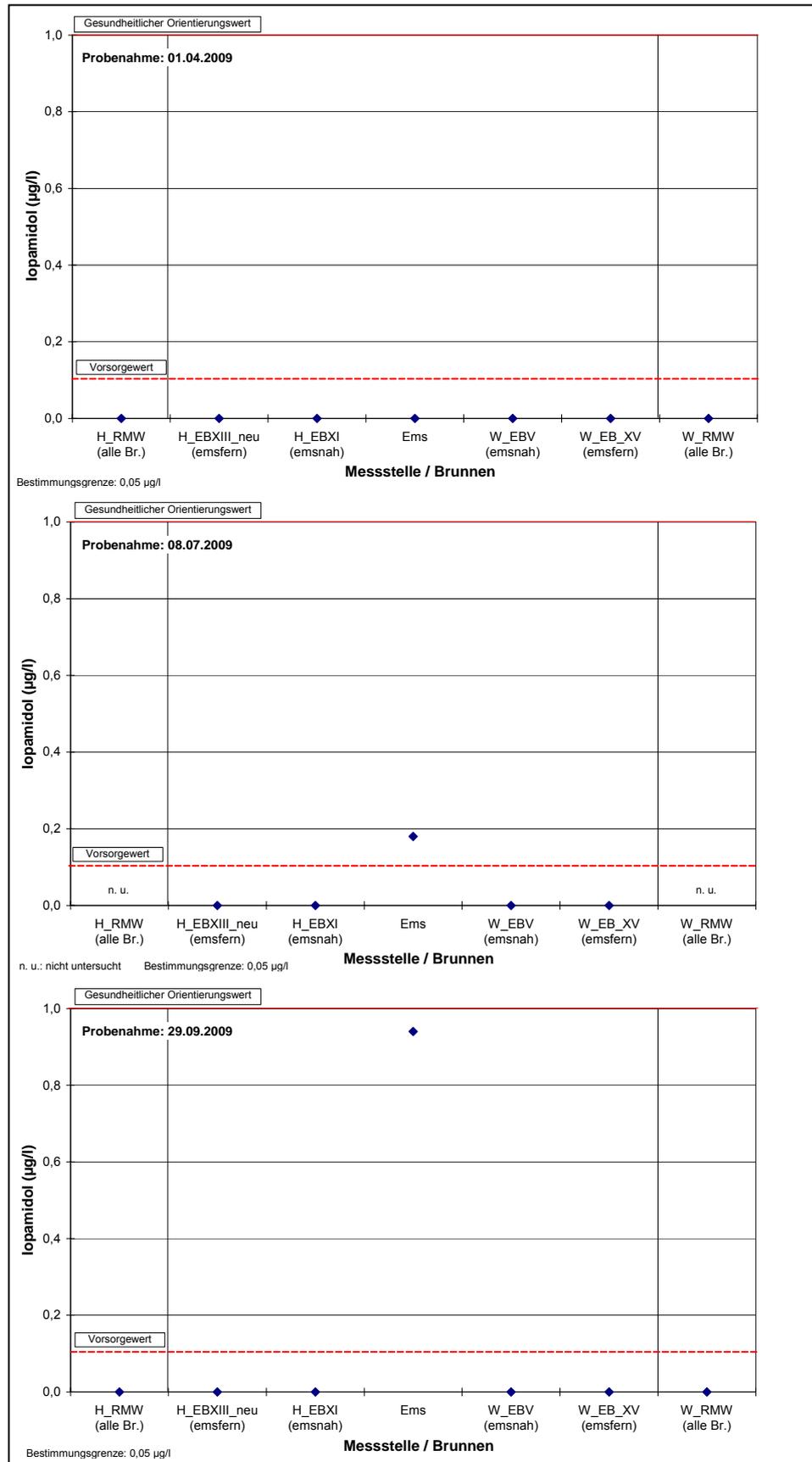
**Abbildung 15:** Carbamazepin-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wentrup (W) /6/ /7/ /47/



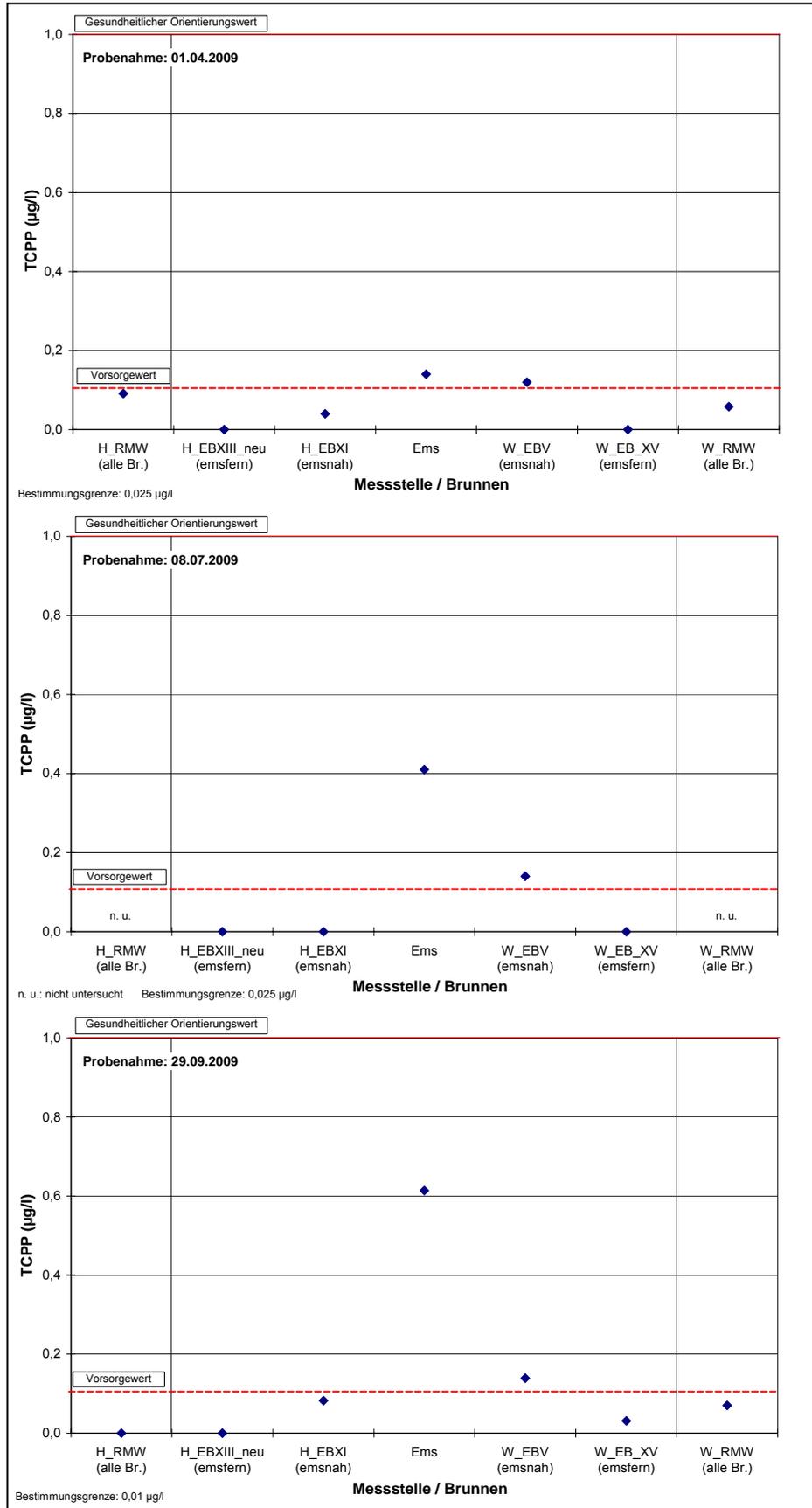
**Abbildung 16:** Diclofenac-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wentrup (W) /6/ /7/ /47/



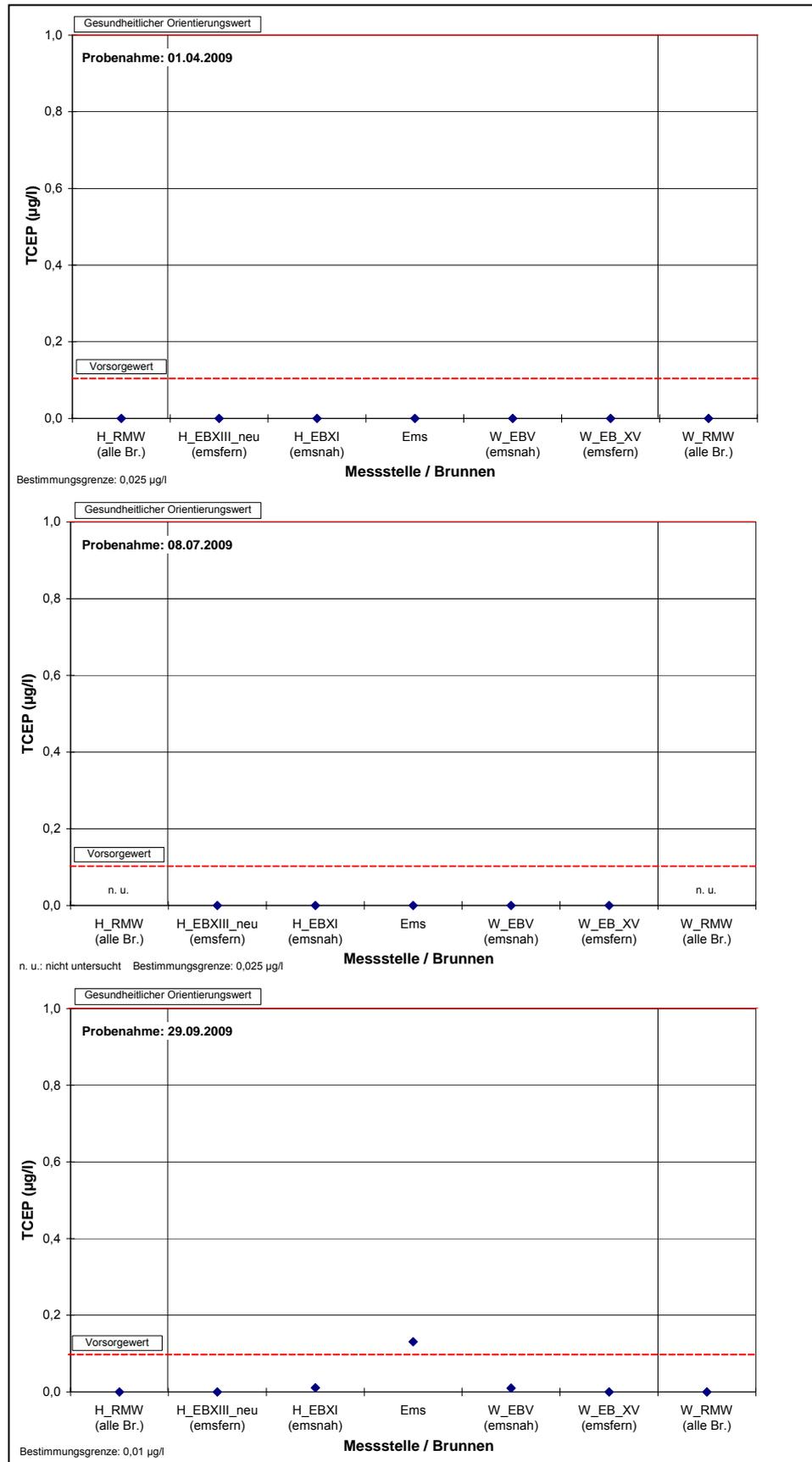
**Abbildung 17:** Amido-trizoesäure-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wenstrup (W) *16/ 17/ 147/*



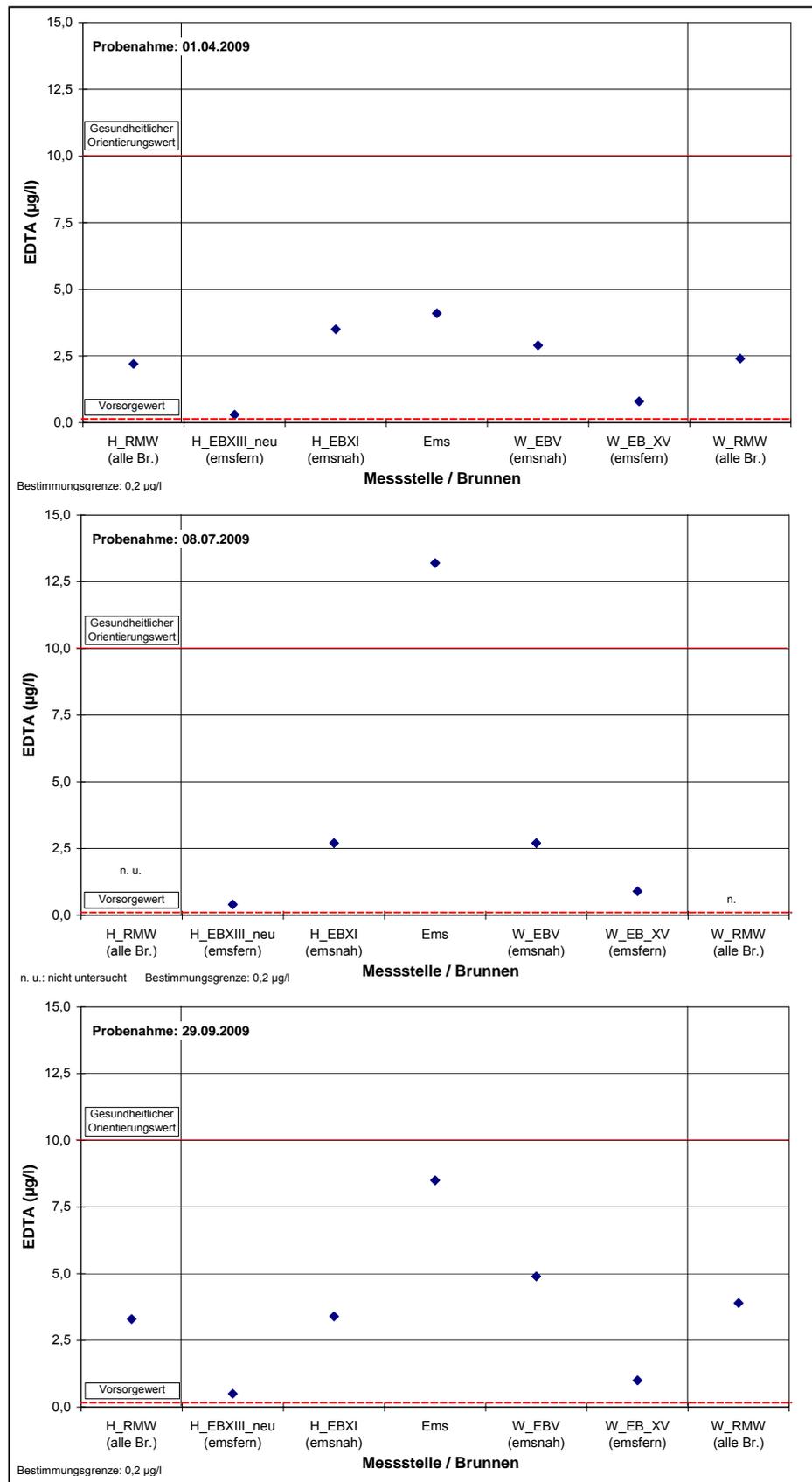
**Abbildung 18:** Iopamidol-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wentrup (W) *16/ 17/ 147/*



**Abbildung 19:** TCPP-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wentrup (W) /6/ /7/ /47/



**Abbildung 20:** TCEP-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wentrup (W) /6/ /7/ /47/



**Abbildung 21:** EDTA-Konzentration im Ems-, Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern (H) und Wentrup (W) *16/ 17/ 147/*

Erwartungsgemäß wurden im Vergleich zu den Rohwässern in der Ems die höchsten Stoffkonzentrationen ermittelt. Die Schadstoffkonzentrationen in den Rohwässern der Gewinnung Wentrup waren tendenziell höher als in den Rohwässern in Herbern, zurückzuführen auf unterschiedlich hohe Uferfiltratanteile im Rohwasser. Dieser für die Gesamtbewertung wichtige Aspekt wird später ausführlich diskutiert.

In beiden Gewinnungen nahmen die Konzentrationen mit zunehmender Entfernung von der Ems ab ( $H\_EB\ XI > H\_EB\ XIII_{neu}$  bzw.  $W\_EB\ V > W\_EB\ XV$ ). Dies ist entweder ein Resultat unterschiedlicher Anteile von Uferfiltrat bzw. landseitigem Grundwasser und/oder von Eliminationsprozessen auf der Untergrundpassage. Die entnommenen Rohmischwässer nahmen dort, wo eine hinreichende Differenzierung der Einzelbrunnen möglich war, eine Zwischenstellung ein. Insgesamt kann die Brunnenauswahl als geeignet angesehen werden, die innerhalb der Brunnengalerien bestehenden Unterschiede aufzulösen. Die im Rahmen der Beprobungen vom 08.07.2009 zusätzlich durchgeführten Grundwasseranalysen ergaben keine Hinweise auf einen möglichen Eintrag der hier diskutierten Stoffe über das landseitige Grundwasser. Alle Werte lagen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze (Messungen an den Stelle 26 T (Herbern) und 32/2 (Wentrup)). Dies gilt auch für die zu diesem Zeitpunkt ebenfalls durchgeführten Untersuchungen auf Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel.

Bei Niedrigwasserverhältnissen lagen die Konzentrationen aller betrachteten organischen Spurenstoffe in der Ems oberhalb des Vorsorgewertes von  $0,1\ \mu\text{g/l}$ . Für die Verbindung Carbamazepin wurde sogar der für diese Substanz gültige Gesundheitliche Orientierungswert von  $0,3\ \mu\text{g/l}$  um das zweifache überschritten. Die mit Abstand höchsten Konzentrationen wurden für EDTA ermittelt. Dies gilt sowohl für das Ems als auch das Roh- und Rohmischwasser. Für die Ems wurde eine Spitzenkonzentration von  $13,2\ \mu\text{g/l}$  ermittelt (Proben vom 08.07.09). Diese Belastungen nahmen in den Rohwässern auf Werte zwischen  $0,4\ \mu\text{g/l}$  ( $H\_EB\ XIII_{neu}$ ) und  $4,9\ \mu\text{g/l}$  ( $W\_EB\ V$ ) ab. In den Rohmischwässern wurden Konzentrationen zwischen  $3,3\ \mu\text{g/l}$  und  $3,9\ \mu\text{g/l}$  bestimmt. Für die Parameter Carbamazepin, Diclofenac, Amidotrizoesäure, Iopamidol und TCEP lagen die ermittelten Konzentrationen im Rohwasser an allen Probenahmeterminen unterhalb des Vorsorgewertes von  $0,1\ \mu\text{g/l}$ . Für TCPD wurde der Wert von  $0,1\ \mu\text{g/l}$  nur für das Rohwasser des Brunnens  $W\_EB\ V$  an allen Probenahmetermine geringfügig überschritten.

Für die im Roh- und Rohmischwasser bestimmten EDTA-Konzentrationen ergibt sich ein etwas differenzierteres Bild: Die Werte lagen im Rohwasser zu jedem Zeitpunkt

oberhalb des Vorsorgewertes von 0,1 µg/l, aber unterhalb des Gesundheitlichen Orientierungswertes von 10 µg/l. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass für EDTA weitaus höhere Werte als die im Rahmen der drei Beprobungen ermittelten Konzentrationen in der Ems bekannt (z. B. 33 µg/l in einer Emsprobe vom 11.11.2008, Messungen der Stadtwerke Münster GmbH /46/). Im direkten Vergleich hierzu betrug der Spitzenwert aus dem IWW-Monitoring 2009 13,2 µg/l /47/. Diese Tatsache ist vor dem Hintergrund der anzustrebenden Einhaltung des Gesundheitlichen Orientierungswertes von maximal 10 µg/l im Rohmisch- bzw. Trinkwasser von Bedeutung.

### 3.4.3.1 Detailanalyse EDTA und stoffspezifische Bewertung der Elimination

Aus diesem Grund wurden die zum Parameter EDTA vorliegenden Konzentrationen einer Detailanalyse unterzogen. Diese hatte folgende Ziele:

1. Abschätzung der tatsächlichen Eintragspfade
2. Bewertung der Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung des Gesundheitlichen Orientierungswertes in einem worst-case-Fall.

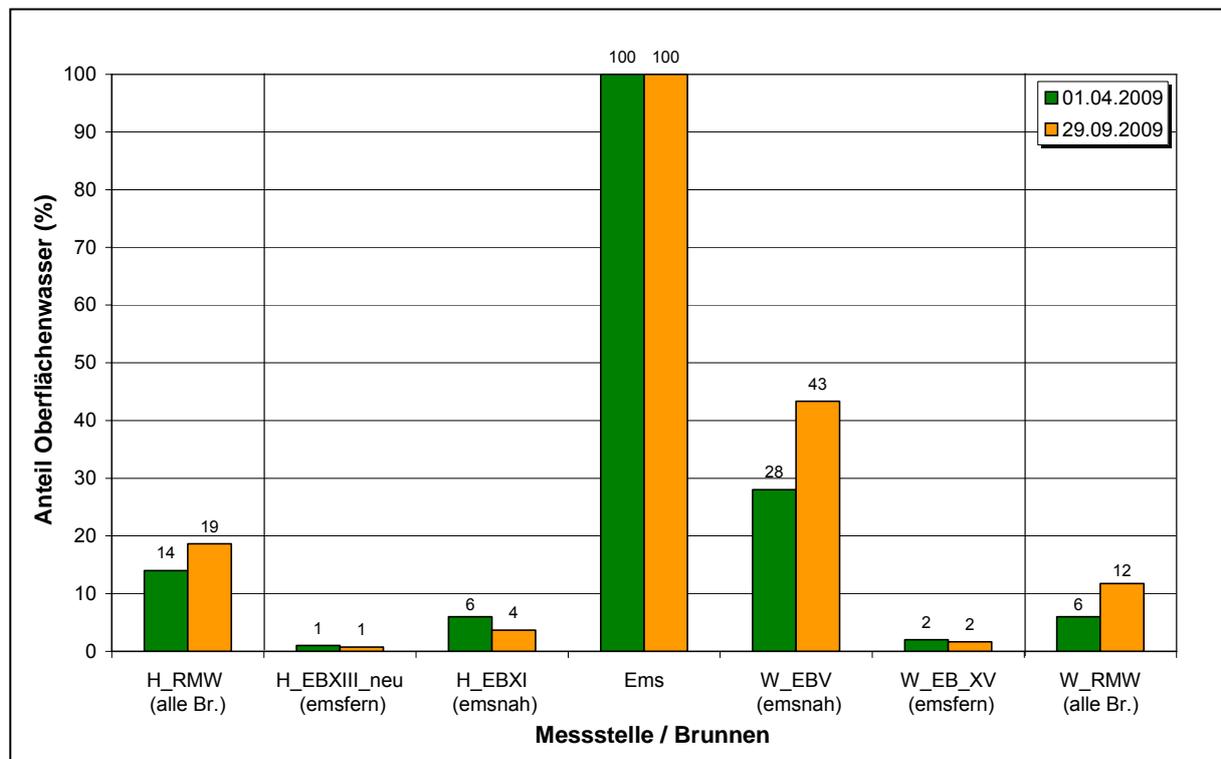
Die Untersuchung der am 08.07.2009 an den Entnahmestellen 26 T (Herbern) und 32/2 (Wentrup) untersuchten Grundwässer auf EDTA ergab keine Hinweise auf einen landseitigen Zustrom von EDTA in Richtung Brunnengalerie. Somit ist zumindest anhand dieses Ergebnisses von einer ausschließlichen Belastung der Rohwässer durch Uferfiltrat auszugehen. Die zu erwartenden Konzentrationen hängen somit maßgeblich vom Emswasseranteil ab.

Die entnommenen Wasserproben wurden zusätzlich auf das Seltenerdelement Gadolinium (Gd) untersucht. Zu den Seltenerdelementen gehören neben Gadolinium insgesamt 13 weitere Verbindungen, die sich chemisch sehr ähnlich verhalten und immer gemeinsam auftreten. Sie sind in allen Gesteinsarten zu finden, durch Verwitterung der Mineralien gelangen sie in Flüsse und Seen, wo sie normalerweise in einem bestimmten Konzentrationsverhältnis zueinander gelöst sind. Neben seinem natürlichen Vorkommen wird Gadolinium - und nur dieses Seltenerdelement - als Kontrastmittel in der Magnetresonanztomographie verwendet und gelangt über die menschlichen Ausscheidungen in die Umwelt. Die mögliche Abweichung der gemessenen Gadoliniumkonzentrationen zu den sonstigen Seltenerdelementen (die sog. Gd-Anomalie) liefert Hinweise auf anthropogene Verunreinigungen durch Abwasser /64/. Der hier interessierende und zu den oben diskutierten Mikroverunreinigungen wesentliche Unterschied liegt darin, dass Gadolinium als stabile, wasserlösliche Verbindung vorliegt und nach dem derzeitigen Stand des Wissens weder abgebaut noch

sorbiert wird. Daher gilt dieser Stoff allgemein als Umweltracer und kann zur Quantifizierung der Uferfiltratanteile verwendet werden.

Sind diese zumindest für die Zustände im Jahr 2009 bekannt, kann so szenarisch eine zu erwartende Maximalkonzentration ermittelt werden. Aus der Gegenüberstellung von EDTA, aber auch von allen anderen Mikroverunreinigungen mit den ermittelten Gd-Konzentrationen können Aussagen zum Eliminationsverhalten bei der Uferfiltration abgeleitet werden.

Die **Abbildung 22** zeigt die über die Gadolinium-Messungen ermittelten Uferfiltratanteile im Roh- und Rohmischwasser der Gewinnungen Herbern und Wentrup. Berücksichtigt wurden die Beprobungen vom 01.04. und 29.09.2009. Die in der Ems bestimmte Konzentration wurde für diese Darstellung mit 100 % gleichgesetzt.



**Abbildung 22:** Anteil von uferfiltriertem Emswasser im Roh- und Rohmischwasser der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup, quantifiziert über Gadolinium-Messungen /47/

Deutlich werden die tendenziell höheren Anteile von Oberflächenwasser in den Rohwässern der Gewinnung Wentrup. Zudem lässt sich eine Differenzierung innerhalb der jeweiligen Brunnengalerien erkennen (z. B. W\_EB V > W\_EB XV). Schließlich wird deutlich, dass die Anteile im Jahresverlauf ansteigen, d. h. der Uferfiltratanteil im

Rohwasser in Perioden mit Niedrigwasserabfluss höher ist als bei hohen Abflüssen, z. B. in den Wintermonaten.

Entsprechend dieser Auswertung variieren die Anteile uferfiltrierten Emswassers im Rohwasser je nach Brunnen, Gewinnung und Zeitpunkt zwischen 1 und 43 %. Bezogen auf die Rohmischwässer ergeben sich Anteile zwischen 6 und 19 %, wobei hier die Verhältnisse überraschender Weise umgekehrt sind (Herbern mit im Mittel 16 % > Wentrup mit durchschnittlich 9 %). Wichtig ist an dieser Stelle der Hinweis, dass einzelne Brunnen mit über 40 % temporär einen beachtlichen Anteil uferfiltrierten Emswassers fördern (z. B. EB V Wentrup 29.09.2009). Der über die Gadoliniummessungen für die Zustände 01.04. und 29.09.2009 quantifizierte Uferfiltratanteil fiel insgesamt geringer aus, als die bisher angenommenen Anteile (> ca. 32 % uferfiltriertes Emswasser, im Jahresdurchschnitt, ohne Differenzierung von Einzelbrunnen **/22/ /23/**). Einschränkend muss erwähnt werden, dass als Referenz die zum Zeitpunkt der Probenahme in der Ems ermittelte Gadolinium-Konzentration herangezogen wurde. Ein möglicher zeitlicher Verzug zwischen den zum Stichtag in der Ems und den Rohwässern ermittelten Konzentrationen wurde nicht berücksichtigt.

Neben der Verdünnung durch unbelastetes Grundwasser erlangt eine mögliche stoffspezifische Elimination der Mikroverunreinigungen während der Uferpassage eine gewisse Bedeutung. Hierzu sei auf die Zusammenhänge in der **Abbildung 23** verwiesen, in der für die Stoffe Gadolinium, Carbamazepin, TCPP und EDTA die relative Abnahme (in %) der verschiedenen Roh- und Rohmischwässer zur Ausgangskonzentration der Ems dargestellt ist. Die drei Probenahmeterminen wurden farblich unterschieden, die genannten Zahlenwerte weisen die mittlere Reduktion je Probenahmestelle aus. Die Abnahmen sind mit den Prozessen Verdünnung, Rückhalt und Abbau zu erklären, wobei unterstellt wird, dass der Anteil der Verdünnung bei allen dargestellten Stoffen identisch ist (Ausnahme: Gadolinium, hier 100 %).

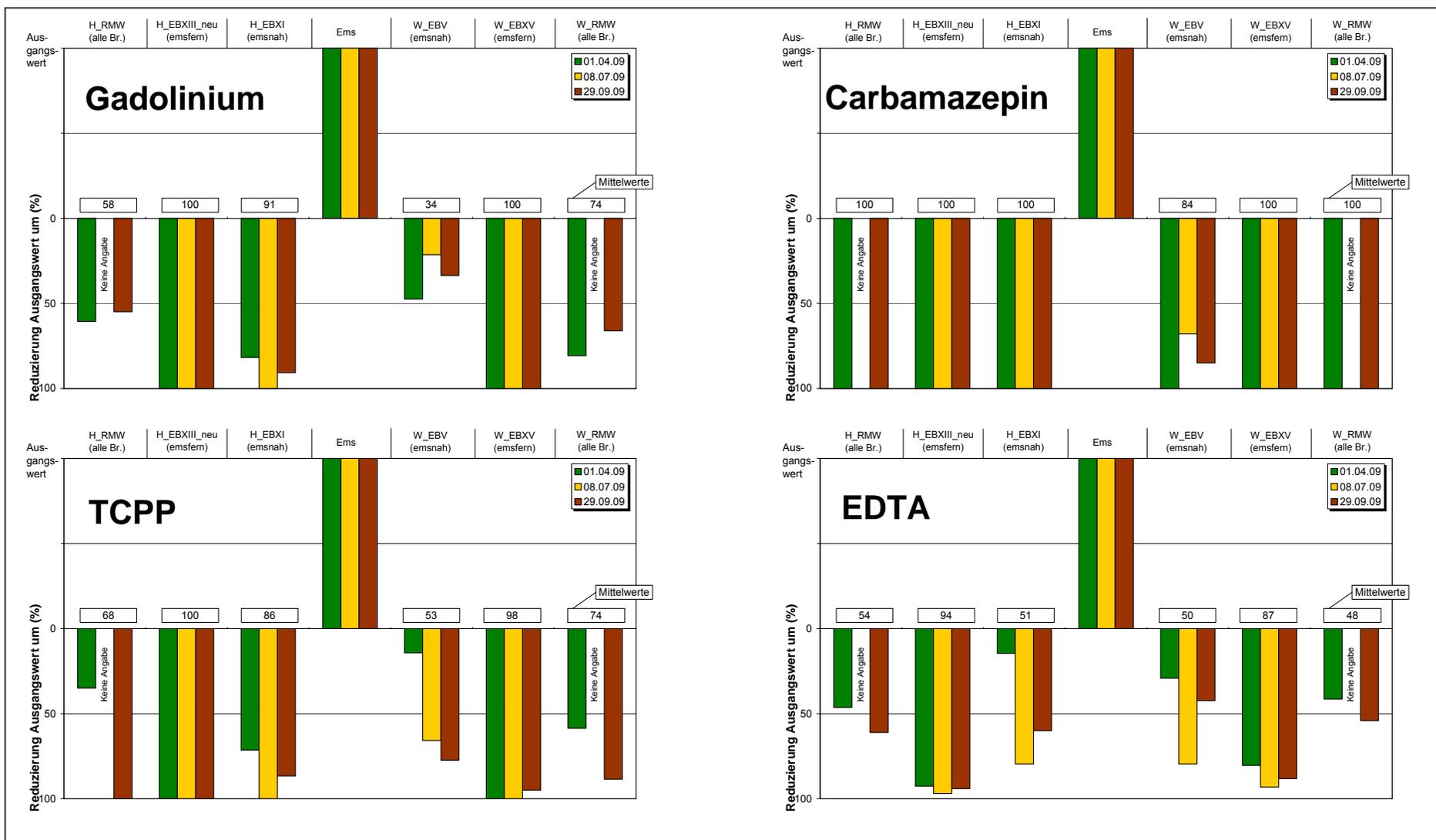
Es wird deutlich, dass der Wirkstoff Carbamazepin durch die Uferfiltration am besten eliminiert wird. Es ist bekannt, dass die Minderung durch ein anaerobes Milieu - wie dies sowohl in Herbern als auch Wentrup gegeben ist - begünstigt wird **/65/**. Die Minderung des ebenfalls in erhöhten Konzentrationen in der Ems detektierten Flamm- schutzmittels TCPP fällt im direkten Vergleich mit Carbamazepin etwas geringer aus. Sie beträgt im Mittel der Rohmischwässer 68 bzw. 74 %, im Rohwasser des emsnahen Brunnen EB V der Gewinnung Wentrup wird durchschnittlich 53 % dieses Stoffes verdünnt und zurückgehalten.

Am schlechtesten wird EDTA eliminiert: Hier erlangt der mittlere Rückhalt inkl. Verdünnung Werte um 54 % (Herbern) bzw. 48 % (Wentrup). Es fällt auf, dass die Konzentrationsminderung im Rohwasser der emsfernen Brunnen im Gegensatz zu Carbamazepin und TCPP für EDTA nicht zu 100 % erfolgt (80 - 97 %).

Als Resümee der hier angestellten Betrachtungen kann festgehalten werden, dass die Stoffe Carbamazepin und TCPP durch die während der Untergrundpassage ablaufenden Eliminationsprozesse in Verbindung mit der Verdünnung durch unbelastetes Grundwasser soweit reduziert werden, dass auch bei einer worst-case-Betrachtung (z. B. Spitzenkonzentration in der Ems von 0,67 µg/l Carbamazepin bzw. 0,61 µg/l TCPP + ungünstige Brunnenschaltung) nicht nur die im Trinkwasser einzuhaltenden gesundheitlichen Orientierungswerte, sondern auch der trinkwasserhygienische Vorsorgewerte zu jedem Zeitpunkt sicher unterschritten werden.

Für die im Rohmisch- bzw. Trinkwasser maximal zu erwartenden EDTA-Konzentrationen können im ungünstigsten Fall (z. B. Spitzenkonzentration in der Ems von 33 µg/l + ungünstige Brunnenschaltung) im Bereich oder sogar über dem gesundheitlichen Orientierungswert in Höhe von 10 µg/l liegen. Sollte das Rohwasser des Brunnens EB V insbesondere in Perioden mit Niedrigwasserabfluss gezielt z. B. mit Wässern emsferner Brunnen vermischt werden, ist es möglich, die EDTA-Konzentration im Rohmischwasser bzw. Trinkwasser auf einen Wert < 10 µg/l einzustellen. Die Umsetzung des hierzu notwendigen und noch zu entwickelnden Brunnenmanagement für Phasen mit Niedrigwasser erscheint auf der Grundlage dieser Erkenntnisse sinnvoll und wird empfohlen (s. **Kapitel 5**).

Neben dem zukünftig stärker zu beachtenden Brunnenmanagement muss weiter darauf hingewirkt werden, dass die derzeit erhöhten und deutlich über dem Zielwert für Oberflächengewässer von 5 µg/l liegenden EDTA-Konzentrationen der Ems mittel- bis langfristig auf ein aus wasserwirtschaftlicher Sicht akzeptables Niveau gesenkt werden.



**Abbildung 23:** Analyse der stoffspezifischen Elimination während der Uferfiltration der Wassergewinnung Herbern / Wentrup der Stadtwerke Greven GmbH (inkl. Verdünnung, bei Gadolinium: nur Verdünnung, Proben vom 01.04., 08.07. und 29.09.2009 /47/)

### 3.5 Bewertung der Grundwasserqualität im potenziellen Gewinnungsgebiet Aldruper Mark

Im Einzugsgebiet der potenziellen Grundwassergewinnung Aldruper Mark sind in den vergangenen Jahren diverse Grundwassermessstellen verschiedener Typen gebaut worden */25/ /26/ /27/*. An insgesamt sieben Standorten wurden so genannte Doppelmessstellen und an einem Standort eine einfach ausgebaute Grundwassermessstelle (AM 8) installiert. Zudem existiert eine Messstelle, die in mehreren Tiefen verfiltert ist und damit den gesamten, hier zu betrachtenden Aquifer beschreibt (sog. Multi-Level-Messstelle). Die Lage der Messstellen ist der **Karte 4, Anhang** zu entnehmen. Die Verteilung im Gebiet kann als weitgehend repräsentativ angesehen werden. Entsprechend der Flächennutzungsanteile liegt die Mehrzahl der Messstellen im Abstrom von ackerbaulich genutzten Flächen. Mit dem vorhandenen Messnetz ist es prinzipiell möglich, die gebietspezifische potenzielle Belastung des Grundwassers abzubilden, um hieraus eine Aussage zu den zu erwartenden Rohwasserqualitäten ableiten zu können.

Die Doppelmessstelle AM 1 liegt nördlich und damit im Abstrom des hier betrachteten Einzugsgebietes. Zusätzlich gibt es im weiteren Umfeld drei vom LANUV NRW betriebene Messstellen, wobei an der Stelle 110070318 ausschließlich Grundwasserstandmessungen und an den Messstellen 110070148 und 110070124 zusätzlich auch Güteruntersuchungen durchgeführt werden */28/*.

Die genannten Messstellen wurden bis maximal 40 m Tiefe abgeteuft, wobei zwischen den flach und tief ausgebauten bzw. verfilterten Messstellen zu unterscheiden ist. Die Messstellen mit der Bezeichnung AMXXF sind in der Regel zwischen 3 - 5 m u. GOK verfiltert, ihnen strömt ausschließlich ein oberflächennahes Grundwasser zu. Die Messstellen mit der Bezeichnung AMXXT wurden tief ausgebaut, hier ist der Filter zwischen ca. 15 - 30 m u. GOK eingebaut worden. Diesem Messstellentyp strömt ausschließlich das Grundwasser zu, das über die zu bauenden Brunnen wasserwirtschaftlich genutzt werden soll.

Die Sichtung der entsprechenden Ausbau- und Schichtenverzeichnisse ergab, dass an den Messstellenstandorten zwischen 3,5 und 12 m mächtige Lagen aus Ton und Schluff angetroffen wurden. Hinsichtlich ihrer hydraulischen Funktion dieser Ablagerungen wird auf die Ausführungen im **Kapitel 2.6.2** verwiesen. In die tonig-schluffigen Ablagerungen sind an einzelnen Stellen sandige Schichten eingelagert.

Die Ausbauverzeichnisse der tief ausgebauten Messstellen weisen an den Stellen, wo die Ton-Schluff-Lagen durchteuft wurden, entsprechend eingebaute Tonsperren aus. Damit können mögliche Kurzschlussströmungen über die Kiesschüttung ausgeschlossen werden. Die genannten LANUV-Messstellen wurden ausschließlich flach ausgebaut.

Eigene, im Rahmen des Projektes durchgeführte Grundwasserstandmessungen ergaben für die Standorte mit Doppelmessstellen identische Grundwasserstände zwischen den flach und tief ausgebauten Messstellen. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, dass im Rahmen der in den vergangenen Jahren von der Ruhr-Universität Bochum durchgeführten Güteuntersuchungen bzw. Beprobungen einzelne flach ausgebauten Messstellen trocken gefallen sind, mit der Konsequenz, dass keine Proben entnommen werden konnten.

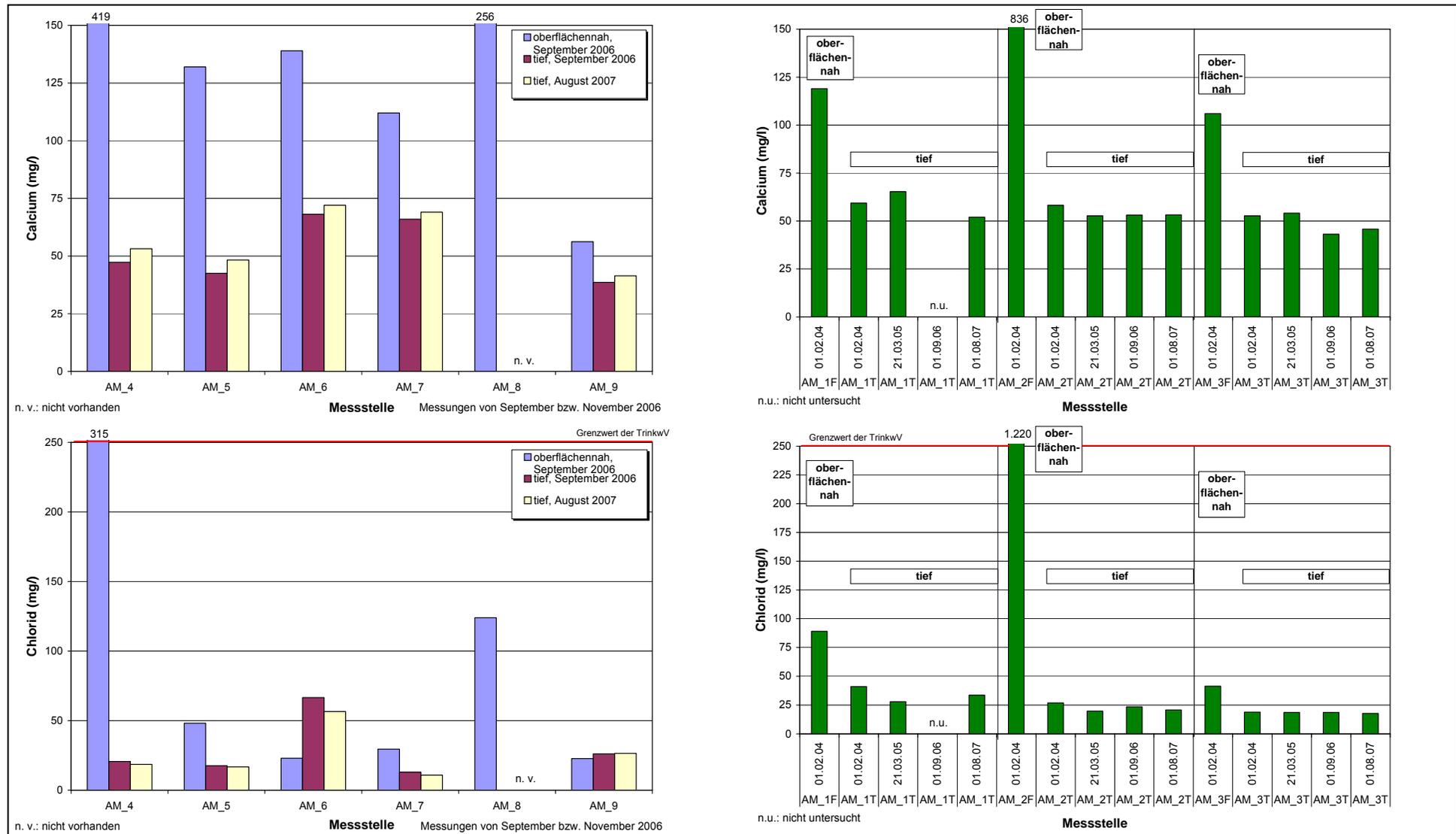
Bevor nun auf die vorliegenden Messwerte aus den Jahren 2004 - 2007 eingegangen wird, ist darauf hinzuweisen, dass die bisherigen qualitativen Betrachtungen ausschließlich Momentaufnahmen darstellen. Ein in sich abgestimmtes und kontinuierlich umgesetztes Messkonzept existiert bisher nicht. Neben der Auswahl der Messstellen variierte auch der Parameterumfang sowie die Untersuchungshäufigkeit, was dazu führte, dass auf dieser Datengrundlage keine Zeitreihen darzustellen waren bzw. keine Aussagen zur langfristigen Entwicklung und / oder zu jahreszeitlich bedingten Veränderungen der Grundwasserqualität getroffen wurden.

Andererseits lieferte die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Recherche weiterer externer Daten eine Antwort auf die Frage, warum einzelne Wasserinhaltsstoffe im oberflächennahen Grundwasser in derart stark erhöhten Konzentrationen auftraten. Durch die im Gebiet praktizierte Düngung mit (Schweine-)Gülle treten Belastungen auf, die so hoch ausfallen, dass eine potenzielle Nutzung des Grundwassers als Rohwasserressource zur Trinkwasserproduktion in letzter Konsequenz in Frage zu stellen ist.

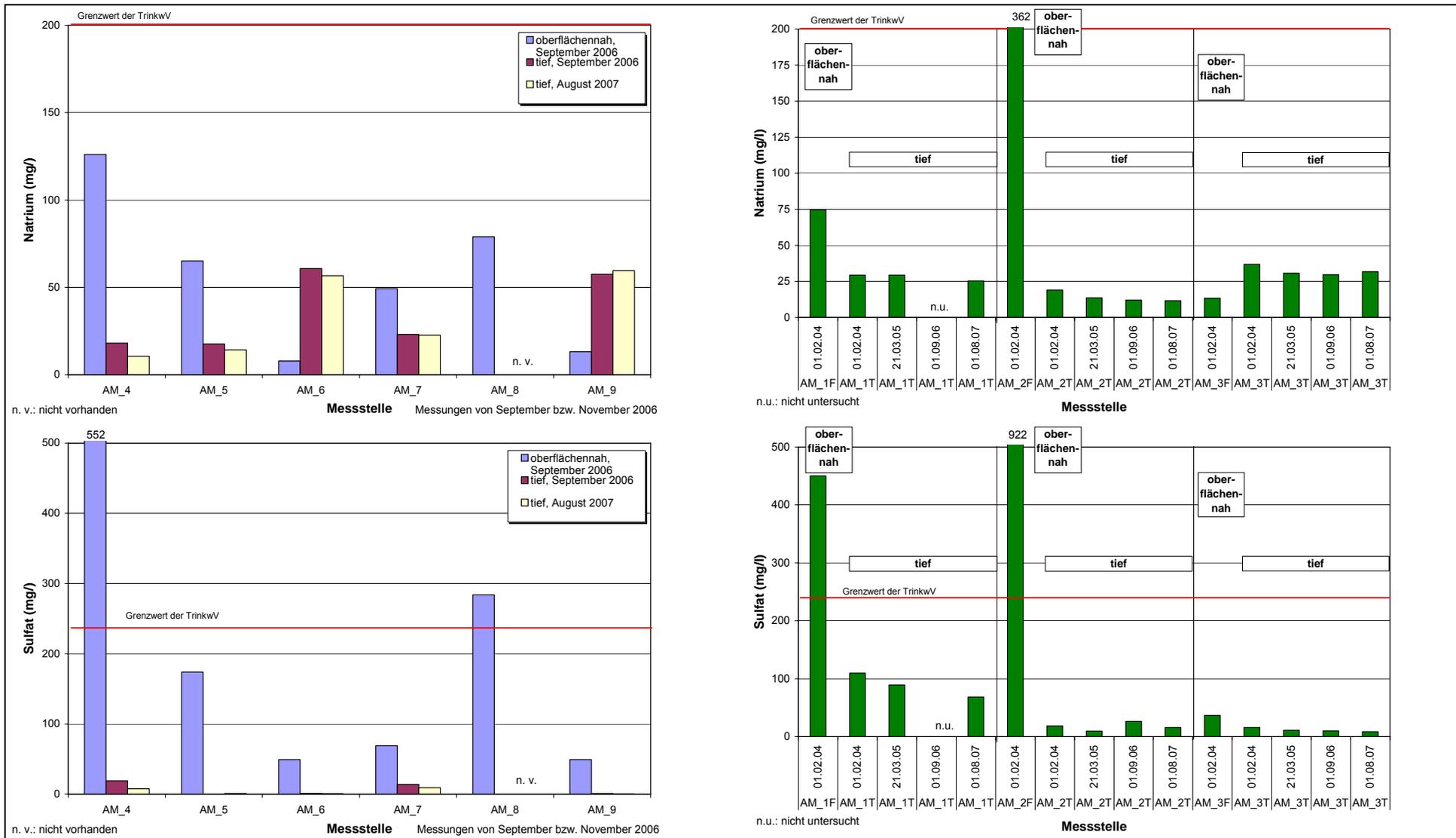
Aufgrund der Tragweite dieser Aussage sowie zur weiteren Absicherung der genannten These wurde ein im Rahmen dieses Projektes von IWW entwickeltes und mit Schreiben vom 11.05.2009 mitgeteiltes Messkonzept angeboten, über das nach einer ca. 1 bis 2-jährigen Laufzeit weitere Klarheit geschaffen werden sollte **/66/**. Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht abzusehenden Ergebnisse der oben dargestellten Bewertung der Situation in Herbern und Wentrup wurde gemeinsam entschieden, die Umsetzung dieses Messkonzeptes bzw. die Auswertung der entspre-

chenden Ergebnisse zurückzustellen und erst im Jahr 2010 mit diesen Arbeiten zu beginnen. Vorerst kann daher ausschließlich auf die vorliegenden hydrochemischen Messungen eingegangen werden, wobei der Schwerpunkt der Betrachtungen auf der Darstellung der relevanten Ursachen und Prozesse liegen soll.

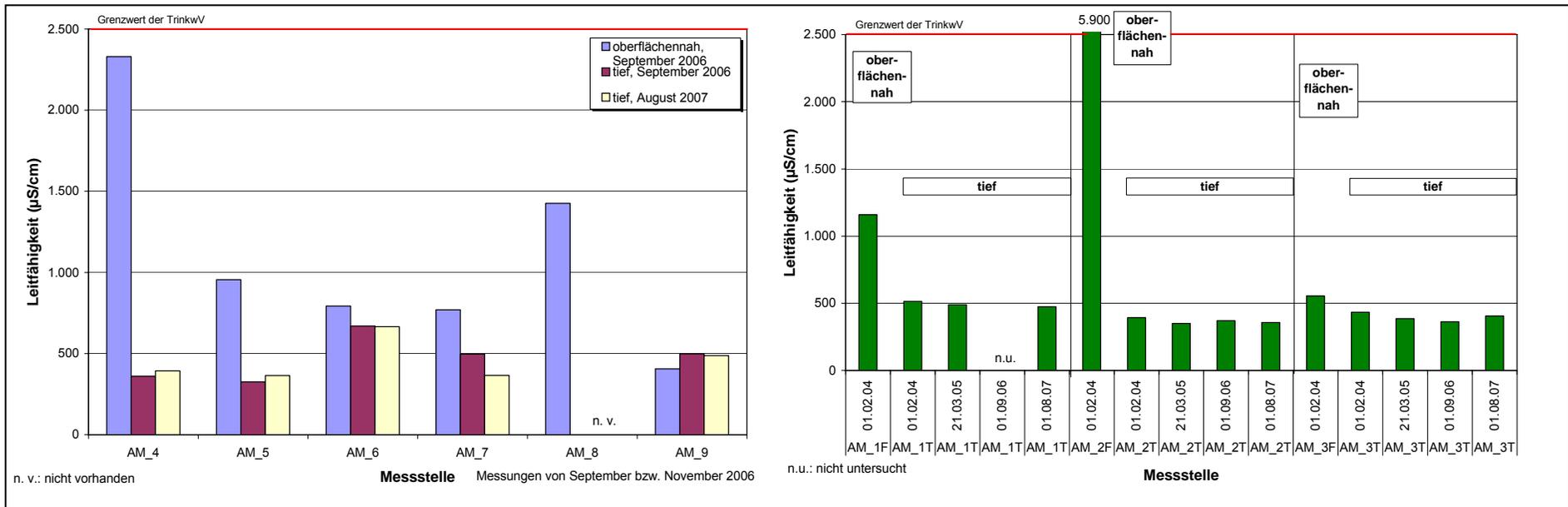
Die **Abbildung 24** bis **Abbildung 26** zeigen für bestimmte Messstellen und Beprobungstermine die im oberflächennahen und tiefen Grundwasser ermittelten Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe Calcium, Chlorid, Natrium und Sulfat sowie der elektrischen Leitfähigkeit. Als erstes ist festzustellen, dass einzelne Proben stark erhöhte und weit über den Vorgaben der Trinkwasserverordnung liegende Konzentrationen aufwiesen. So wurden z. B. im Zustrom der flachen Messstellen AM\_2F im Februar 2004 1.220 mg/l  $\text{Cl}^-$ , 362 mg/l  $\text{Na}^+$  und 922 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$  bestimmt. Die Leitfähigkeit war mit 5.900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ebenfalls stark erhöht. Die entsprechenden Grenzwerte der TrinkwV lauten für  $\text{Cl}^-$  250 mg/l,  $\text{Na}^+$  200 mg/l,  $\text{SO}_4^{2-}$  240 mg/l und für die Leitfähigkeit 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dass dieses Ergebnis kein Einzelfall war, belegen die Qualitäten der ebenfalls dargestellten Wässer im Zustrom der Messstelle AM\_4F (September 2006) sowie AM\_1F (Februar 2004). Die stoffspezifische Verteilung der erhöhten Konzentrationen war in vielen Punkten identisch. Die bisherige Erklärung eines lokalen Eintrages über z. B. Streusalz konnte aufgrund der ermittelten molaren Verhältnisse ausgeschlossen werden. Ein anderer, in der Literatur genannter aber nicht weiter ausgeführter Erklärungsansatz nennt mögliche Einträge in Verbindung mit der landwirtschaftlichen Flächennutzung **/67/**.



**Abbildung 24:** Größenordnung und Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe Calcium (oben) und Chlorid (unten) im Zustrom der Grundwasserwassermessstellen im Gebiet Aldruper Mark (Messungen in den Jahren 2004 - 2007 /25/ /26/ /27/)



**Abbildung 25:** Größenordnung und Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe Natrium (oben) und Sulfat (unten) im Zustrom der Grundwasserwassermessstellen im Gebiet Aldruper Mark (Messungen in den Jahren 2004 - 2007 /25/ /26/ /27/)

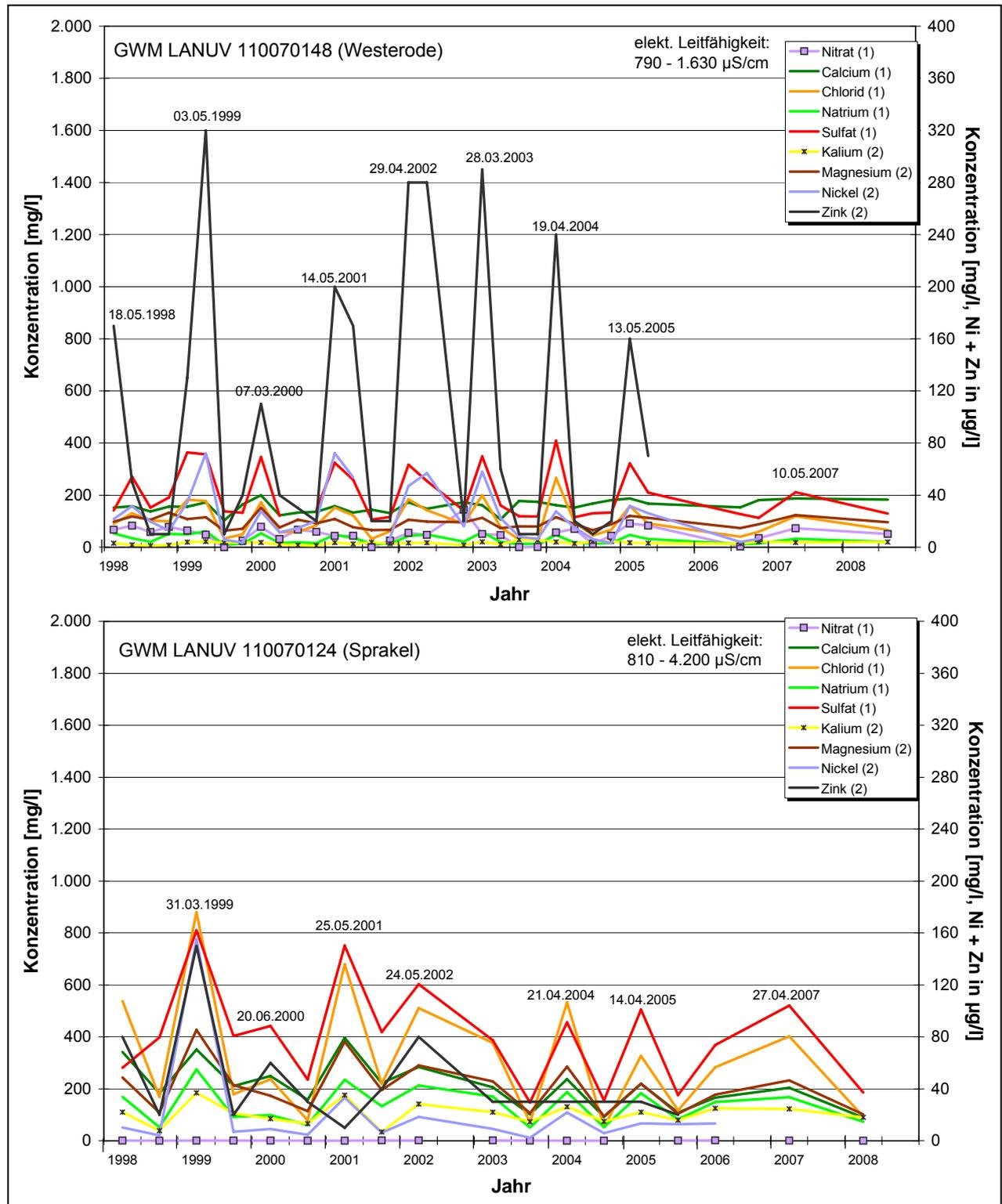


**Abbildung 26:** Größenordnung und Entwicklung der Leitfähigkeit im Zustrom der Grundwasserwassermessstellen im Gebiet Aldru- per Mark (Messungen in den Jahren 2004 - 2007 /25/ /26/ /27/)

Aufgrund dieses sehr unspezifischen Bildes wurden vom IWW weitere Daten recherchiert (**Abbildung 27, /28/**). Dargestellt ist die Entwicklung ausgewählter Wasserinhaltsstoffe im Zustrom der LANUV-Messstellen 110070124 und 110070148 (vgl. **Karte 4, Anhang**). Wenngleich diese Messstellen außerhalb des Einzugsgebietes liegen, sind die hier ermittelten Zusammenhänge auf die in der Aldruer Mark bestehende Situation übertragbar. Es liegen Messwerte aus den Jahren 1998 bis 2008 vor, wobei das Grundwasser halbjährlich untersucht wurde. Auf den ersten Blick fallen die stark ausgeprägten, auswaschungsbedingten Konzentrationsschwankungen auf. Zudem waren die Stoffe Calcium, Chlorid, Natrium und Sulfat erhöht, also die Parameter, die auch im oberflächennahen Grundwasser der Aldruer Mark in hohen Konzentrationen auftraten. Eine signifikante Abnahme der Konzentrationen ist - wenn überhaupt - nur im Zustrom der Messstelle 110070124 zu erkennen.

Interessant ist nun der Vergleich mit der Größenordnung und Entwicklung der ebenfalls analysierten Stoffe Zink und Nickel. Auch hier fallen die ausgeprägten Konzentrationsspitzen insbesondere zum Ende der Auswaschungsperiode ins Auge (max. 1.600 µg/l Zink bzw. 155 µg/l Nickel). Ein durch den Ausbau der Messstellen bedingtes Auftreten aller genannten Wasserinhaltsstoffe kann ausgeschlossen werden. Als plausible Erklärung bleibt der Eintrag über die landwirtschaftliche Flächennutzung bzw. die nicht dem Pflanzenbedarf angepasste Applikation von Schweinegülle.

Letzteres lässt sich aus der allgemein bekannten Konzentrationsverteilung von Schwermetallen in Wirtschaftsdüngern ableiten (s. Mitteilung der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen vom 07.07.2009, **Tabelle 5 /68/**). Das nicht mit einem Grenzwert der Trinkwasserverordnung belegte Metall Zink bei der Produktion von Schweinen eingesetzt. Schweinegülle speziell aus der Ferkelaufzucht sind stark mit Kupfer und Zink befrachtet, weil hier wegen pharmakologischer Sonderwirkungen die futtermittelrechtlich zulässigen Cu-/Zn-Höchstgehalte im Futter in der Regel ausgereizt werden **/69/**.



**Abbildung 27:** Größenordnung und Entwicklung ausgewählter Wasserinhaltsstoffe im Grundwasserzustrom der LANUV-Messstellen 110070148 und 110070124 (Messungen in den Jahren 1998 - 2008 /28/)

**Tabelle 5:** Schwermetallkonzentrationen verschiedener Wirtschaftsdünger /68/

Dünger		Quelle <sup>1</sup>	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Form	Tierart								
mg kg <sup>-1</sup> TM									
Festmist	Rind	a	0,4	20,0	39,0	k. A.	10,0	7,0	213
	Rind	b	0,29	12,9	39,0	0,03	5,2	5,8	190
	Schwein	a	0,4	11,0	740	k. A.	13,0	k. A.	1220
	Schwein	b	0,33	10,3	450	0,04	9,5	5,1	1068
	Geflügel	b	0,25	4,4	52,6	0,02	8,1	7,2	336
	Hühner	a	k. A.	k. A.	65,3	k. A.	k. A.	k. A.	246
	Puten	d	0,2	25,0	130	k. A.	12,2	2,3	558
Gülle	Rind	a	0,4 <i>0,3-0,5</i>	5,5 <i>3,4-8,0</i>	49,6 <i>8-70</i>	k. A.	5,3 <i>3,8-6,0</i>	8,5 <i>6,9-10,9</i>	234 <i>217-230</i>
	Rind	b	0,28	7,3	44,5	0,06	5,9	7,7	270
	Schwein	a	0,8 <i>0,5-1,8</i>	9,5 <i>2,2-14,0</i>	452 <i>250-760</i>	k. A.	18,7 <i>11,0-32,5</i>	10,7 <i>7,4-18,0</i>	895 <i>540-1187</i>
	Schwein	b	0,40	9,4	309	0,02	10,3	6,2	858
	Hühner	a	0,3 <i>0,2-0,3</i>	4,4 <i>&lt;1,0-7,7</i>	60,3 <i>48-78</i>	k. A.	8,1 <i>7,1-9,0</i>	7,2 <i>6,0-8,4</i>	396 <i>330-456</i>

Da auch im Gebiet Aldruper Mark in vermutlich erheblichem Umfang Schweinegülle ausgebracht wird, ist es sehr wahrscheinlich, dass Teile diese Wirtschaftsdünger auf den weit verbreiteten grundwassernahen Standorten in das oberflächennahe Grundwasser eingetragen werden.

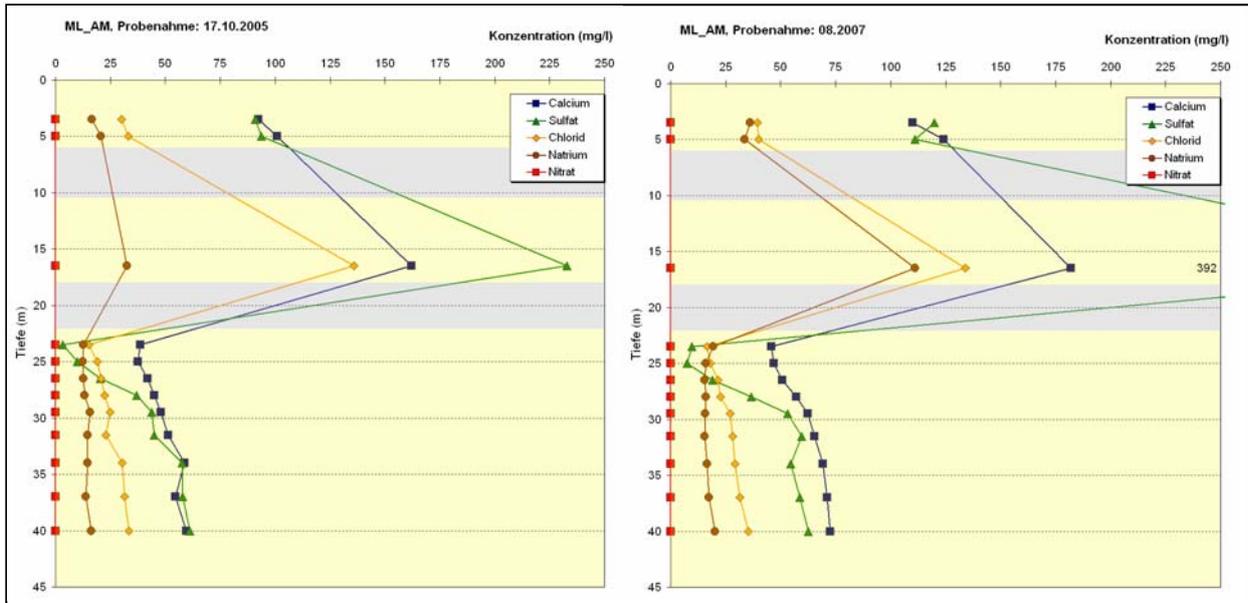
Neben den bisherigen Betrachtungen zur Qualität des oberflächennahen Grundwassers soll im Folgenden die hydrochemische Beschaffenheit des tieferen und über eine potenzielle Wassergewinnung zu erschließenden Grundwassers erörtert werden. Hierbei steht insbesondere die Frage im Vordergrund, ob bereits jetzt mit den zur Verfügung stehenden Daten eine Veränderung im tiefen Aquifer festzustellen ist.

Wie **Abbildung 24** bis **Abbildung 26** und **Abbildung 28** bis **Abbildung 30** verdeutlichen, erfüllt das tiefere Grundwasser nach Sichtung der derzeit zur Verfügung stehenden Daten alle an eine Rohwasserressource zur Trinkwasserproduktion erforderlichen Qualitätskriterien. Auffällig erhöhte Konzentrationen wie im oberflächennahen Grundwasser wurden nicht festgestellt. Eine signifikante Zunahme des Lösungsinhaltes trat in den Jahren 2004 bis 2007 nicht auf. Die tiefenorientierten Messungen an der Multi-Level-Messstelle zeigen einen Konzentrationsanstieg der Stoffe Calcium, Natrium, Chlorid und Sulfat sowie der Leitfähigkeit in der Tiefe zwischen 15 - 20 m. Unterhalb von ca. 22 m fällt das Konzentrationsniveau der genannten Stoffe deutlich ab und erreicht eine aus wasserwirtschaftlicher Sicht unproblematische Größenordnung. Die Zinkkonzentration war in der Messung vom Oktober 2005 in ca. 6 m Tiefe

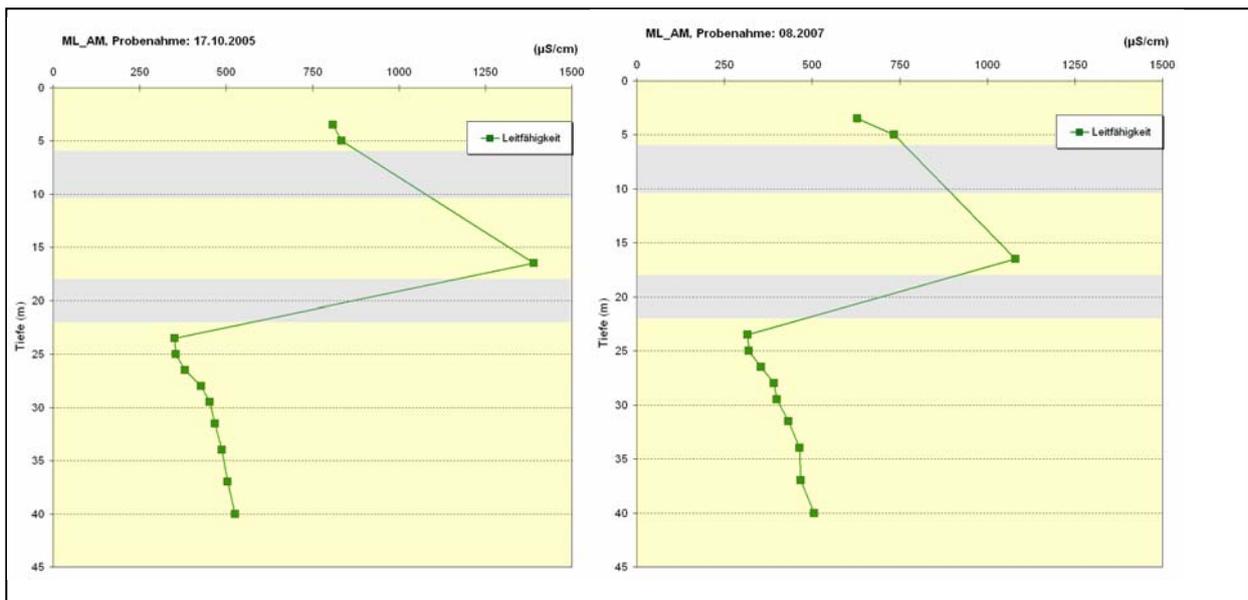
erhöht (125 µg/l), fiel in der nächst tieferen Entnahmestelle (15 m) sowie allen weiteren Tiefen auf Werte um ca. 50 µg/l ab.

Hinzuweisen ist schließlich auf die Tatsache, dass Nitrat aufgrund der sowohl im oberflächennahen als auch im tieferen Aquifer rezent ablaufenden Abbauprozesse ausschließlich in niedrigen Konzentrationen im Wasser nachgewiesen wurde. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die natürlichen Nitratabbaukapazitäten aufgrund der hohen N-Einträge stark beansprucht werden. Wichtig ist auch der Hinweis, dass andere denkbare Ursachen (z. B. hydrochemische Stoffumsetzungen) als alleinige Erklärung für die erhöhten Werte des Parameterkollektivs aus Calcium, Natrium, Chlorid, Sulfat, Zink und Nickel nicht in Frage kommen. Ohne die Berücksichtigung des hier dargestellten Eintrages aus der landwirtschaftlichen Flächennutzung könnten die entsprechenden Konzentrationen nicht plausibel erklärt werden.

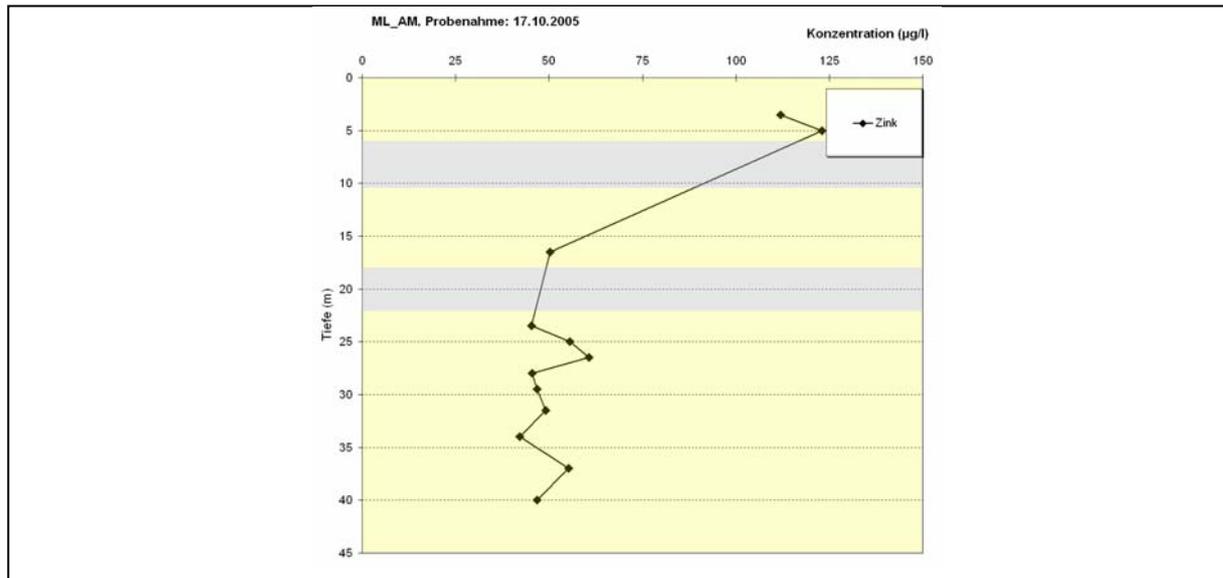
Es ist bekannt, dass die einzelnen quartären Lockergesteinseinheiten des Münsterländer Kiessandzuges hydraulisch untereinander in Verbindung stehen **/42/**. Die stratigraphischen Grenzen der Ton-Schluff-Folgen sowie Sand-Wechsellagen (s. **Abbildung 28** bis **Abbildung 30** graue bzw. gelbe Farbgebung) stellen weder hydraulische noch hydrochemisch wirksame Grenzflächen dar. Die hier zu bewertenden Einheiten (1. und 2. Grundwasserstockwerk) sind letztendlich als ein zusammenhängender Porengrundwasserleiter zu verstehen, in dem sich langfristig in Abhängigkeit von der jeweils bestehenden Eintragssituation ein hydrochemisches Gleichgewicht einstellt. Ob dieser Prozess, z. B. durch eine wasserwirtschaftliche Nutzung des tiefen Aquifers beschleunigt wird und inwieweit eine Reduzierung der beschriebenen Stoffeinträge, z. B. durch kooperative Gewässerschutzmaßnahmen zu einer deutlichen Verbesserung der Qualität des oberflächennahen Grundwassers führen können, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden. Um diese Bewertungslücke zu schließen, wird auf die im **Kapitel 5** genannten Empfehlungen verwiesen.



**Abbildung 28:** Tiefenverteilung ausgewählter Wasserinhaltsstoffe im Zustrom der Multi-Level-Messstelle ML\_AM Aldruper Mark (Proben 17.10.2005 (links), August 2007 (rechts), gelb = Grundwasserleiter, grau = Grundwassernicht-/geringleiter /25/ /26/ /27/)



**Abbildung 29:** Tiefenverteilung der Leitfähigkeit im Zustrom der Multi-Level-Messstelle ML\_AM Aldruper Mark (Proben 17.10.2005 (links), August 2007 (rechts), gelb = Grundwasserleiter, grau = Grundwassernicht-/geringleiter /25/ /26/ /27/)



**Abbildung 30:** Tiefenverteilung der Zinkkonzentration im Zustrom der Multi-Level-Messtelle ML\_AM Aldruer Mark (Proben 17.10.2005 (links), August 2007 (rechts), gelb = Grundwasserleiter, grau = Grundwasser-nicht-/geringleiter /25/ /26/ /27/)

### 3.6 Bewertung der zeitlichen Entwicklung der Trinkwasserbeschaffenheit

Die Beschaffenheit des Trinkwassers wird auf der Grundlage der Messwerte der in den Anlagen 1 (Teil I), 2 (Teile I und II) und 3 (Indikatorparameter) der TrinkwV 2001 aufgeführten Parameter bewertet **/3/**. Die Beschreibung der Parameter erfolgt in der durch die TrinkwV 2001 vorgegebenen Reihenfolge in tabellarischer Form mit Angabe der aktuellsten Ergebnisse (Trinkwasserprobe vom 24.09.2008) sowie der Minimal-, Maximal- und Medianwerte aller bisher erhobenen Daten (**Tabelle 6 /14/**). Die Abbildungen zur zeitlichen Entwicklung der Konzentrationen der untersuchten Parameter werden in dem **Anhang 3** dargestellt. Für einige Parameter der Trinkwasserverordnung 2001 liegen keine Daten vor, so dass auf eine Darstellung der entsprechenden Diagramme verzichtet wurde.

Das über die Brunnen der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup entnommene Rohwasser wird vor der Abgabe in das Versorgungsnetz im Wasserwerk Wentrup aufbereitet (Enteisung, Entmanganung).

#### 3.6.1 Mikrobiologische Parameter (Teil I)

Messwerte zu den mikrobiologischen Parametern im Trinkwasser liegen sowohl für *Escherichia coli*, Enterokokken als auch coliforme Bakterien vor. Sie sind allerdings auf die Jahre 2003 bis 2008 beschränkt. In dieser Zeit waren alle mikrobiologischen Untersuchungen des Trinkwassers unauffällig (**Anhang 3, Abbildungen 1 bis 3**).

#### 3.6.2 Chemische Parameter (Anlage 2, Teil I)

In den **Abbildungen 4 bis 6** des **Anhanges 3** ist die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen der Parameter der Anlage 2, Teil I, der Trinkwasserverordnung 2001 dargestellt. *Im Untersuchungszeitraum von 1998 bis 2008 lagen die Konzentrationen aller untersuchten Stoffe unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung.* In der aktuellsten Untersuchung vom 24.09.2008 wurde nur der Wasserinhaltsstoff Nitrat untersucht (**Tabelle 6** sowie **Anhang 3, Abbildung 5**). Einschränkend muss angemerkt werden, dass von den 13 Parametern der Anlage 2 Teil I TrinkwV 2001 in dem oben genannten Zeitraum nur die Wasserinhaltsstoffe Fluorid, Nitrat und die Summe der PBSM analysiert worden sind.

Der letzte Messwert zum Parameter Fluorid stammt aus der Trinkwasserprobe vom 06.05.2004. Sowohl zu diesem Termin als auch allen anderen Messungen lag die

Konzentration mit  $\leq 0,1$  mg/l auf einem sehr niedrigen und unbedenklichen Niveau (**Anhang 3, Abbildung 4**). Eine Veränderung der Werte ist anhand der vorliegenden Daten nicht zu erkennen.

Die Nitratkonzentration des Trinkwassers schwankte im Untersuchungszeitraum zwischen 3,3 und 6,6 mg/l (**Anhang 3, Abbildung 5**). Ein eindeutiger Trend lässt sich auch nach Berücksichtigung der jüngsten Werte nicht ableiten. Aktuell wird eine Nitratkonzentration von 3,3 mg/l bestimmt (Messung vom 24.09.2008).

Wenngleich die geringe bis nicht vorhandene Belastung mit Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (PBSM) bereits über die kontinuierliche Überwachung des Ems- und Rohwassers belegt ist, wurden insbesondere in den letzten Jahren zusätzlich regelmäßig Untersuchungen des Trinkwassers auf PBSM-Rückstände durchgeführt (Messungen vom 20.10.2005, 05.07.2006, 31.10.2006, 21.03.2007, 26.09.2007, 19.03.2008 und 23.10.2008). Die Messungen ergaben ausschließlich Werte unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Das analysierte PBSM-Spektrum deckt insgesamt 50 Wirkstoffe ab.

### 3.6.3 Chemische Parameter (Anlage 2, Teil II)

In der **Abbildung 7** des **Anhanges 2** ist die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen der Parameter der Anlage 2, Teil II, der Trinkwasserverordnung 2001 dargestellt. *Im Untersuchungszeitraum von 1998 bis 2008 lagen die Konzentrationen aller untersuchten Stoffe unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung.* Auch hier muss angemerkt werden, dass sowohl in der jüngsten Analyse vom 24.09.2008 als auch allen anderen bisher entnommenen Trinkwasserproben ausschließlich der Parameter Nitrit untersucht worden ist (**Tabelle 6**). Messwerte zu den weiteren elf, in der Anlage 2, Teil II aufgeführten Wasserinhaltsstoffen liegen nicht vor. Die Nitrit-Analysen ergaben seit Mitte 2002 ausschließlich Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze, in der früheren Vergangenheit wurden etwas höhere Werte ausgewiesen (max. 0,07 mg/l, **Anhang 3, Abbildung 7**). Die leicht erhöhten Konzentrationen traten aber immer nur temporär auf; der Trinkwassergrenzwert in Höhe von 0,5 mg/l wurde zu jeder Zeit sicher unterschritten.

### 3.6.4 Indikatorparameter

In den **Abbildungen 8 bis 23 des Anhangs 3** ist die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen der Indikatorparameter der Anlage 3 der Trinkwasserverordnung 2001 dargestellt. *Im Untersuchungszeitraum von 1998 bis 2008 lagen die Konzentrationen aller untersuchten Stoffe unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (Ausnahme: temporäre Grenzwertüberschreitungen der Parameter Koloniezahl 22° C, Mangan, Oxidierbarkeit und Trübung).* Im Rahmen der Analyse der am 24.09.2008 entnommenen Probe wurden die Grenzwerte der zu diesem Zeitpunkt untersuchten zehn Parameter eingehalten (von insgesamt max. 20 möglichen Indikatorparametern). In diesem Wasser wurden die Inhaltsstoffe Chlorid, Natrium und Sulfat in Konzentrationen von 42,3 mg/l Cl<sup>-</sup>, 33 mg/l Na<sup>+</sup> und 76,1 mg/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> nachgewiesen. Zudem traten Befunde bei Koloniezahl bei 22° C (80/ml) und 36° C (2/ml) auf. Die Oxidierbarkeit betrug 1,4 mg/ O<sub>2</sub>, die Trübung wurde mit 0,18 NTU angegeben. Die Medianwerte der meisten Indikatorparameter lagen im Untersuchungszeitraum zum Teil deutlich unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (**Tabelle 6**).

Ammonium wird seit etwa zwei Jahren ausschließlich mit Werten unter der Bestimmungsgrenze ausgewiesen. Eisen und Mangan liegen seit etwa sechs Jahren ausschließlich in Konzentrationen unter dem jeweiligen Grenzwert vor (**Anhang 3, Abbildungen 9, 12 und 17**). Beim Mangan kam es bisher einmal zu einer Grenzwertverletzung (29.04.2002: 0,07 mg/l). Die Ausführungen belegen, dass die im Rohwasser in stark erhöhten und teilweise weit über den Grenzwerten liegenden Konzentrationen der genannten Parameter mit Hilfe der im Wasserwerk vorgehaltenen Aufbereitung soweit gesenkt werden, dass die Grenzwerte zumindest in den letzten Jahren sicher eingehalten werden.

Für die im Trinkwasser enthaltenen Wasserinhaltsstoffe Chlorid, Natrium und Sulfat stellten sich über den gesamten Zeitraum weitgehend unveränderte Konzentrationen ein. Dies gilt auch für die Leitfähigkeit (**Anhang 3, Abbildungen 10, 16, 18 und 21**).

Hinsichtlich der im Trinkwasser gemessenen Trübung lässt sich Folgendes festhalten: In den Jahren 1998 bis 2008 traten stark schwankende Werte zwischen der Bestimmungsgrenze und max. 1,25 TE/F auf, der Median lag in dieser Zeit bei 0,17 TE/F (**Anhang 3, Abbildung 22**). Zu zwei Terminen gab es eine Grenzwertüberschreitung (05.05.2004: 1,02 TE/F und 31.08.2005: 1,25 TE/F). Eine signifikante Veränderung mit der Zeit ist nicht festzustellen.

Der im Trinkwasser enthaltene organisch gebundene Kohlenstoff (TOC) wird mit Werte zwischen 1,6 und 2,4 mg/l angegeben (Messungen aus den Jahren 2004 - 2007). Hier zeichnet sich ein Trend zu leicht fallenden Werten ab. Zusätzlich zu der TOC-Bestimmung wurde auch die Oxidierbarkeit des Trinkwassers analysiert. Lag diese noch bis Mitte 2003 mit 6 - 10 mg/l auf einem hohen und über dem Grenzwert der TrinkwV 2001 liegenden Niveau, stellen sich seit nunmehr fünf Jahren ausschließlich Konzentrationen zwischen 1 - 2 mg/l ein. Als Erklärung für den markanten Sprung im Jahr 2003 könnte die Umstellung der Untersuchungsmethode sein. Wäre dies der Fall, liegen die vor dem Jahr 2003 bestimmten Werte um etwa den Faktor 4 zu hoch. Die entsprechende Angabe in der zur Verfügung gestellten Datenbank entspricht jedoch zu allen Zeitpunkten der in der Grafik gezeigten Einheit. Ein Fehler bei der Datenhaltung wird als sehr wahrscheinlich erachtet, wobei dann auch keine permanente Grenzwertüberschreitung vorläge. Die DOC / TOC-Konzentration, die signifikant mit der Oxidierbarkeit korreliert, betrug über den gesamten, hier dargestellten Messzeitraum ca. 2 mg/l.

Die Koloniezahlen bei 22° C und 36° C im Trinkwasser Wenstrup war in einigen Proben erhöht. Der Trinkwassergrenzwert von 100/ml wurde nur bei der Koloniezahl 36° C zu jeder Zeit eingehalten, bei der Koloniezahl 22° C kam es zu insgesamt sechs Grenzwertüberschreitungen (**Anhang 3, Abbildungen 14 und 15**). Die höchsten Werte mit jeweils 220 koloniebildenden Einheiten ergaben sich für die Proben vom 25.08.2007 und 04.01.2008. Auffällig ist, dass der erste Termin mit dem August-Hochwasser 2007 zusammenfiel. So stellten sich in der Zeit vom 23. -26.08.2007 mittlere Emsabflüsse von 150 m<sup>3</sup>/s ein. Vergleichbar hohe Abflüsse wurden auch in der Zeit vom 07.12. - 12.12.2007 registriert, in einer Probe vom 11.12.2007 wurde eine erhöhte Koloniezahl von 125 Einheiten/ml bestimmt. Denkbar ist auch, dass der Befund vom 22.08.2007 (110 Einheiten/ml) mit dem auflaufenden Hochwasser in Verbindung stand. Für die übrigen Proben, in denen ebenfalls erhöhte Koloniezahlen bestimmt wurden, konnte kein Bezug zu außergewöhnlich hohen Abflüssen festgestellt werden (Proben vom 31.03.2006 sowie 02. und 04.01.2008 mit Abflussmengen von 67 bzw. 25 m<sup>3</sup>/s). Die hier nur angedeutete mögliche Beziehung zwischen den in der Vergangenheit aufgetretenen mikrobiologischen Belastungen der Trinkwässer und dem Abflussgeschehen der Ems wird in **Kapitel 4** erneut aufgegriffen und im Kontext aller zur Verfügung stehenden Informationen umfassend diskutiert.

**Tabelle 6:** Trinkwasserbeschaffenheit Wasserwerk Wentrup der Stadtwerke Greven GmbH im Vergleich zu den Grenzwerten der TrinkwV 2001 /3/ /14/

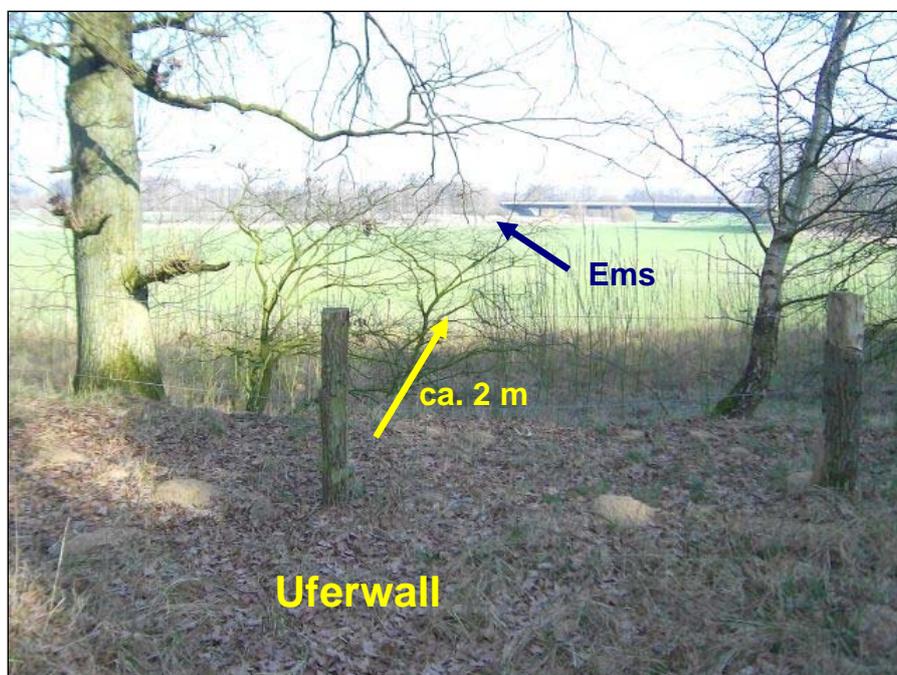
Parameter	Grenzwert/ Anforderung		Messwerte (Bg. = Bestimmungsgrenze)			
	Einheit	Wert	aktuell <sup>1</sup>	Minimum	Maximum	Median
<b>mikrobiologische Parameter (Anlage 1, Teil I):</b>						
Escherichia coli	Anzahl/100ml	0	0	0	0	0
Enterokokken	Anzahl/100ml	0	-	0	0	0
Coliforme Bakterien	Anzahl/100ml	0	0	0	0	0
<b>chemische Parameter (Anlage 2, Teil I):</b>						
Acrylamid	µg/l	0,1	-	-	-	-
Benzol	µg/l	1	-	-	-	-
Bor	mg/l	1	-	-	-	-
Bromat	mg/l	0,01	-	-	-	-
Chrom	µg/l	50	-	-	-	-
Cyanid	mg/l	0,05	-	-	-	-
1,2,-Dichlorethan	µg/l	3	-	-	-	-
Fluorid	mg/l	1,5	-	< Bg.	0,11	0,09
Nitrat	mg/l	50	3,31	3,3	6,6	4,75
Σ PBSM	mg/l	0,0005	-	< Bg.	< Bg.	0
Quecksilber	µg/l	1	-	-	-	-
Selen	µg/l	10	-	-	-	-
Tetra- und Trichlorethen	mg/l	0,01	-	-	-	-
<b>chemische Parameter (Anlage 2, Teil II):</b>						
Antimon	µg/l	5	-	-	-	-
Arsen	µg/l	10	-	-	-	-
Benzo-(a)-pyren	µg/l	0,01	-	-	-	-
Blei	µg/l	10	-	-	-	-
Cadmium	µg/l	5	-	-	-	-
Epichlorhydrin	µg/l	0,1	-	-	-	-
Kupfer	mg/l	2	-	-	-	-
Nickel	µg/l	20	-	-	-	-
Nitrit	mg/l	0,5	< Bg.	< Bg.	0,07	0
Σ PAK	µg/l	0,1	-	-	-	-
Trihalogenmethane	mg/l	0,05	-	-	-	-
Vinylchlorid	µg/l	0,5	-	-	-	-
<b>Indikatorparameter (Anlage 3)</b>						
Aluminium	µg/l	200	-	< Bg.	46,85	12,5
Ammonium	mg/l	0,5	-	< Bg.	0,074	0
Chlorid	mg/l	250	42,3	39	58	46,85
Clostridium perfringens	Anzahl/100ml	0	-	< Bg.	< Bg.	0
Eisen	mg/l	0,2	< Bg.	< Bg.	0,13	0
Färbung	m <sup>-1</sup>	0,5	-	-	-	-
Geruchsschwellenwert		2 bei 12°C 3 bei 25°C	-	ohne	ohne	ohne
Geschmack			-	ohne	ohne	ohne
Koloniezahl bei 22° C	Anzahl/ml	100	80	< Bg.	220	2
Koloniezahl bei 36° C	Anzahl/ml	100	2	< Bg.	75	0
Leitfähigkeit bei 25° C	µS/cm	2.500	-	453	939	707
Mangan	mg/l	0,05	< Bg.	< Bg.	0,07	0
Natrium	mg/l	200	33	33	43	35,15
TOC			-	1,6	2,4	1,9
Oxidierbarkeit	mg/l O <sub>2</sub>	5	1,4	1	9,8	5,69
Sulfat	mg/l	240	76,1	63,5	90	81,5
Trübung	NTU	1,0	0,18	< Bg.	1,25	0,17
pH-Wert		≥ 6,5 ≤ 9,5	7,44	7,3	7,91	7,59
Tritium	Bq/l	100	-	-	-	-
Gesamtrichdosis	mSv/a	0,1	-	-	-	-

<sup>1</sup>Analyse 24.09.2008

#### 4 Hochwassergefährdung der wasserwirtschaftlichen Anlagen der Stadtwerke Greven GmbH

Ein weiterer und für das vom Auftraggeber angefragte Wasserversorgungskonzept wichtiger Aspekt ist die potenzielle Gefährdung der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup bzw. des Wasserwerkes bei Emshochwasser. Als Gefahr lassen sich allgemein die Bewertungsgrößen Überflutungsfläche und -häufigkeit, die Überflutungstiefe, die Fließgeschwindigkeit, die Überflutungsdauer sowie die Vorwarnzeit definieren /70/.

Aufgrund der Tatsache, dass zahlreiche Brunnen der Gewinnungen Herbern und Wentrup innerhalb der Emsaue und damit im Überflutungsgebiet dieses Gewässers liegen, muss von der Möglichkeit einer Überflutung ausgegangen werden. Da Hochwasserschutzanlagen wie z. B. Deiche fehlen, zeichnet die natürlich geformte Morphologie des betrachteten Gebietes den potenziell gefährdeten Bereich vor. Als markanter Höhenunterschied ist hier der Ems-Uferwall zu nennen, eine Geländekante von ca. 2 m, bis zu der ein Hochwasser in der ansonsten weitgehend ebenen Emsaue fließt. Das **Foto 7** vermittelt einen Eindruck von der Situation vor Ort.



**Foto 7:** Blick vom Uferwall der Ems in Richtung Flussaue (Aufnahme vom Brunnen EB XV der Gewinnung Wentrup)

Bevor nun im Einzelnen auf die Betroffenheit der jeweiligen Anlagen eingegangen wird, ist vorab die Wahrscheinlichkeit einer Überflutung anhand der wichtigsten hydraulischen Kenngrößen abzuschätzen.

Hierzu wurden die Abflussdaten der Emspegel Eimen und Greven ausgewertet. Dabei wurde darauf geachtet, einen möglichst weit zurückreichenden Zeitraum abzudecken (z. B. für Pegel Greven bis 1941, **Abbildung 31 /16/**). Im Fall der Ems gilt - wie für fast alle Gewässer in Nordrhein-Westfalen - als Bemessungshochwasser das  $HQ_{100}$ , also das Hochwasser, das mit einer statistischen Wiederkehrzeit (= Jährlichkeit) von 100 Jahren eintritt.

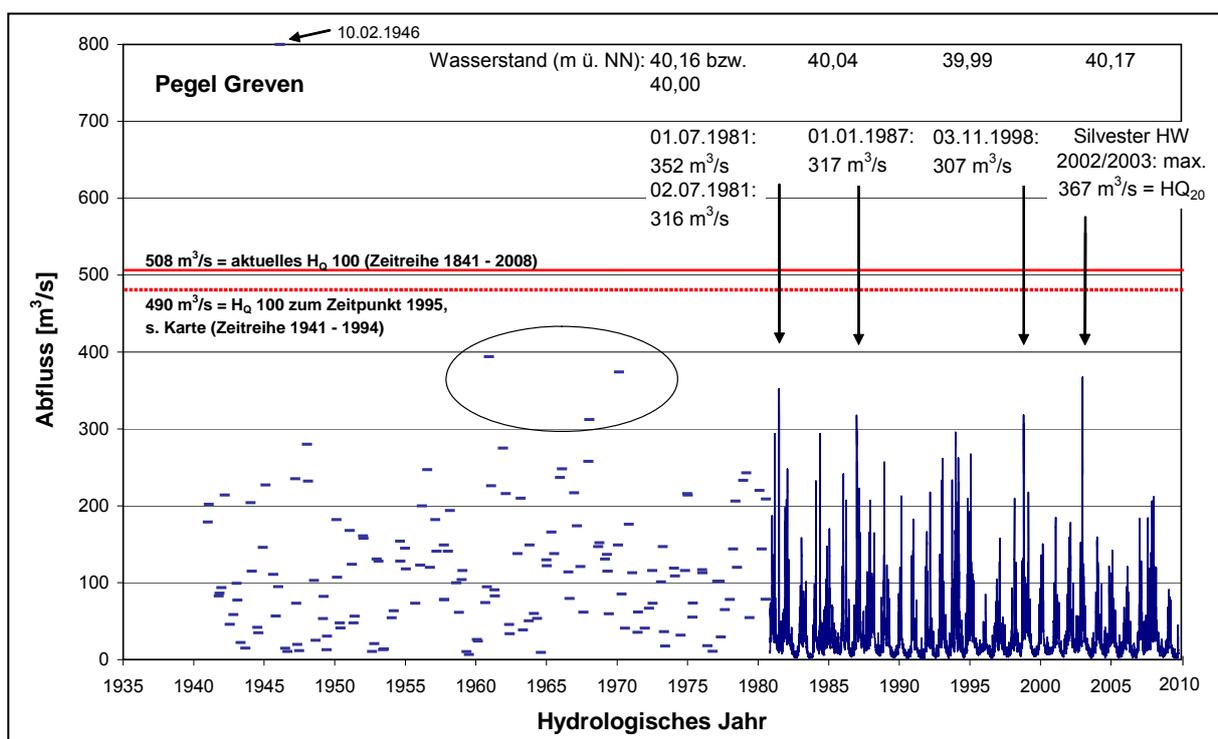
Die statistische Auswertung der Hochwasserereignisse von 1941 bis 1994 ergab im Rahmen einer Berechnung aus dem Jahr 1994 auf Höhe des Pegels Greven einen  $HQ_{100}$ -Wert von  $490 \text{ m}^3/\text{s}$  (=  $HQ_{100}$ , Stand 1995 **/71/**). Auf Grundlage einer erweiterten Jahresreihe mit Daten aus den Jahren 1841 bis 2008 und den darin dokumentierten Extremereignissen ist das  $HQ_{100}$  auf den derzeit gültigen Werte von  $508 \text{ m}^3/\text{s}$  erhöht worden (s. **Abbildung 31**). Sowohl bei der Berechnung 1994 als auch bei der aktuellen Statistik blieb/bleibt das historische Ereignis vom 10.02.1946 mit einem Abfluss von  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  als Element der Stichprobe erhalten, da es historisch gut belegt ist. Letztlich muss das Ereignis selbst aber als Ausreißer betrachtet werden, da es deutlich außerhalb der Schwankungsbreite der übrigen Werte liegt. Auf der Grundlage dieser Datensätze wurden mit Hilfe von Niederschlag-Abfluss-Modellen die relevanten Überflutungsgebiete ermittelt. Die in der **Karte 11** im **Anhang** gezeigte Fläche ist dabei dem „alten“  $HQ_{100}$  mit dem Spitzenabfluss von  $490 \text{ m}^3/\text{s}$  zuzuordnen **/72/**. Neuere Berechnungen für das  $HQ_{100}$   $508 \text{ m}^3/\text{s}$  sind derzeit noch in Bearbeitung und lagen nicht vor.

Bevor auf die kartographische Darstellung eingegangen wird, soll auf Grundlage der gezeigten Abflussganglinie die Wahrscheinlichkeit des Auftretens verschiedener hoher Abflüsse diskutiert werden (**Abbildung 31**). Auf den ersten Blick wird deutlich, dass ein  $HQ_{100}$  mit Ausnahme des Extremereignisses aus dem Jahr 1946 bisher nicht aufgetreten ist. Dies bedeutet, dass die in der **Karte 11** im **Anhang** dargestellte maximale Überflutung zumindest in den letzten sechs Jahrzehnten nicht erreicht wurde.

Andererseits ist bekannt, dass z. B. durch das Silvesterhochwasser 2002/2003 mit einer Abflussspitze von „nur“  $367 \text{ m}^3/\text{s}$  (04.01.2003) ausreichte, um die technischen Einrichtungen inklusive dem Wasserwerk unpassierbar zu machen **/73/**. Zudem traten mehrfach mikrobiologische Befunde von coliformen Keimen und E.coli in den Rohwässern der Gewinnung Wenstrup auf, die in direktem Zusammenhang mit dem Hochwasser standen. Als Ursache wurden neben technischen Mängeln an den Brunnenbauwerken mögliche hydraulische Kurzschlüsse genannt, die in Verbindung mit

den weitgehend überfluteten Wasserschutzzonen I und II, der schlecht bis nicht funktionierenden Boden- und Untergrundfiltration sowie mit den im Gebiet verbreiteten geologischen Fenstern stand. Das Silvesterhochwasser kann mit einer Jährlichkeit von  $HQ_{20}$  gleichgesetzt werden. Die beschriebene Lage bzw. die zu diesem Zeitpunkt bestehende Abflusssituation wurde als Zustand einer konkreten Gefährdung definiert, bei der eine gesicherte Versorgung mit qualitativ hochwertigem Trinkwasser nicht möglich oder aber zumindest erschwert war.

Wie die **Abbildung 31** zeigt, bestand in den Jahren 1941 bis 2009 in ca. 6 weiteren Zeiträumen eine vergleichbare Situation (= Abfluss am Pegel Greven > ca.  $330 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw. Wasserstand > 40,0 m ü. NN, d. h. 7,29 m über Pegelnullpunkt). Eine signifikante Zunahme der Ereignisse in dem hier betrachteten Zeitraum ist zumindest auf Grundlage dieser Daten nicht zu erkennen. Allgemein gilt, dass sich mit dem weiter fortschreitenden Klimawandel maßgebliche hydrologische Größen verändern werden, was Einfluss auf das Abflussgeschehen haben kann (u. a. Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr /74/). Selbst wenn die diskutierten kritischen Abflussspenden um ca. 150 bis  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  unter dem  $HQ_{100}$  liegen, sind vergleichbare Zustände mindestens alle 5 bis 10 Jahre zu erwarten.



**Abbildung 31:** Vergleich des Emsabflusses der hydrologischen Jahre 1941 - 2009 mit dem für die Festlegung des Überflutungsgebietes relevanten  $HQ_{100}$  sowie ausgewählten Hochwässern (gemessen am Pegel Greven /16/ /71/)

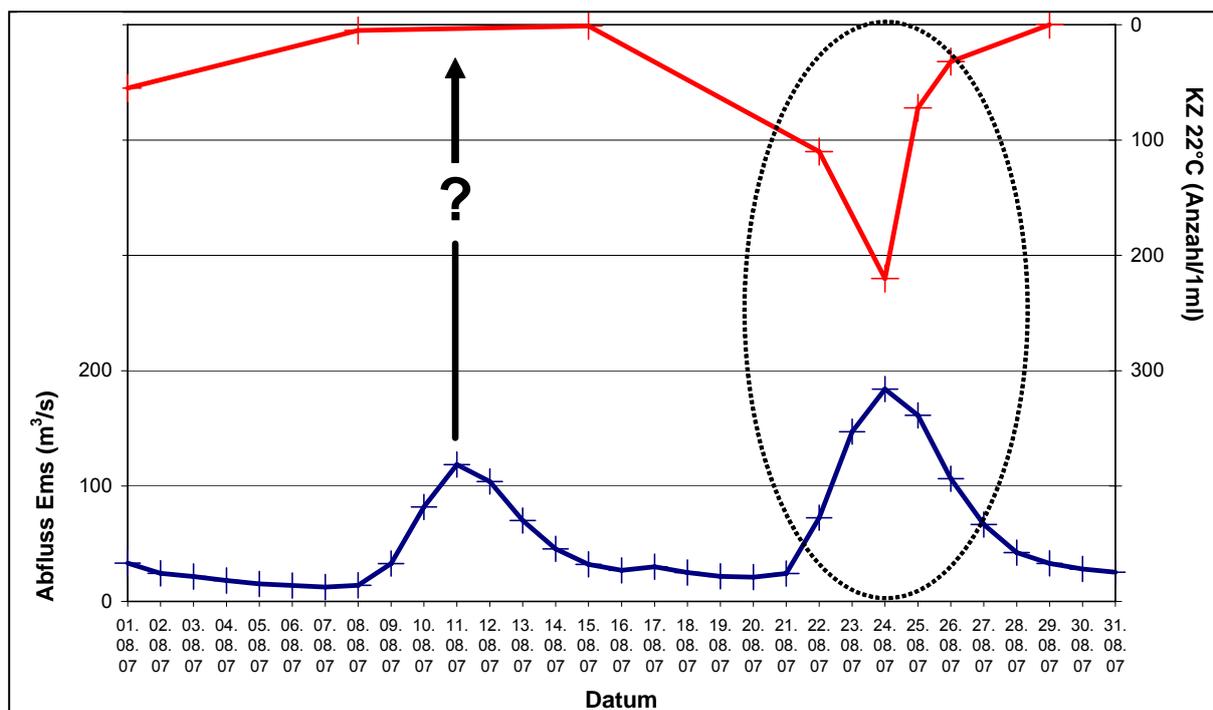
Für die einzelnen Anlagen ergibt sich folgendes Gefährdungsbild: Mit Ausnahme des Nebengebäudes des Reinwasserbehälters (Türschwelle ca. 39,85 m ü. NN) sind alle wichtigen Betriebsgebäude aufgrund ihrer Höhenlage hinreichend gegen Hochwasser geschützt. Die kritischen Punkte liegen mindestens auf dem Niveau von 41,45 m ü. NN und damit deutlich über dem herausgearbeiteten kritischen Wasserstand von ca. 40,0 m ü. NN. Bezogen auf die Gefährdung der Einzelbrunnen bedeutet dies, dass in Herbern nur der Brunnen EB XII innerhalb des Überflutungsbereichs HQ<sub>100</sub>, die drei weiteren Fassungen EB XI, EBXIII und EBIX jedoch außerhalb liegen und damit relativ gut geschützt sind. In Wentrup ergibt sich eine etwas ungünstigere Lage: Hier befinden sich sechs der insgesamt elf Brunnen im Überflutungsbereich (EB I, EB II, EB V, EB VI, EB VII und EBVIII), die Brunnen EB III und EB XV liegen sicher außerhalb, die Brunnen EB IV und EB XVI am Rand der dann überfluteten Fläche. Die Zufahrt(en) zum Wasserwerk wäre(n) auf jeden Fall überflutete (s. sog. kritische Bereiche in der **Karte 11 im Anhang**). Die dargestellten Grenzen des Überflutungsgebietes sind in sich plausibel und decken sich mit anderen naturräumlichen Einheiten (Bodentyp etc., hier nicht weiter ausgeführt).

Das Wasserwerk selbst und die Standorte der Brunnen EB XI, EBXIII und EBIX (alle Herbern) und EB III, EB IV, EB XV und EB XVI (alle Wentrup) liegen auf dem oben erwähnten Uferwall und sind damit im Vergleich zu den anderen sieben Brunnen besser geschützt. Die Brunnenstuben der tiefer liegenden Fassungen wurden durch künstliche Aufschüttungen vor einem Zustrom durch Oberflächenwasser geschützt. In jüngster Zeit wurden zudem die Abdichtungen optimiert, wodurch die Zahl potenzieller Zutrittsstellen reduziert wurde. Durch die im Nachgang zum Silvesterhochwasser 2002/2003 ergriffenen Maßnahmen wurde die Gefährdung der Trinkwassergewinnung reduziert. Die Einführung und Umsetzung eines Maßnahmenplanes wurde empfohlen. Dieser Plan besteht aus

1. Beobachtung des Emsabflusses,
2. Umsetzung einer speziellen mikrobiologischen Güteüberwachung und
3. Prinzipielle Sicherheitschlorung bei Hochwasser **/73/**.

Ob und in welcher Form dieses Konzept in den letzten Jahren umgesetzt wurde, ist unklar. Die **Abbildung 32** verdeutlicht die Bedeutung einer schnellen und der Situation angemessenen qualitativen Überwachung. Dargestellt ist der Emsabfluss im August 2007 **/16/**. Es wurde in 1 bis 2-tägigem Abstand Trinkwasser entnommen und u. a. auf die hier dargestellte Koloniezahl bei 22° C untersucht **/14/**. Waren die Größen

E.coli etc. unauffällig, zeigt sich bei diesem eher unspezifischen Parameter eine mögliche Korrelation zum Abfluss. Wichtig ist der Hinweis, dass die Abflussspitze mit ca. 184 m<sup>3</sup>/s (24.08.2007) deutlich unter den oben genannten Größen lag. Wenngleich die Ursache für die im Trinkwasser aufgetretenen Belastungen abschließend nicht geklärt werden konnte, verdeutlicht das Beispiel, dass ohne entsprechende, am Verlauf der Abflussganglinie orientierte Untersuchungen keine umfassende und für die zu treffenden Entscheidungen geeignete Datenbasis vorliegt.



**Abbildung 32:** Vergleich der im Trinkwasser bestimmten Koloniezahl (22 °C) mit dem am Pegel Greven gemessenen Emsabfluss (01. - 31.08.2007 /14/ /16/)

Unter Umständen sind auch weitere Instrumentarien zu etablieren (Online-Trübungsmessung etc.). Denkbar ist auch die Installation eines internen Hochwasserfrühwarnsystems. So ergab zum Beispiel die Auswertung der am Pegel Eimen (Ems-Kilometer 286) gemessenen Abflüsse bzw. Wasserstände, dass die in den vergangenen Jahren auf Höhe der Gewinnungen Herbern/Wentrup registrierten Hochwässer ausnahmslos etwa 1 Tag vorher am Pegel Eimen aufgetreten sind. Somit wäre es denkbar, dass zukünftig z. B. bei einer Überschreitung einer Abflussspende von > ca. 150 m<sup>3</sup>/s bzw. einem Wasserstand von > 49,4 m ü. NN (bzw. > 4,24 m über Pegelnullpunkt) am Pegel Eimen der vorgeschlagene Maßnahmenplan umgesetzt wird (z. B. LANUV NRW Online-Informationssdienst /75/). Dieser Vorlauf von etwa 24 Stunden könnte die Umsetzung des Monitorings und / oder der notwendigen technischen Maßnahmen erheblich vereinfachen und in seiner Qualität verbessern.

## 5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise

Auf der Grundlage der dargestellten Ergebnisse lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Die Qualität der Ems entspricht in allen Punkten den im DVGW Merkblatt W 251 genannten Normal- bzw. Mindestanforderungen. Auf dieser Bewertungsgrundlage ist die Ems grundsätzlich als Rohwasserressource zur Trinkwasserproduktion geeignet. Unter Nutzung naturnaher (z. B. Uferfiltration) und einfacher physikalisch-chemischer Aufbereitungsverfahren (z. B. Enteisenung + Entmanganung) lässt sich aus diesem Rohwasser ein qualitativ hochwertiges Trinkwasser produzieren, das die gesetzlichen Anforderungen der TrinkwV 2001 in vollem Umfang erfüllt.

Die Konzentrationen einiger aktuell diskutierter und wasserwirtschaftlich relevanter Mikroverunreinigungen im Emswasser sind aber zeitweise so hoch, dass sie trotz Konzentrationsminderungsprozessen in einzelnen Rohwässern beider Gewinnungen nachzuweisen sind. Dies betrifft insbesondere die Stoffe Carbamazepin, TCPD und EDTA. Die stoffspezifische Elimination auf der Bodenpassage in einem anaeroben hydrochemischen Milieu (insbesondere mikrobiologischer Abbau) sowie die Verdünnung durch landseitiges, unbelastetes Grundwasser vermindern die Konzentrationen für Carbamazepin und TCPD aber soweit, dass die Gesundheitlichen Orientierungswerte in Höhe von 0,3 bzw. 1,0 µg/l zwar eingehalten, der trinkwasserhygienische Vorsorgewert von 0,1 µg/l aber überschritten wird (vgl. **Tabelle 7**).

Für die Berechnung der in **Tabelle 7** dargestellten prognostizierten Konzentrationen wurden die bisher in der Ems gemessenen Maximalkonzentrationen berücksichtigt und die minimale und für die Einzelbrunnen ermittelte Verdünnung durch unbelastetes Grundwasser herangezogen (quantifiziert über Gadolinium-Messungen; worst-case-Betrachtung). Alternativ wurde die minimale Konzentrationsminderung durch Verdünnung + stoffspezifische Elimination berücksichtigt (ermittelt über Messwerte). Für das Flammschutzmittel TCPD wurde der kleinere Verdünnungswert berücksichtigt (14 % statt 21 %). Die genannten Eliminationsraten stimmen gut mit den Angaben aus der Literatur überein **/65/**.

Unter den getroffenen Annahmen wurde nur eine maximal zu erwartende Konzentration berechnet. Dabei ist zu beachten, dass die in der **Tabelle 7** genannten Werte nur phasenweise und ausschließlich in einzelnen Rohwässern auftreten. In einem Rohmischwasser und damit auch im abgegebenen Trinkwasser würde sich allein

durch die Mischung belasteter und unbelasteter Wässer eine weitere Reduzierung der Werte ergeben. Eine weitere Elimination durch die derzeit im Wasserwerk Wentrup vorgehaltenen Aufbereitungsschritte ist auszuschließen.

Für EDTA ergäbe sich eine rechnerisch ermittelte Höchstkonzentration von ca. 26 µg/l im Rohwasser eines Einzelbrunnens, eine Konzentration, die den Gesundheitlichen Orientierungswert von 10 µg/l um mehr als das Doppelte überschreitet. Einschränkend muss erwähnt werden, dass eine derartige Situation im Jahr 2009 messtechnisch nicht erfasst wurde. Unter der Annahme, dass die für das Jahr 2009 dargestellten Werte repräsentativ waren, kann davon ausgegangen werden, dass sowohl EDTA als auch die Konzentration aller weiteren, hier diskutierten Mikroverunreinigungen zu jedem Zeitpunkt unterhalb der im Trinkwasser einzuhaltenen Gesundheitlichen Orientierungswerte lag.

**Tabelle 7:** Abschätzung der Elimination ausgewählter Spurenstoffe im Ems- bzw. Rohwasser der Gewinnungen Herbern und Wentrup im Vergleich mit den im Trinkwasser einzuhaltenen Gesundheitlichen Orientierungswerten

	Carbamazepin	TCPP	EDTA
Vorsorgewert [µg/l]	0,1	0,1	0,1
GOW [µg/l]	0,3	1	10
Maximalkonzentration Ems [µg/l]	0,67	0,61	33
minimale Verdünnung [%], ermittelt über Gadolinium-Messungen	21		
minimale Minderung durch Verdünnung + Elimination [%], ermittelt über Messwerte)	68	14	29
Elimination laut Literatur <sup>1</sup> [%], für anaerobe Verhältnisse	> 80	k.A.	0 - 25
<b>Maximalkonzentration Einzelbrunnen [µg/l], rechnerisch ermittelt</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>26</b>

<sup>1</sup> BMBF (2005)

Aufgrund der Bedeutung des Spurenstoffes EDTA für die über das Münsterland hinausgehende nordrhein-westfälische Wasserversorgung hat das IWW mit Schreiben vom 10.08.2009 das Umweltbundesamt (Herrn Dr. H. H. Dieter) um eine fachliche Einschätzung dieses Stoffes gebeten **/76/**. Hier wurde bestätigt, dass es sich um einen gut bewerteten Stoff handelt, der auf einen gesundheitlichen Vorsorgewert von  $GOW_{max} = 10 \mu\text{g/l}$  im Trinkwasser zu begrenzen ist. Es wurde aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine Minderung von EDTA im Roh- und Trinkwasser entsprechend des Minimierungsgebotes der TrinkwV 2001 (§ 6 (3)) **/3/** vorrangig ressourcenseitig erfolgen sollte. Erst wenn die emissionsseitigen Möglichkeiten ausgeschöpft sind oder nicht (mehr) greifen, ist eine technische Aufbereitung zur Einstel-

lung des  $GOW_{max}$  angezeigt, wobei auch hier die Verhältnismäßigkeit gewahrt bleiben muss.

Im konkreten Fall der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup ist aufgrund der ohnehin geringen Wahrscheinlichkeit einer dauerhaften Überschreitung des  $GOW_{max}$  für EDTA im abgegebenen Trinkwasser eine aufbereitungstechnische Lösung unserer Einschätzung nach nicht verhältnismäßig. Vielmehr wird empfohlen, die im Folgenden genannten und zur Einhaltung der Gesundheitlichen Orientierungswerte geeigneten Maßnahmen umzusetzen:

- Durchführung von Gadolinium-Messungen im Rohwasser aller Einzelbrunnen, mit dem Ziel einer exakten Quantifizierung der jeweiligen Uferfiltratanteile
- Entwicklung eines Niedrigwassermanagements unter Berücksichtigung weiterer, für die bisherige Aufbereitung maßgeblichen Wasserinhaltsstoffe (z. B. Eisen). Diese Empfehlung resultiert nicht zuletzt aus der Erkenntnis, dass im Zuge des Klimawandels die Niedrigwasserphasen speziell an der Ems deutlich zunehmen werden **/74/**
- Brunnenbau an emsfernen Standorten
- Intensivierung der Anstrengungen, den Eintrag von organischen Spurenstoffen, insbesondere von EDTA in die Ems (weiter) zu reduzieren. Diese Empfehlung steht im Einklang mit dem Memorandum u. a. vom DVGW **/4/**, in dem ein anzustrebender Zielwert von 5 µg/l EDTA genannt wird, der damit sicher unter dem für diesen Stoff anzusetzenden  $GOW_{max}$  von 10 µg/l läge.
- Ausarbeitung und Umsetzung eines vorsorgenden Hochwassermanagements (z. B. Kontrolle Wasserstand Pegel Eimen, Umsetzung tagesaktueller mikrobiologischer Überwachung, evtl. Sicherheitschlorung).
- Umsetzung des bereits angebotenen Gütemonitorings Aldruper Mark, Erweiterung des vorgelegten Messkonzeptes um den Parameter EDTA, evtl. Umsetzung eines ausreichend dimensionierten und langfristig ausgelegten Pumpversuches, Aus- und Bewertung der erhobenen Daten inkl. Aussagen zu den Chancen und Risiken einer wasserwirtschaftlichen Erschließung der Aldruper Mark.

## 6 Literatur

- /1/** DVGW DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (1996): Eignung von Wasser aus Fließgewässern als Rohstoff für die Trinkwasserversorgung. Merkblatt W 251, 43 S., Bonn.
- /2/** DVGW DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. (1988): Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen. Technische Mitteilung Hinweis W 254, 16 S., Eschborn.
- /3/** Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch TrinkwV 2001 - Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001. Bundesgesetzesblatt Jahrgang 2001 Teil I, Nr. 24, ausgegeben am 28.5. 2001, S. 959 ff, geändert durch Artikel 263 der Verordnung vom 25.11.2003, BGBl. I S. 2304. Bonn.
- /4/** DVGW, ARW, ATT, AWBR AWWR, AWE (2009): Memorandum Forderungen zum Schutz von Oberflächenwasser zur Sicherung der Trinkwasserversorgung. Gemeinsames Papier der Deutschen Vereinigung der Gas- und Wasserfaches, der Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e.V., der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein, der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr, der Arbeitsgemeinschaft der Wasserversorgung im Einzugsgebiet der Elbe sowie der Arbeitsgemeinschaft der Trinkwassertalsperren e.V..
- /5/** UMWELTBUNDESAMT (2003): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht; Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt; Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 46:S. 249-251; 2003,
- /6/** UMWELTBUNDESAMT (2008): Öffentliche Trinkwasserversorgung – Bewertung organischer Mikroverunreinigungen, Stellungnahme der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt, Schreiben vom 14.03.2008 an das MUNLV NRW. IN: MUNLV NRW MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN, EXPERTENKOMMISSION PROGRAMM „REINE RUHR“ (2009): Erster Zwischenbericht des Programms „Reine Ruhr“ Strategie zur Verbesserung der Gewässer- und Trinkwasserqualität. [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/zwischenbericht\\_reine\\_ruhr.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/zwischenbericht_reine_ruhr.pdf). Düsseldorf.
- /7/** ISA INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT DER RWTH AACHEN & IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES IWW INSTITUT FÜR WASSER BERATUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH (2008): Senkung des Anteils organischer Spurenstoffe in der Ruhr durch zusätzliche Behandlungsstufen auf kommunalen Kläranlagen - Gütebetrachtungen und Kostenbetrachtungen. Abschlussbericht zu zwei Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW. [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschlussbericht\\_ruhr.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschlussbericht_ruhr.pdf). Aachen und Mülheim a. d. Ruhr.

- /8/** WASSERVERSORGUNG BECKUM GMBH, STADTWERKE ETO GMBH & Co. KG, STADTWERKE GREVEN GMBH, STADTWERKE GÜTERSLOH GMBH, STADTWERKE MÜNSTER GMBH, STADTWERKE WARENDORF GMBH (2009): Digitale Bereitstellung von hydrochemischen Qualitätsdaten der Ems.
- /9/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2008): Digitale Bereitstellung von hydrochemischen Qualitätsdaten der Ems, diverse Parameter für ausgewählte Pegel. Düsseldorf.
- /10/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2005): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 11. Auflage. 586 S. Düsseldorf.
- /11/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2005): Obere Ems Ergebnisbericht Wasserrahmenrichtlinie - Bestandsaufnahme.  
[http://www.flussgebiete.nrw.de/Dokumente/NRW/Ergebnisse/Ergebnisberichte\\_NRW/index.jsp](http://www.flussgebiete.nrw.de/Dokumente/NRW/Ergebnisse/Ergebnisberichte_NRW/index.jsp). Düsseldorf.
- /12/** STUA Staatliches Umweltamt Münster (2004): Untersuchungen zum Verbleib von Carbamazepin und anderen Arzneimittelwirkstoffen im Gewässersystem des Münsterlandes. [www.staatliches-umweltamt-muenster.de](http://www.staatliches-umweltamt-muenster.de). Münster.
- /13/** LUA Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2003): EDTA in NRW – ein synthetischer Stoff in der aquatischen Umwelt. [http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/umwb/edta/edta\\_komplett.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/umwb/edta/edta_komplett.pdf) Düsseldorf / Essen.
- /14/** STADTWERKE GREVEN GMBH (2009): Digitale Bereitstellung von hydrochemischen Daten der Grund-, Roh- und Trinkwässer der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup bzw. des Wasserwerkes Wentrup. Greven.
- /15/** IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES IWW INSTITUT FÜR WASSER BERATUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH (2009): Angebot über die Durchführung eines Monitoringprogrammes in der Ems sowie der Untersuchung diverser Grund- und Rohwässer der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup. Schreiben vom 11.05.2009. Mülheim a. d. Ruhr.
- /16/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Angaben zum Wasserstand und Abfluss der Ems in den Jahren 1941 - 2009, gemessen an den Pegeln Eimen und Ems, Tagesbasis. Düsseldorf.
- /17/** WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT MEPPEN (2009): Digitale Angaben zum Wasserstand und Abfluss der Ems in den Jahren 1950 - 2009, gemessen am Pegel Rheine, Tagesbasis, Meppen.
- /18/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Angaben zum Niederschlag im Einzugsgebiet der Ems, ausgewiesen als Gebietsniederschlag, bezogen auf die Pegel Eimen und Greven sowie Tagesniederschlag, gemessen an der Station Münster - Greven, 1990 - 2007. Düsseldorf.

- /19/** STADTWERKE GREVEN GMBH (2009): Digitale Angaben zum Niederschlag, gemessen am Wasserwerk Wentrup, Tagesbasis, 1996 - 2008. Greven.
- /20/** STADTWERKE GREVEN GMBH (2009): Digitale Angaben zur Fördermenge der Einzelbrunnen der Gewinnungen Herbern und Wentrup in den Jahren 1996 -2008. Greven.
- /21/** AQUANTA HYDROGEOLOGIE GMBH & Co. KG (2009): Schriftliche Mitteilung eines Grundwassergleichenplanes vom August 2008 für die Wassergewinnungen Herbern und Wentrup. Nottuln.
- /22/** GEOLOGIK WILBERS & OEDER GMBH (2005): Hydrogeologisches Gutachten zur kumulativen Bewertung der wasserwirtschaftlichen Situation im Bereich Greven-Herbern, Gutachten im Auftrag der Stadt Greven, FD 4.4 Tiefbau und Verkehrsplanung, 81 S., Münster.
- /23/** MATHYS, W. (1997): Bericht über die Untersuchung auf Bor am Wasserwerk Greven. Institut für Hygiene der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster. Münster.
- /24/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Angaben zu den kommunalen Kläranlagen im Untersuchungsgebiet - Technische Kenndaten sowie Einleitungsqualitäten der Parameter der Abwasserverordnung NRW. Düsseldorf.
- /25/** STERKENBURGH, E. (2004): Hydrogeologische Untersuchungen des Münsterländer Kiessandzuges im Bereich der geplanten Neuerschließung Aldruer Mark der Stadtwerke Greven GmbH. Diplomarbeit an der Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Lehrstuhl Angewandte Geologie. Bochum.
- /26/** RIEGER, M. (2005): Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Rahmen einer geplanten Trinkwassergewinnung im Münsterländer Kiessandzug (Aldruer Mark, Greven). Diplomarbeit an der Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Geowissenschaften, Geographisches Institut. Bochum.
- /27/** LESON, M. (2007): Hydrogeologische Untersuchungen insbesondere zum Einzugsgebiet/ Zustromgebiet im Münsterländer Kiessandzug im Bereich der geplanten Neuerschließung Aldruer Mark der Stadtwerke Greven GmbH. Diplomarbeit an der Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Lehrstuhl Angewandte Geologie. Bochum.
- /28/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Bereitstellung von hydrochemischen Daten im Zustrom ausgewählter Grundwassermessstellen (110070148 (Westerode) und 110070124 (Sprakel)). Düsseldorf.
- /29/** IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES IWW INSTITUT FÜR WASSER BERATUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH (2009): Angebot über die Durchführung von Grundwasseruntersuchungen im Gebiet des Aldruer Mark. Schreiben vom 11.05.2009. Mülheim a. d. Ruhr.

- /30/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2008): Mehr Leben für die Ems und Co. Die Fließgewässer und das Grundwasser im Gebiet „Ems-Hauptfluss“ - Zustand, Ursachen von Belastungen und Maßnahmen [http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/erlaeuterungsberichte/Erlaeuterungsbericht\\_PE\\_EMS\\_1000.pdf](http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/erlaeuterungsberichte/Erlaeuterungsbericht_PE_EMS_1000.pdf). Düsseldorf.
- /31/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2008): Mehr Leben für die Ems und Co. Die Fließgewässer und das Grundwasser im Gebiet „Ems - linke Zuflüsse“ - Zustand, Ursachen von Belastungen und Maßnahmen [http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/erlaeuterungsberichte/Erlaeuterungsbericht\\_PE\\_EMS\\_1100.pdf](http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/erlaeuterungsberichte/Erlaeuterungsbericht_PE_EMS_1100.pdf). Düsseldorf.
- /32/** DBG DEUTSCHE BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT (1989): Exkursionsführer zur Jahrestagung 1989 in Münster. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Gesell. H. 58, 1 - 341. Oldenburg.
- /33/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2008): Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas (Entwurf) Oberflächengewässer und Grundwasser Teileinzugsgebiet Ems/Ems NRW. [http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/steckbriefe/Steckbrief\\_Ems\\_NRW.pdf](http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/steckbriefe/Steckbrief_Ems_NRW.pdf). Düsseldorf.
- /34/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (2008): Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas (Entwurf) Oberflächengewässer Untere Ems NRW PE\_EMS\_1000. [http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/steckbriefe/OW\\_Steckbrief\\_PE\\_EMS\\_1000.pdf](http://www.flussgebiete.nrw.de/berichte/steckbriefe/OW_Steckbrief_PE_EMS_1000.pdf). Düsseldorf.
- /35/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2008): Gewässernetz Nordrhein-Westfalen. CD-ROM mit entsprechender shape-Datei. Düsseldorf.
- /36/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Mitteilung zur Ems-Kilometrierung in Nordrhein-Westfalen. E-Mail mit entsprechender shape-Datei. Düsseldorf.
- /37/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2008): Wasserschutzgebiete in NRW. CD-ROM Düsseldorf.
- /38/** TUTTAHS & MEYER INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER-, ABWASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT GMBH, STADTWERKE GREVEN, (2008): Studie zur Einbindung des Wassergewinnungsgebietes Aldruer Mark in das Trinkwasserversorgungsnetz der Stadtwerke Greven. 1. Ausfertigung, 54 S., Bochum.
- /39/** AQUANTA HYDROGEOLOGIE GMBH & CO. KG (2009): Digitale Bereitstellung von Stammdaten der Brunnen und Grundwassermessstellen in den Wassergewinnungsgebieten Herbern und Wentrup der Stadtwerke Greven GmbH. Nottuln.

- /40/** AQUANTA HYDROGEOLOGIE GMBH & Co. KG (2009): Digitale Bereitstellung der in den Jahren 1998 - 2008 in den Wassergewinnungsgebieten Herbern und Wenstrup gemessenen Grundwasserstände. Nottuln.
- /41/** AQUANTA HYDROGEOLOGIE GMBH & Co. KG (2009): Digitale Bereitstellung der in den Jahren 1996 - 2008 in den Wassergewinnungsgebieten Herbern und Wenstrup von den Stadtwerken Greven GmbH entnommenen Wassermengen. Angaben als Monatswerte, Einzelbrunnen. Nottuln.
- /42/** STADT MÜNSTER, UMWELTAMT (1989): Umweltbericht 1993. 154 S. Münster.
- /43/** MENNE, A., NOLTE, C., ROTERS, C. (1993): Stickstoff-Dynamik und Stickstoff-Bilanzen ackerbaulich genutzter Sandböden im Wasserschutzgebiet Kinderhaus (Stadt Münster). Abschlussbereich für das Umweltamt der Stadt Münster. Wissenschaftliche Begleitung: Prof. Dr. P. Felix-Henningsen. Münster.
- /44/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2003): Erstellung landesweiter Grundlagenkarten/-daten zur Ermittlung diffuser Stoffeinträge - Umsetzung des Fachinformationssystems Diffuse Quellen 1. Phase. Bericht, 68 S., inkl. 5 DVD, Aachen.
- /45/** UMWELTBUNDESAMT (2004): CORINE-Landcover 2000 - Daten zur Bodenbedeckung Deutschland. CD-ROM, Berlin.
- /46/** STADTWERKE MÜNSTER GMBH (2009): Schriftliche Mitteilung der Analysenergebnisse einer am 11.11.2008 entnommenen Wasserprobe (Ems, Entnahmestelle Hornheide). Münster.
- /47/** IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (2009): Auszug aus der Analysendatenbank zu den im Rahmen des IWW-Gütemonitorings 2009 erhobenen hydrochemischen Daten. Ergebnisse der Untersuchungen in der Zeit vom 01.04. - 29.09.2009 an ausgewählten Probenahmestellen, Abfrage über das Labordatenmanagementsystem, Mülheim a. d. R.
- /48/** LANUV Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (2009): Digitale Angaben zum Wasserstand und Abfluss der Werse in den Jahren 1959 - 2009, gemessen am Pegel Albersloher Weg, Tagesbasis. Düsseldorf.
- /49/** DIN 19732 (1997): Bewertung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbiebaren Stoffen. 4 S., Berlin.
- /50/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Bereitstellung der Modellierungsergebnisse der N- und P-Einträge in Oberflächengewässer mit MONERIS. ArcView shape-file. Düsseldorf.
- /51/** HAIDER, J. (2009): Wie können die Ergebnisse von AGRUM Weser für die Maßnahmenplanung nach WRRL in Nordrhein-Westfalen genutzt werden? Vortrag anlässlich der Fachtagung der FGG Weser am 06. Mai 2009 in Hannover, [http://www.arge-weser.de/Download-Dateien/agrum\\_haider.pdf](http://www.arge-weser.de/Download-Dateien/agrum_haider.pdf)

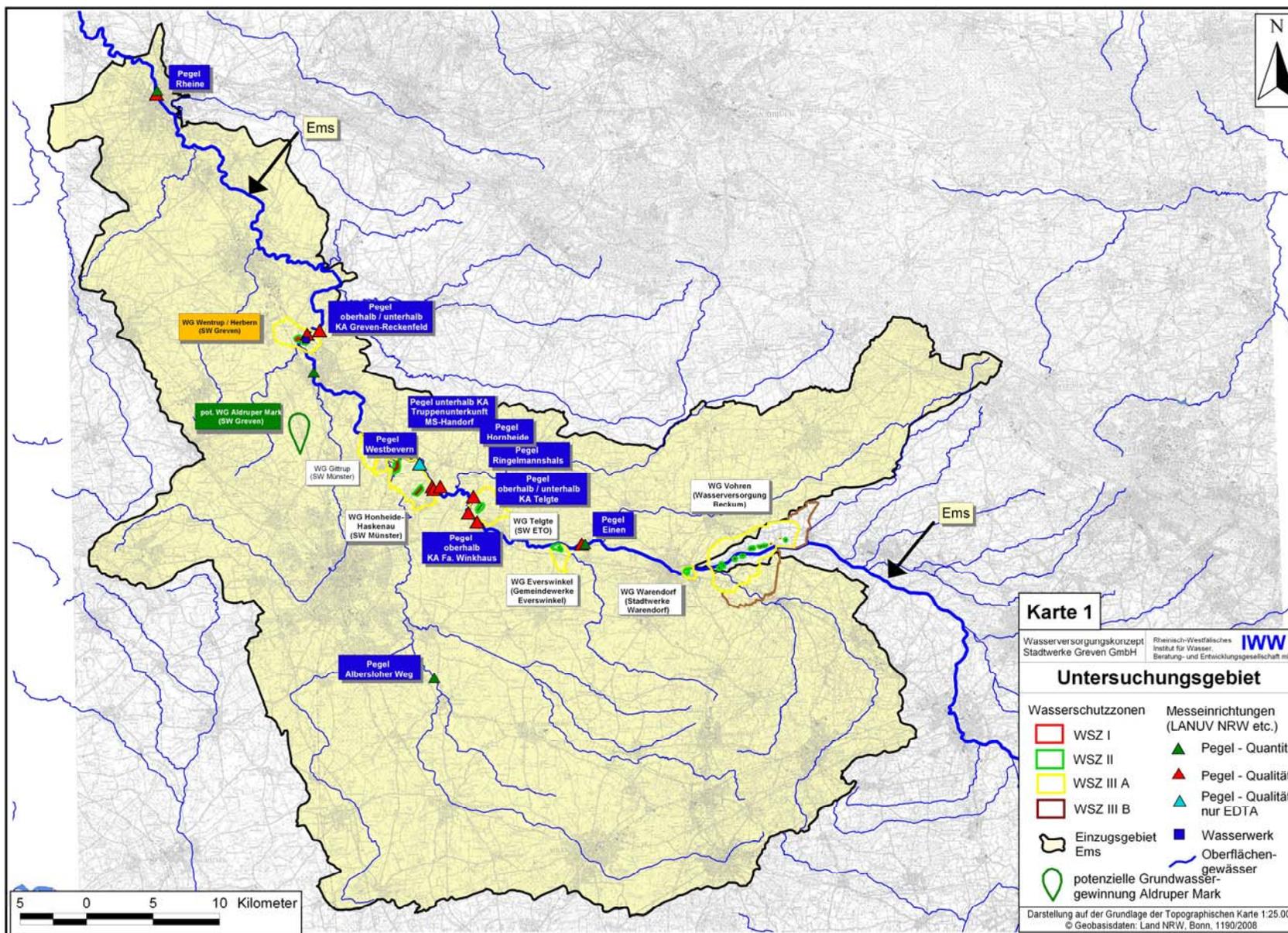
- /52/** NOLTE, C. (1993): Stickstoff-Bilanzen ackerbaulich genutzter Sandstandorte im Wasserschutzgebiet Kinderhaus (Stadt Münster). Diplomarbeit an der Westfälischen Wilhelms - Universität Münster, Fachbereich Geowissenschaften, Studiengang Diplom-Geographie, Studienschwerpunkt Landschaftsökologie. Münster.
- /53/** MENNE, A. (1993): Die Stickstoff-Nettomineralisation ackerbaulich genutzter Sandstandorte im Wasserschutzgebiet Kinderhaus (Stadt Münster). Diplomarbeit an der Westfälischen Wilhelms - Universität Münster, Fachbereich Geowissenschaften, Studiengang Diplom-Geographie, Studienschwerpunkt Landschaftsökologie. Münster.
- /54/** ROTERS, C. (1993): Die Stickstoff-Dynamik der ungesättigten Zone ackerbaulich genutzter Sandstandorte im Wasserschutzgebiet Kinderhaus (Stadt Münster) unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoff-Verlagerung. Diplomarbeit an der Westfälischen Wilhelms - Universität Münster, Fachbereich Geowissenschaften, Studiengang Diplom-Geographie, Studienschwerpunkt Landschaftsökologie. Münster.
- /55/** LWK NRW LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2009): Nitratdienst - Monatliche Meldung der auf ausgewählten Beprobungsflächen in NRW gemessen mineralischen Stickstoffgehalte im Boden (0 - 30, 30 - 60 und 60 - 90 cm,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ). <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/nitratdienst/index.htm>. Münster.
- /56/** HUWE, B. (1991): Blau, Ein einfaches Speicherzellenmodell zur Berechnung von Sickerung, Verdunstung und Bodenwasservorratsänderung. Universität of Bayreuth, Institute for Soil Science and Soil Geography, Soil Physics Group.
- /57/** BLAU, R. V., HÖHN, P., HUFSCHIED, P., A. WERNER: (1983): Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen. - Gas - Wasser - Abwasser, 63/1, 45 - 54.
- /58/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Bereitstellung der Stammdaten der kommunalen Kläranlagen im Untersuchungsgebiet. Düsseldorf.
- /59/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Bereitstellung von Daten zur Einleitungsqualität kommunaler Kläranlagen im Untersuchungsgebiet. Messwerte aus dem Jahr 2007. Düsseldorf.
- /60/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2007): Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt – Literaturstudie LANUV-Fachbericht 2. Auftragnehmer der Studie: Universität Duisburg-Essen und IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH. Düsseldorf.
- /61/** MURL NRW (MINISTERIUM FÜR UMWELT RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (1993): Richtlinie für die Rohwasserüberwachung von Grundwasser, Quellwasser, Uferfiltrat und angereichertem Grundwasser nach § 50 Landeswassergesetz NRW (Rohwasserüberwachungsrichtlinie) vom 12.03.1991. Düsseldorf.

- /62/** BMG BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT (2008): Entwurf zur Novellierung der Trinkwasserverordnung 2001 (Referentenentwurf). <http://www.dvgw.de/463.html>
- /63/** BMG BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT (2009): Überarbeiteter Referentenentwurf zur Novellierung der Trinkwasserverordnung 2001. <http://www.dvgw.de/463.html>
- /64/** BROEG, H. (2005): Die Gadolinium-Anomalie. Blue print Das Magazin der International University Bremen Nr 8. [http://www.jacobs-university.de/bluprint/08/science\\_gadolinium.html](http://www.jacobs-university.de/bluprint/08/science_gadolinium.html) Bremen.
- /65/** BMBF BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (2005): Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und entsorgung, Teil I: Trinkwasser, Uferfiltrat. - Projektverbund und Förderung des Bundesministerium für Bildung und Forschung, Schlussbericht Teilprojekt B6, 30.06.2005.
- /66/** IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES IWW INSTITUT FÜR WASSER BERATUNGS- UND ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH (2009): Angebot über die Durchführung eines Monitoringprogrammes zur weiteren Erkundung und Überwachung der Grundwasserqualität im potenziellen Gewinnungsgebiet Aldruper Mark. Schreiben vom 11.05.2009. Mülheim a. d. Ruhr.
- /67/** STERKENBURGH, E., KRAFT, C., WISOTZKY, F. (???): Hydrogeologische Untersuchungen des Münsterländer Kiessandzuges im Bereich der geplanten Neuer-schließung der Stadtwerke Greven GmbH. Kurzfassung. Bochum.
- /68/** KÜHNEN, V.; GOLDBACH, H. E. (2004): Schwermetallbilanzen verschiedener Be-triebstypen: Eintragswege, Flüsse, Minderungspotential. Institut für Pflanzener-nährung der Uni Bonn, Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Bonn.
- /69/** LfL BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2006): Schweinegülle - Quelle für potentiell unerwünschte Stoffe? 5. Kulturlandschaftstag 04. Mai 2006 Freising-Weihenstephan, Tagungsband, LfL-Schriftenreihe Bd. 12, [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe\\_url\\_1\\_45.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe_url_1_45.pdf). Frei-sing.
- /70/** MUNLV MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2003): Leitfaden Hochwassergefahrenkarte. 21 S., Düsseldorf. <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/HWAP.htm>
- /71/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Digitale Mitteilung zur Bestimmung des HQ<sub>100</sub> am Pegel Greven. E-Mail vom 29.10.2009 mit Erläuterungen der Angaben für die Zeitreihen 1941 - 1999 und 1841 - 2008. Düsseldorf.
- /72/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2008): Digitale Bereitstellung der Überflutungsgebiete in Nordrhein-Westfalen. Bemes-sungsgrundlage HQ<sub>100</sub>. CD-ROM mit shape-file. Düsseldorf.

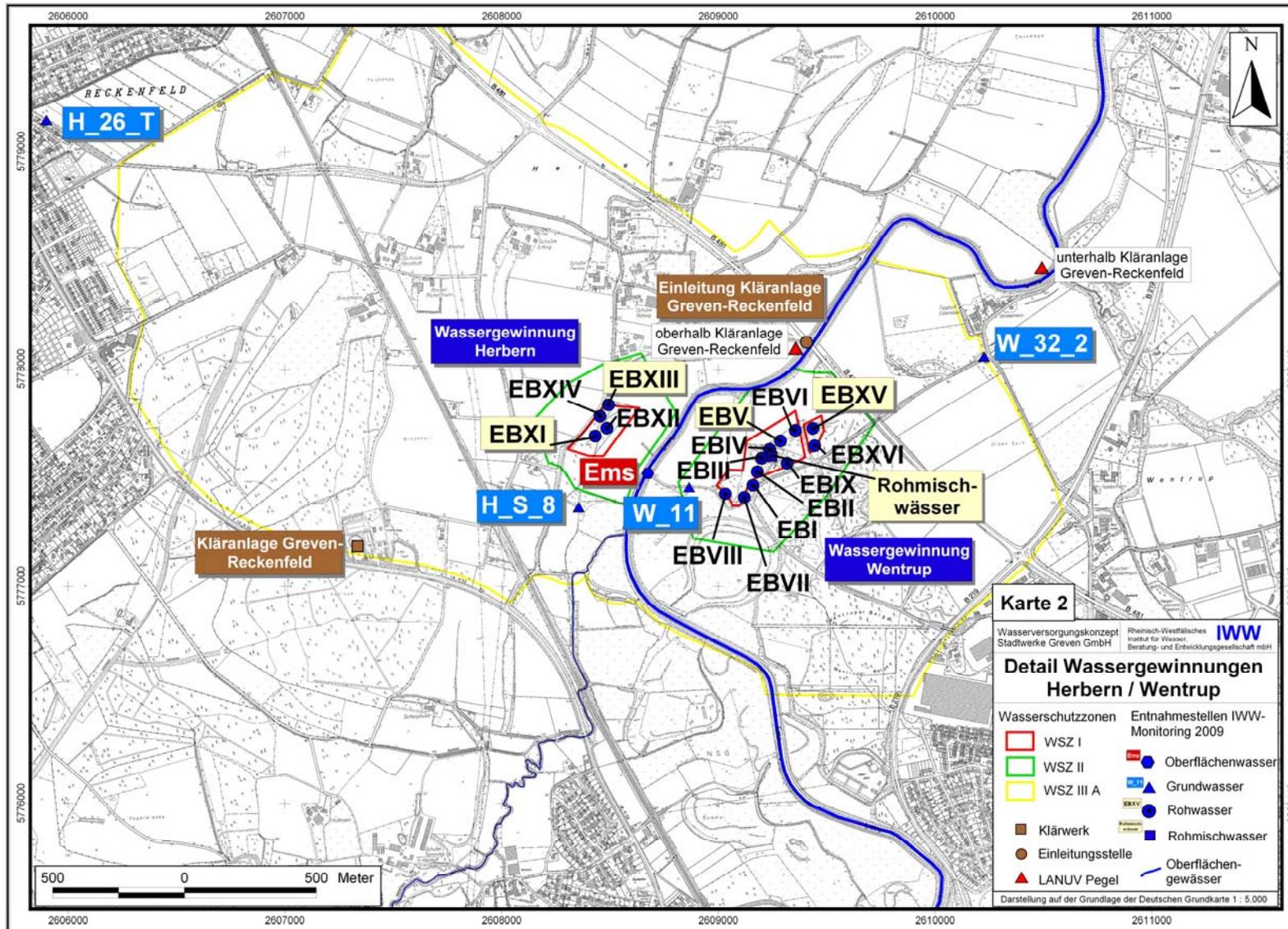
- 173/** TUTTAHS & MEYER INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER-, ABWASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT GMBH (2004): Sicherungsmaßnahmen im Überschwemmungsgebiet des Wasserschutzgebietes Greven nach dem Emshochwasser zum Jahreswechsel 2002/2003 - Stadtwerke Greven GmbH. Bochum.
- 174/** PIK POTSDAM-INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG E.V. (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren – Abschlussbericht - Studie im Auftrag des MUNLV Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW. 250 S. [http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss\\_pik\\_0904.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf)
- 175/** LANUV LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2009): Wasserstände, Wassertemperatur und Niederschlagsdaten für Nordrhein-Westfalen. Online-Informationssystem u. a. mit den Wasserständen an den Pegeln Eiden und Greven. <http://luadb.lids.nrw.de/LUA/wiski/pegel.php>
- 176/** UMWELTBUNDESAMT (2009): Schreiben von Herrn Dr. H. H. Dieter an das IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH zur Bewertung und Vermeidung von EDTA im Trinkwasser. 21.10.2009, Dessau-Roßlau.

## **Kartenanhang**

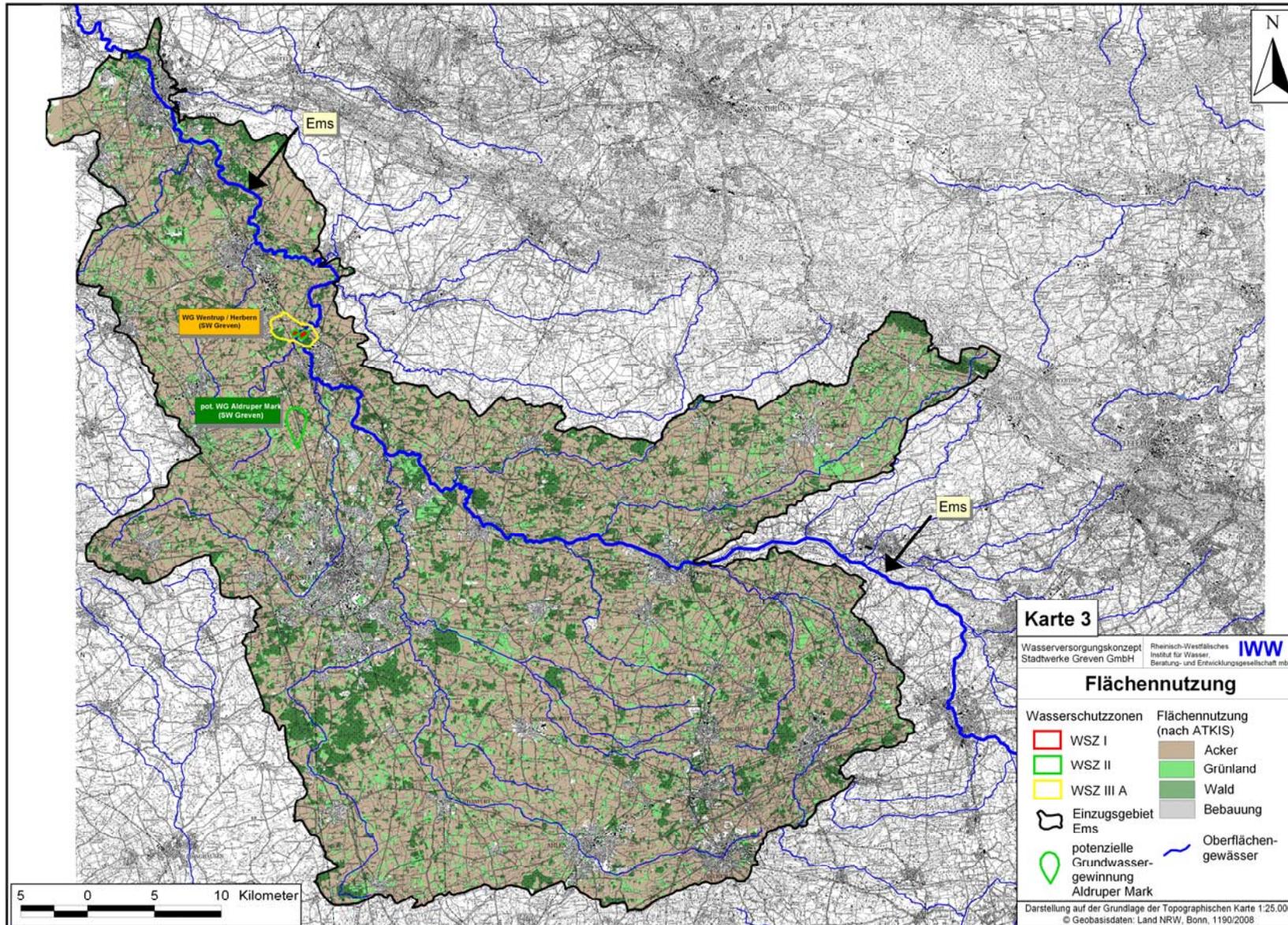
- Karte 1:** Untersuchungsgebiet
- Karte 2:** Detailansicht Wassergewinnungen Herbern und Wentrup
- Karte 3:** Flächennutzung
- Karte 4:** Potenzielle Wassergewinnung Aldruper Mark
- Karte 5:** Bodeneinheiten
- Karte 6:** Grund-/ und Stauswasser Aldruper Mark
- Karte 7:** Wasserspeichervermögen Aldruper Mark
- Karte 8:** Hydraulische Situation Wassergewinnung Herbern / Wentrup
- Karte 9:** Grundwassergleichenplan Aldruper Mark
- Karte 10:** Kläranlagen
- Karte 11:** Überflutungsgebiet Herbern / Wentrup



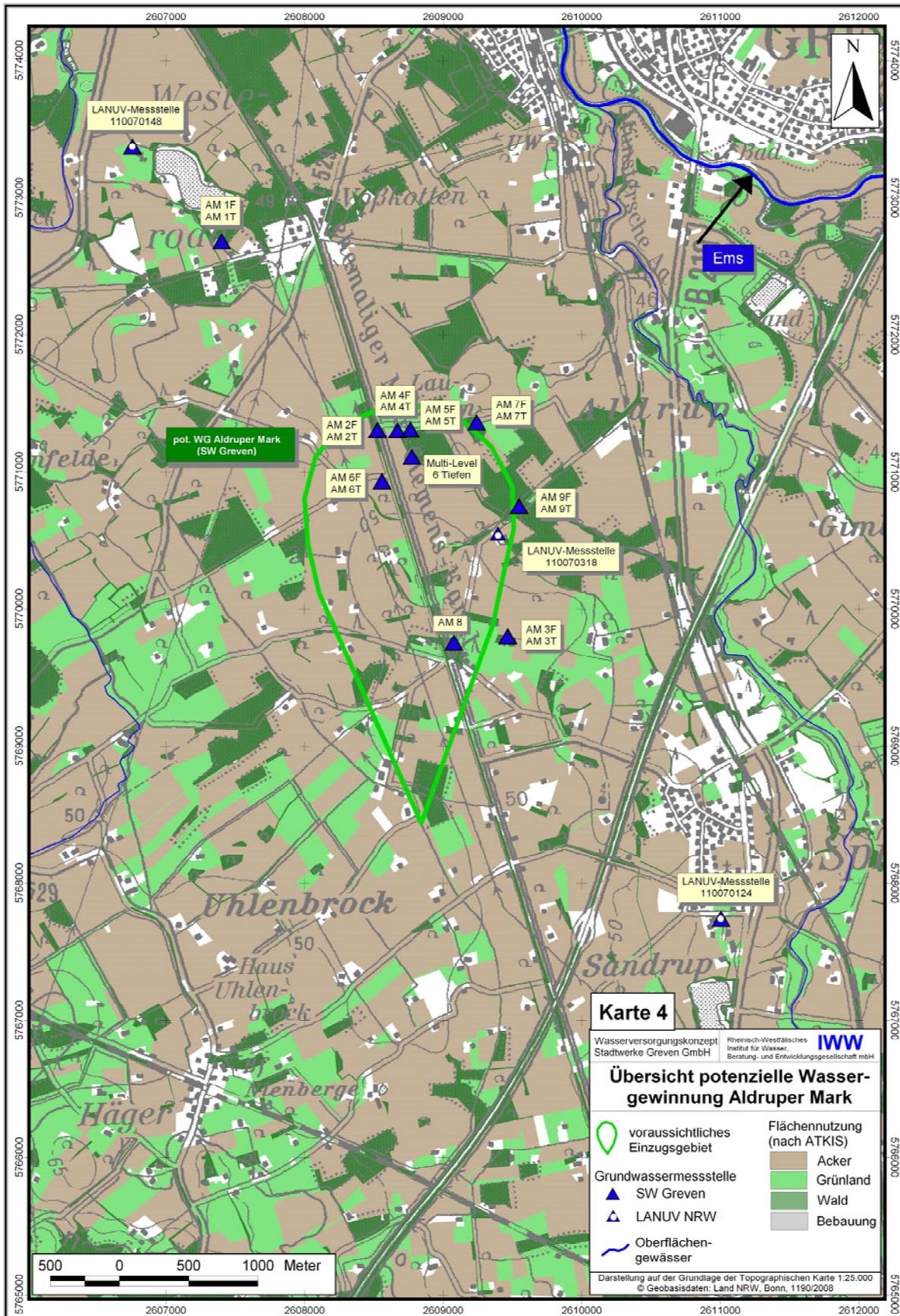
**Karte 1:** Übersicht über die Lage des Untersuchungsgebietes



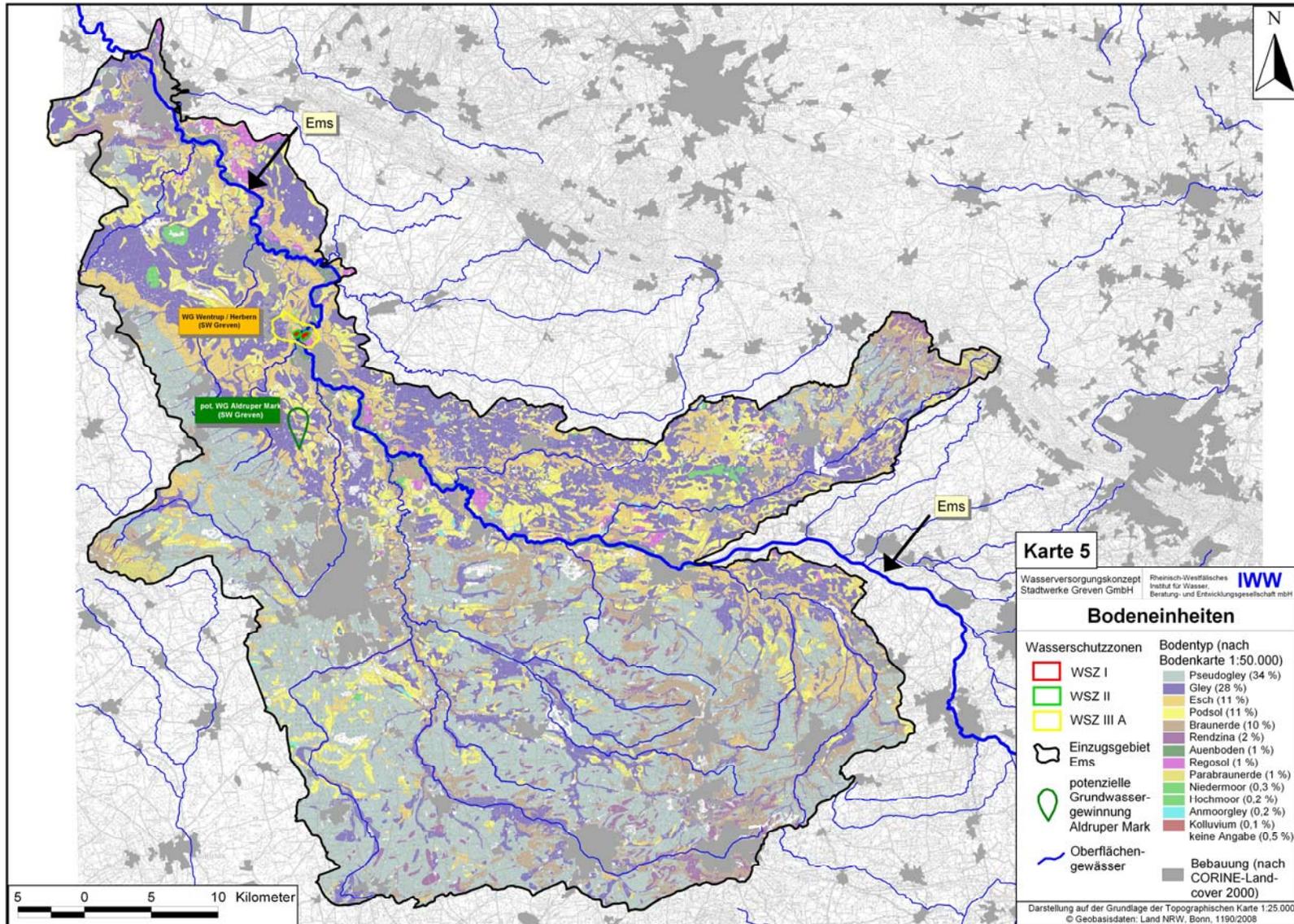
**Karte 2:** Detailansicht Wassergewinnungen Herbern und Wentrup



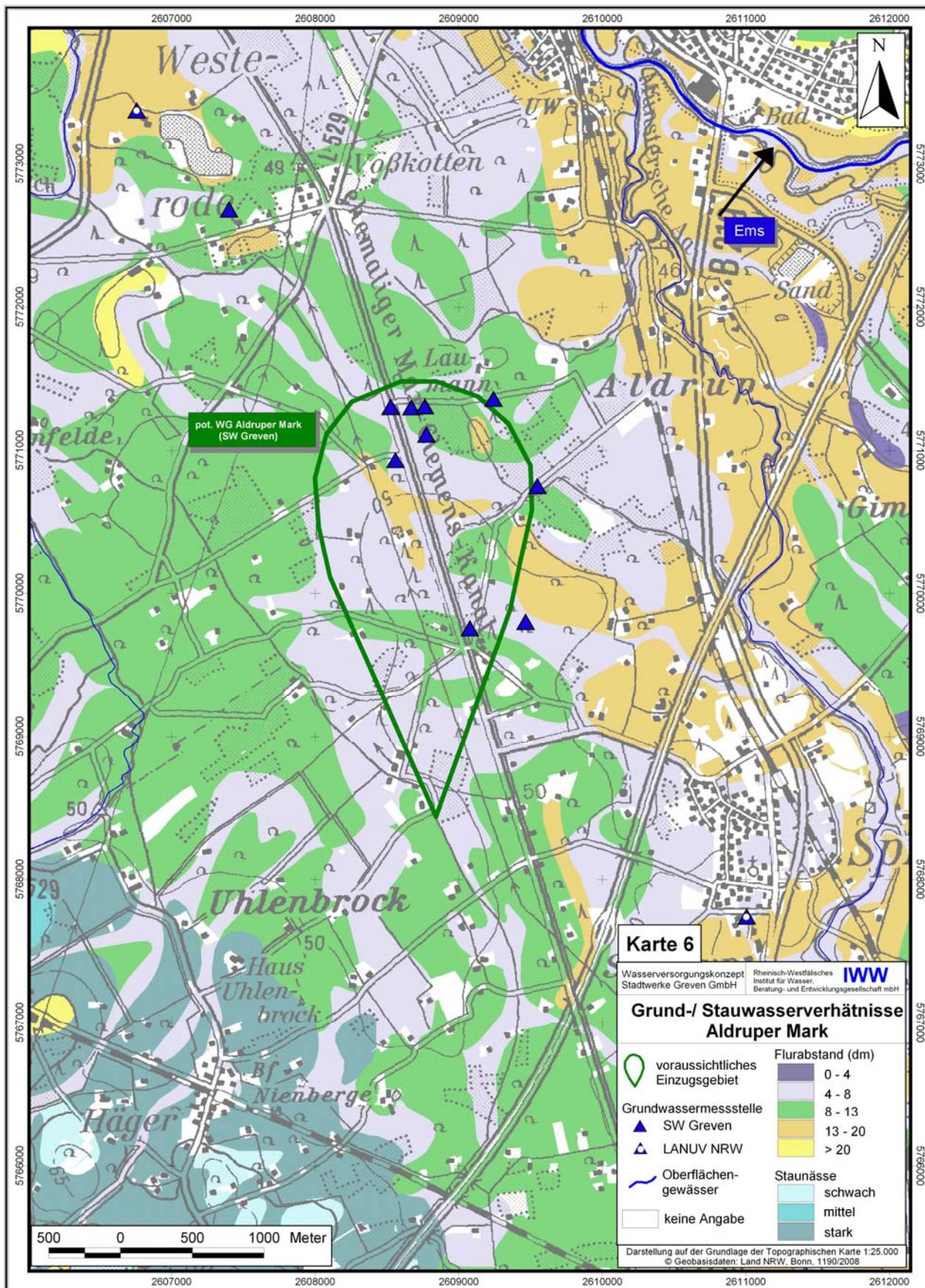
**Karte 3: Flächennutzung im Untersuchungsgebiet**



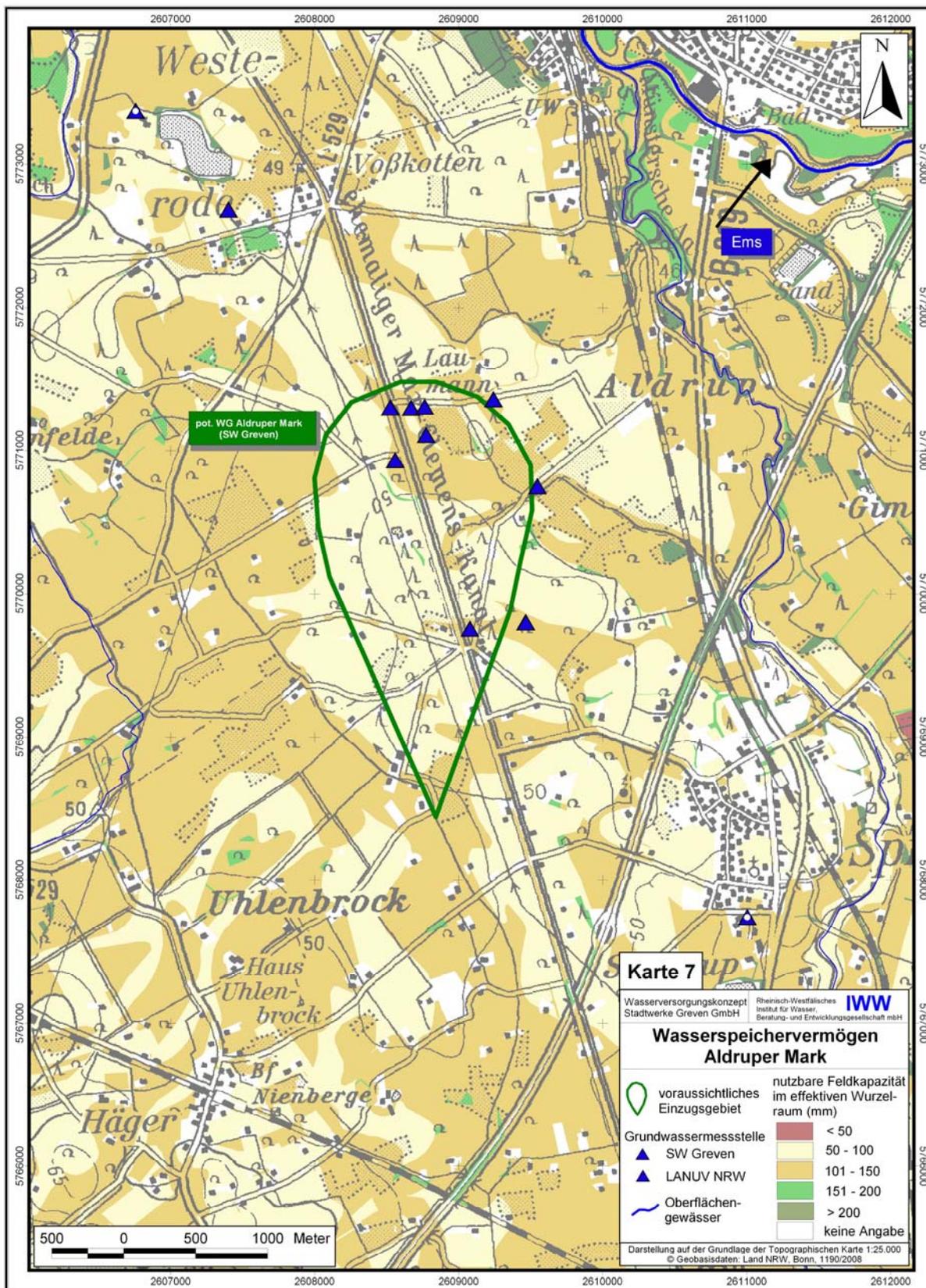
**Karte 4:** Flächennutzung und Grundwassermessnetz im Einzugsgebiet der potenziellen Wassergewinnung Aldruper Mark



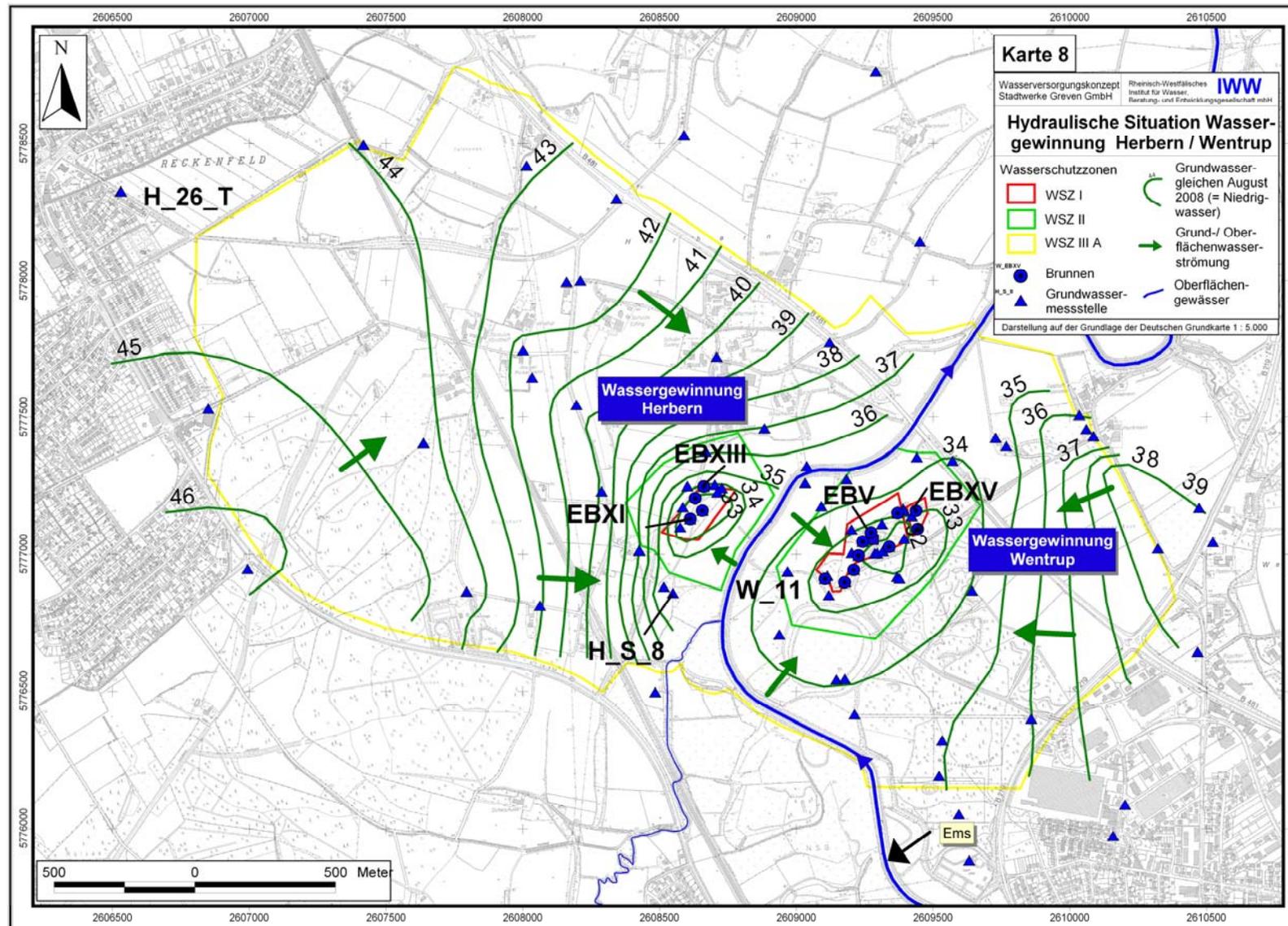
**Karte 5:** Bodeneinheiten im Untersuchungsgebiet



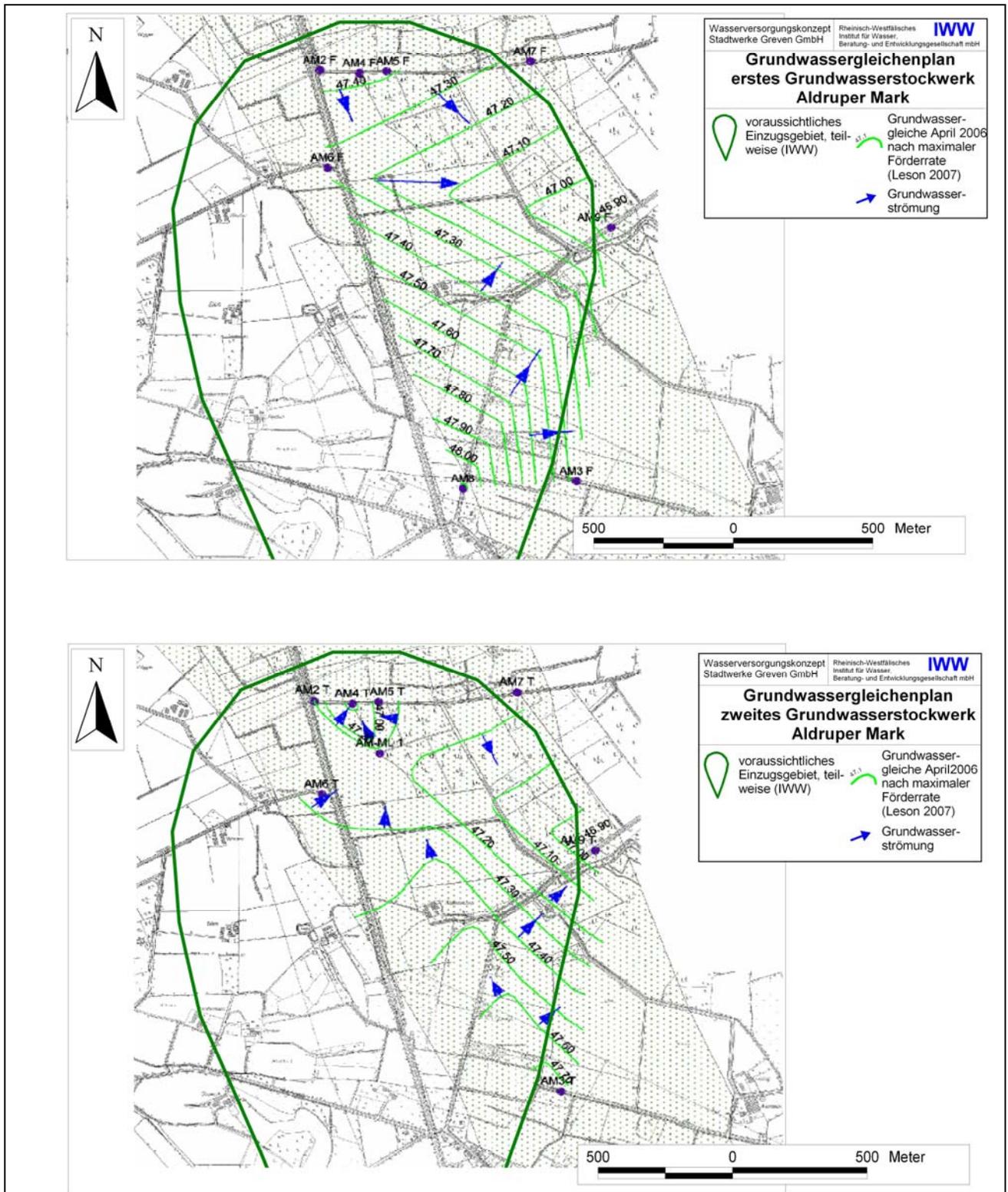
**Karte 6:** Grund- und Stauwasserverhältnisse im Einzugsgebiet der potenziellen Wassergewinnung Aldruper Mark



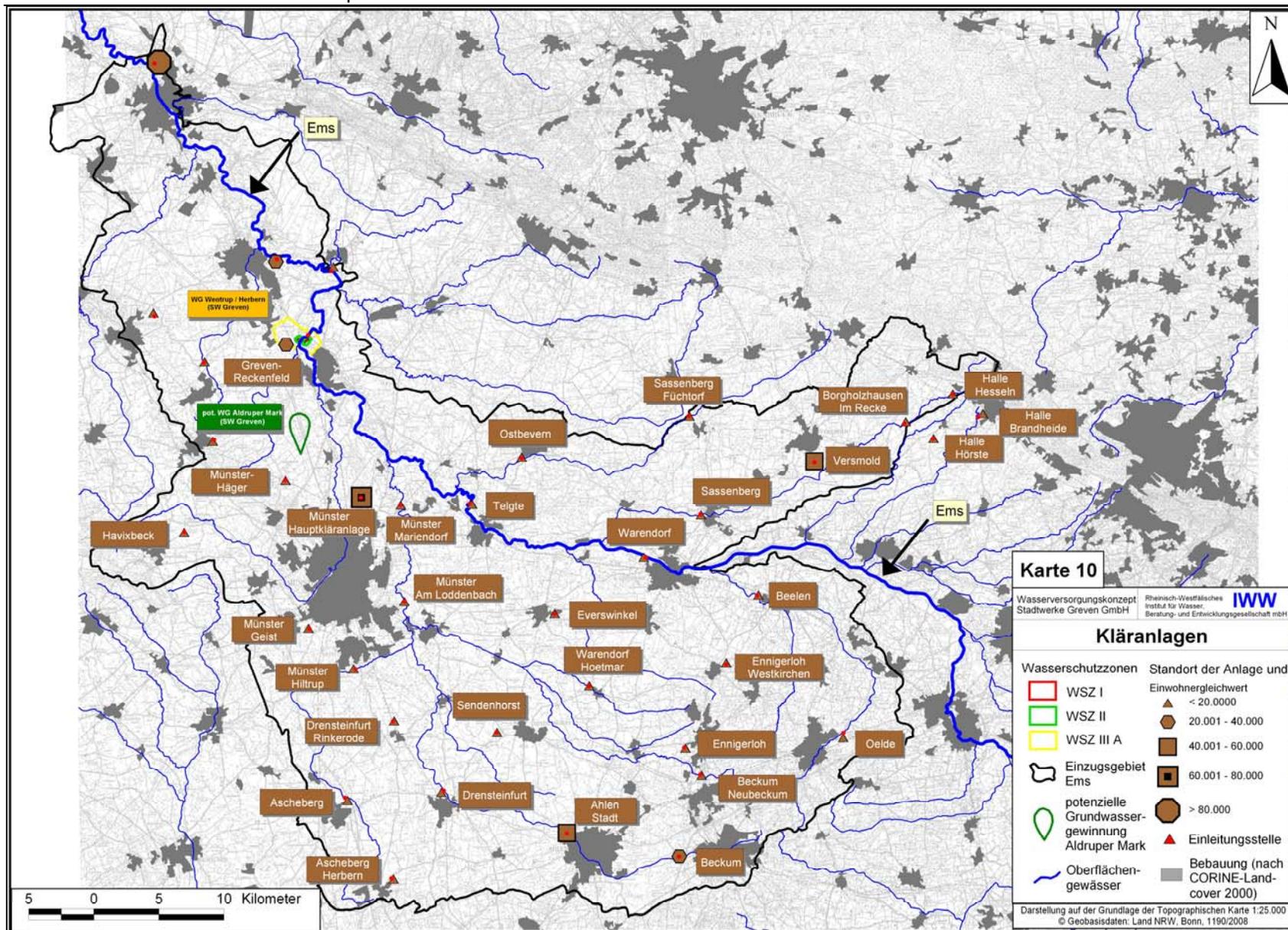
**Karte 7:** Wasserspeichervermögen im Einzugsgebiet der potenziellen Wassergewinnung Aldrup Mark



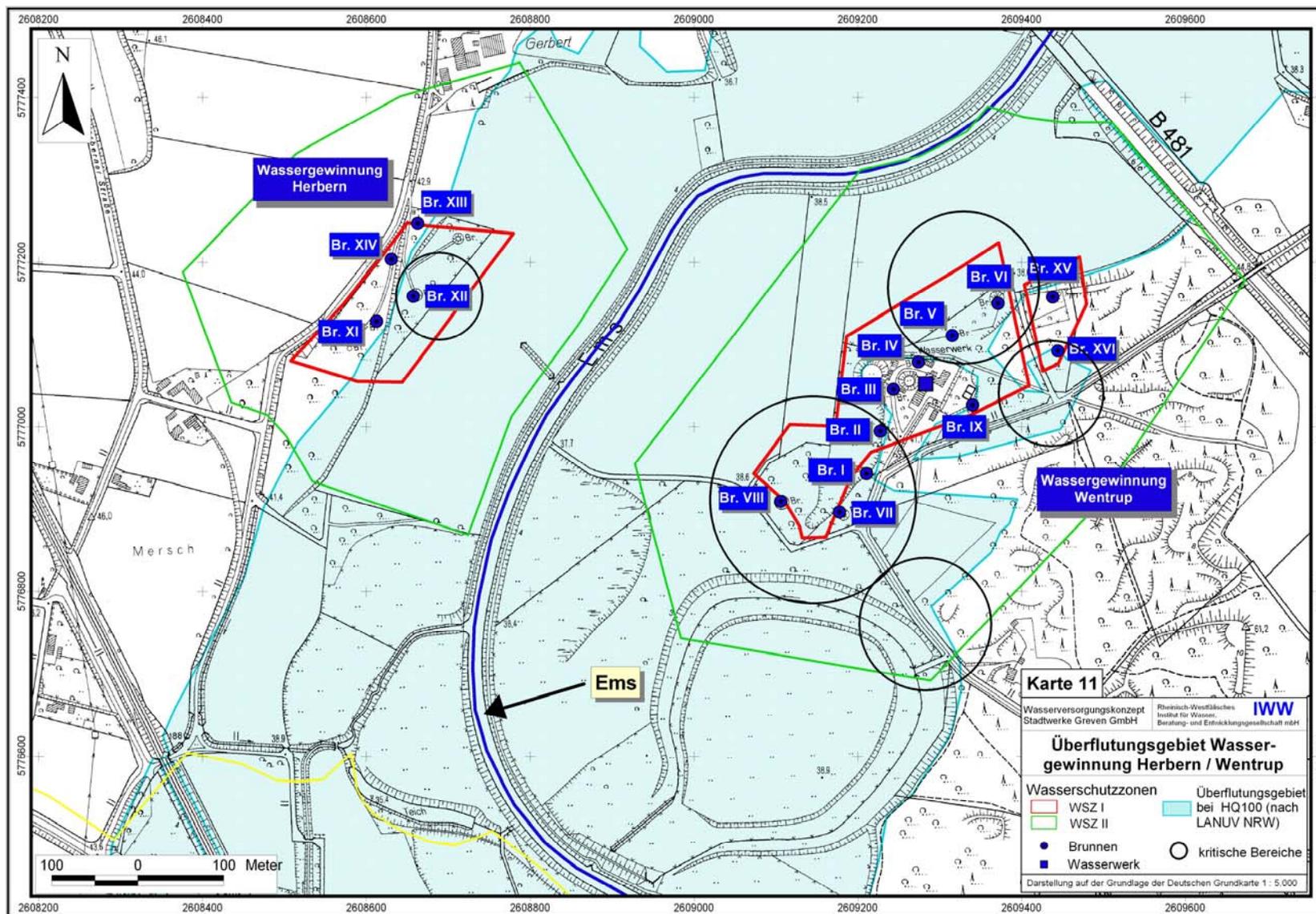
**Karte 8:** Hydraulische Situation der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup (Grundwassergleichen nach /21/)



**Karte 9:** Grundwassergleichpläne für das Einzugsgebiet der potenziellen Wassergewinnung Aldruper Mark (Grundwassergleichen/ -strömung nach /27/) )

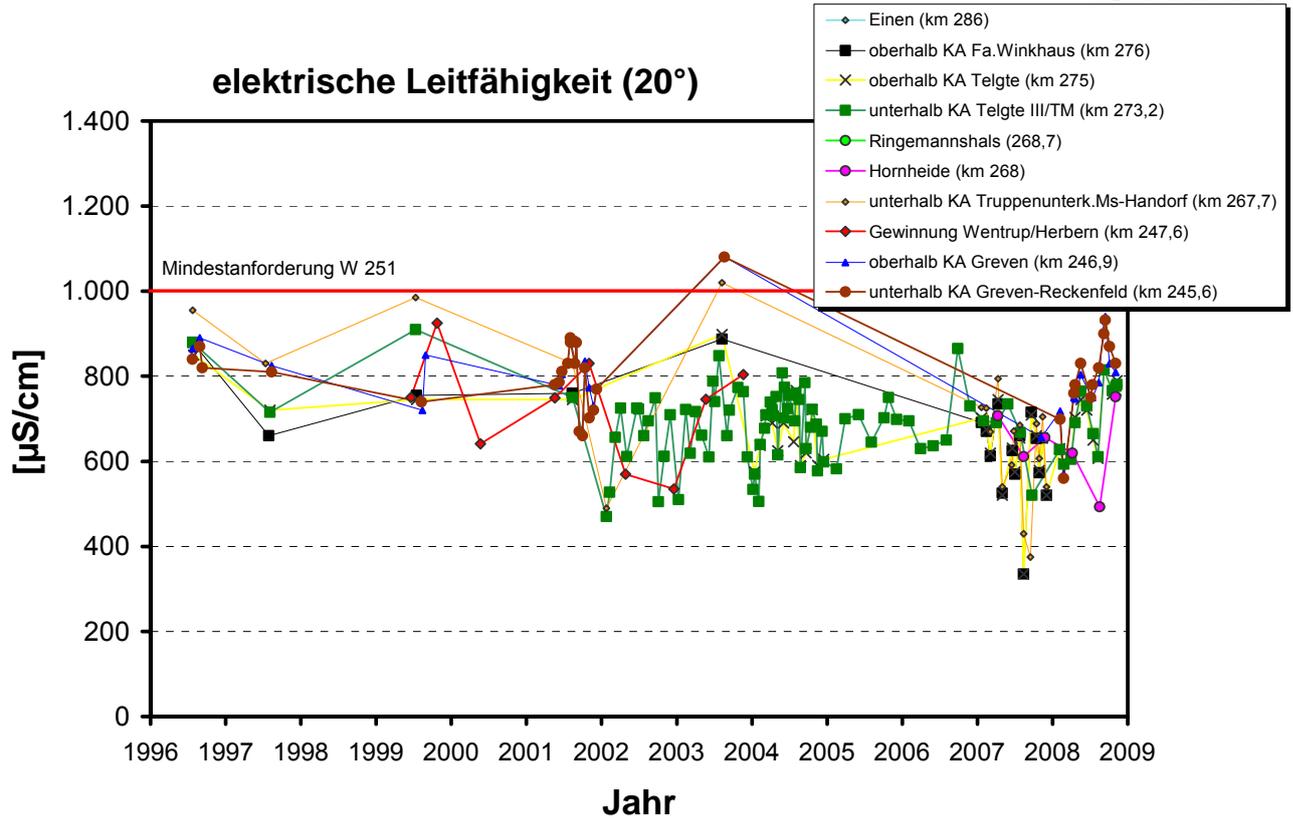


**Karte 10: Kommunale Kläranlagen im Untersuchungsgebiet**

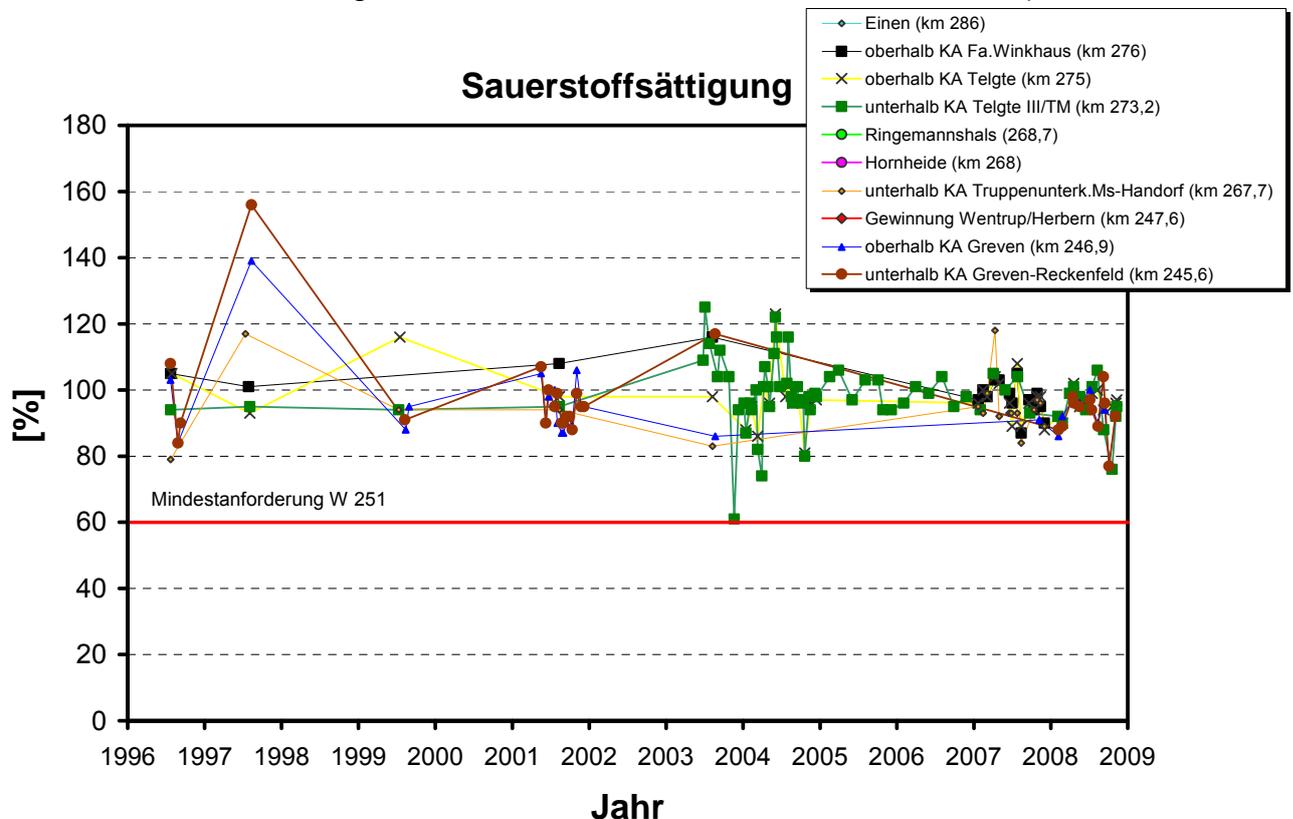


**Karte 11:** Überflutungsgebiet der Wassergewinnungen Herbern und Wentrup

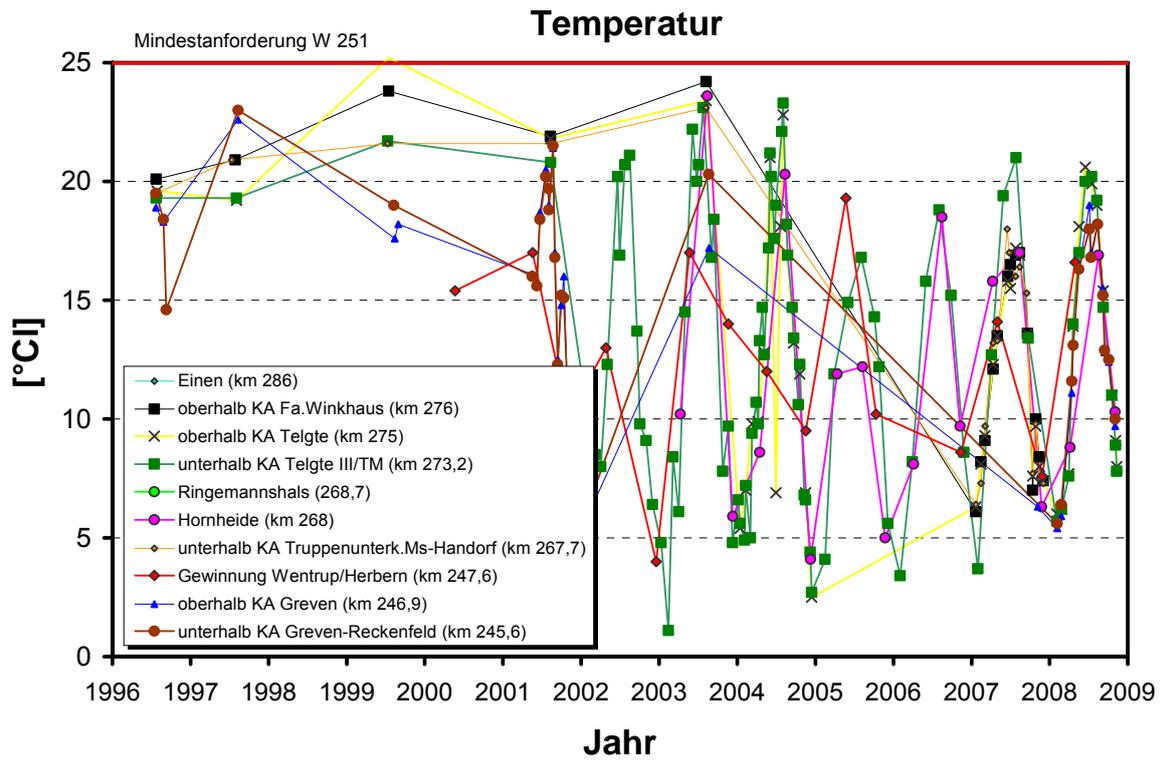




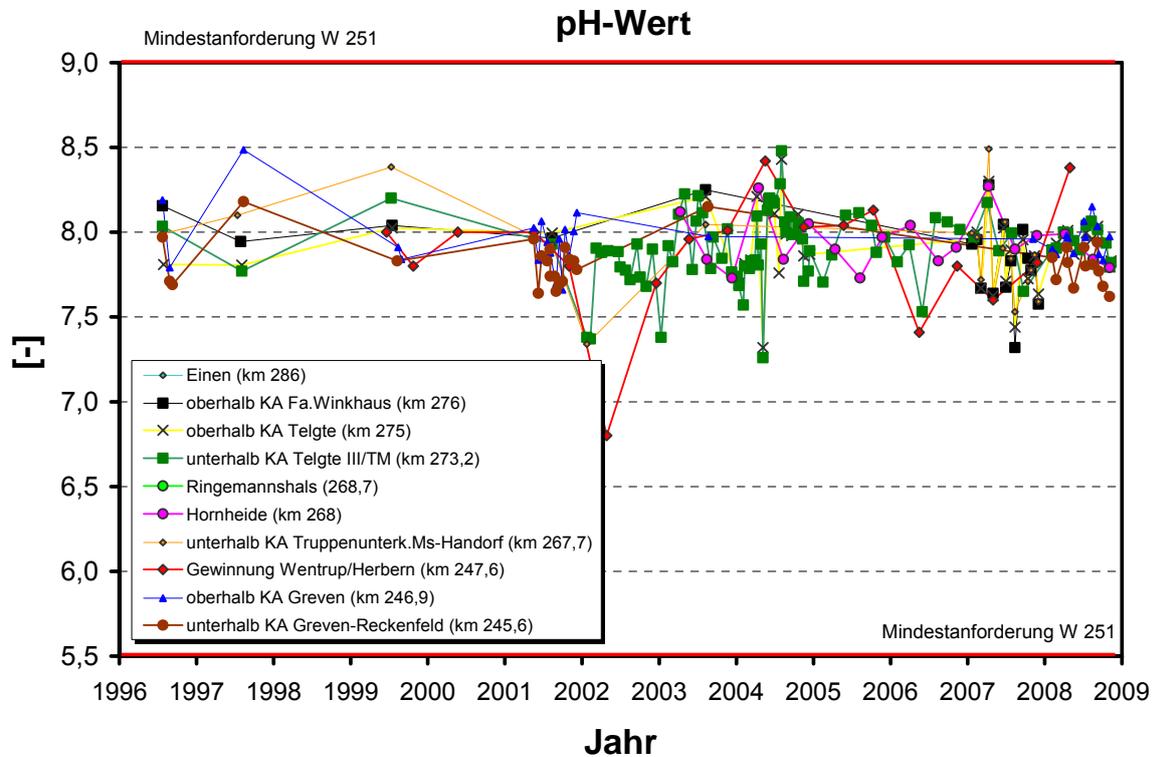
**Abbildung 1:** Entwicklung der Leitfähigkeit im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



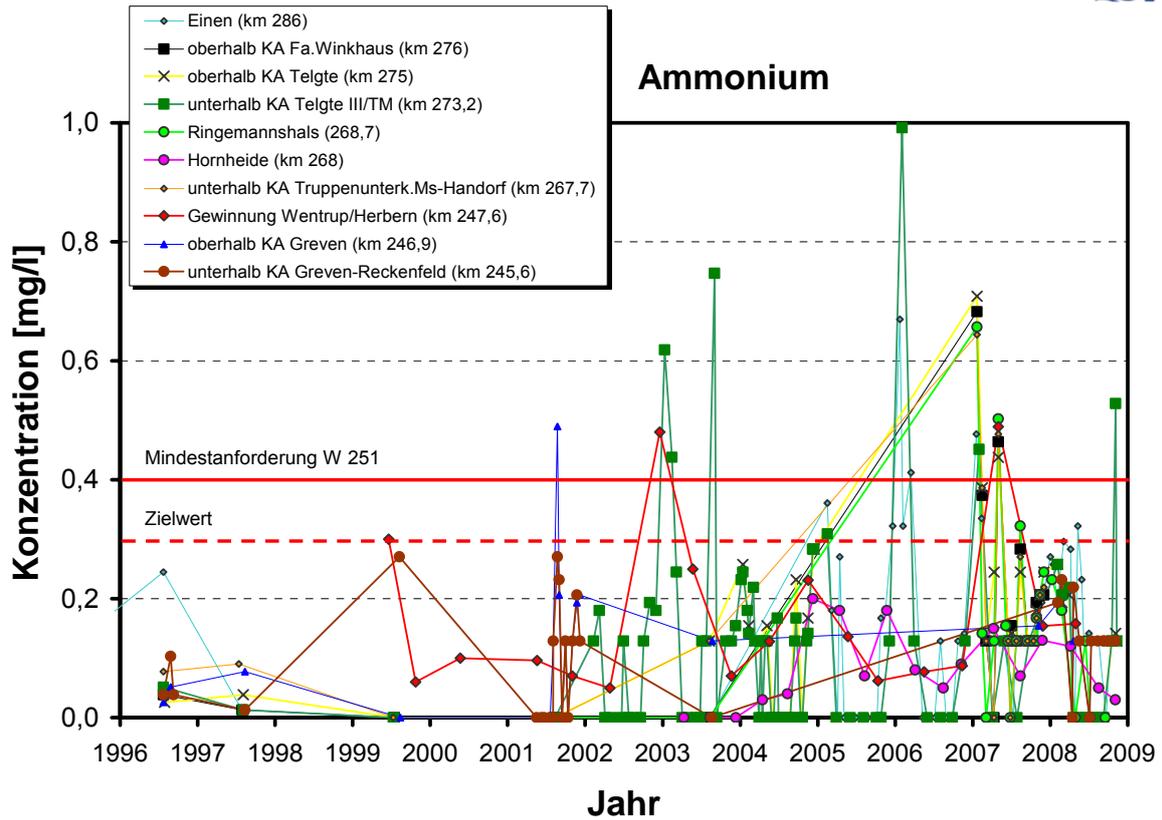
**Abbildung 2:** Entwicklung der Sauerstoffsättigung im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



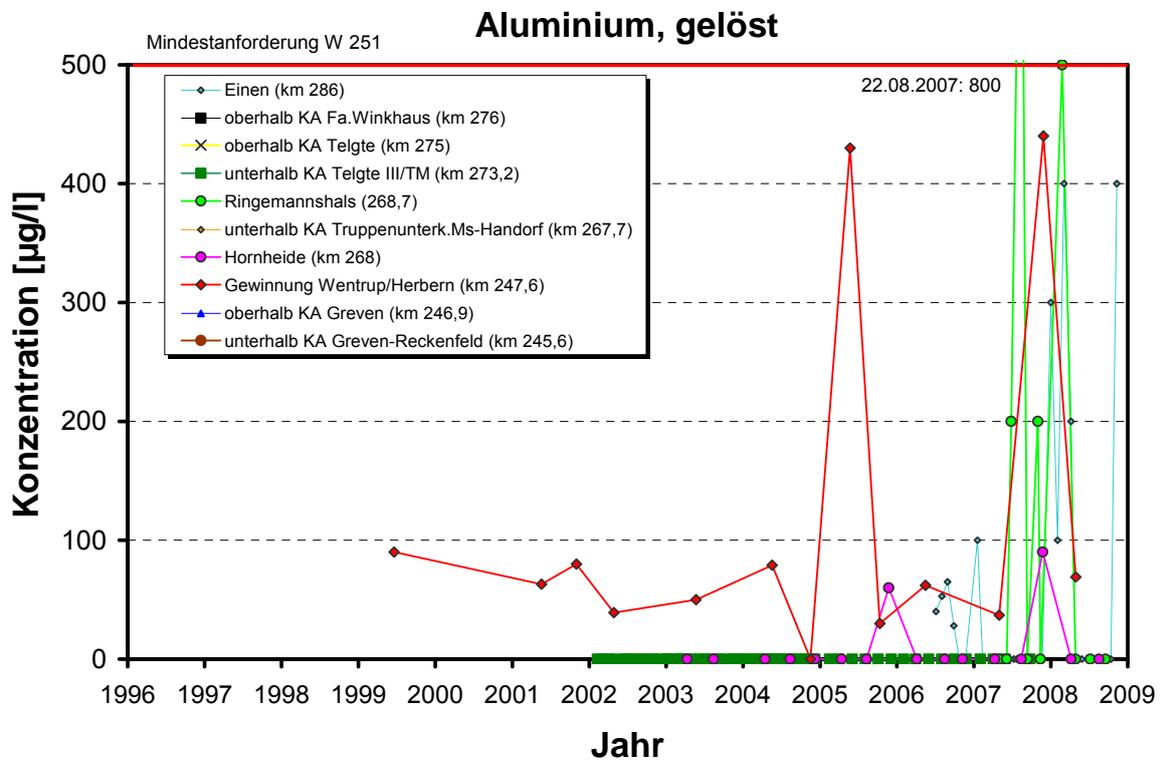
**Abbildung 3:** Entwicklung der Temperatur im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen.1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 4:** Entwicklung des pH-Wertes im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 5:** Entwicklung der Ammoniumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 6:** Entwicklung der Aluminiumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

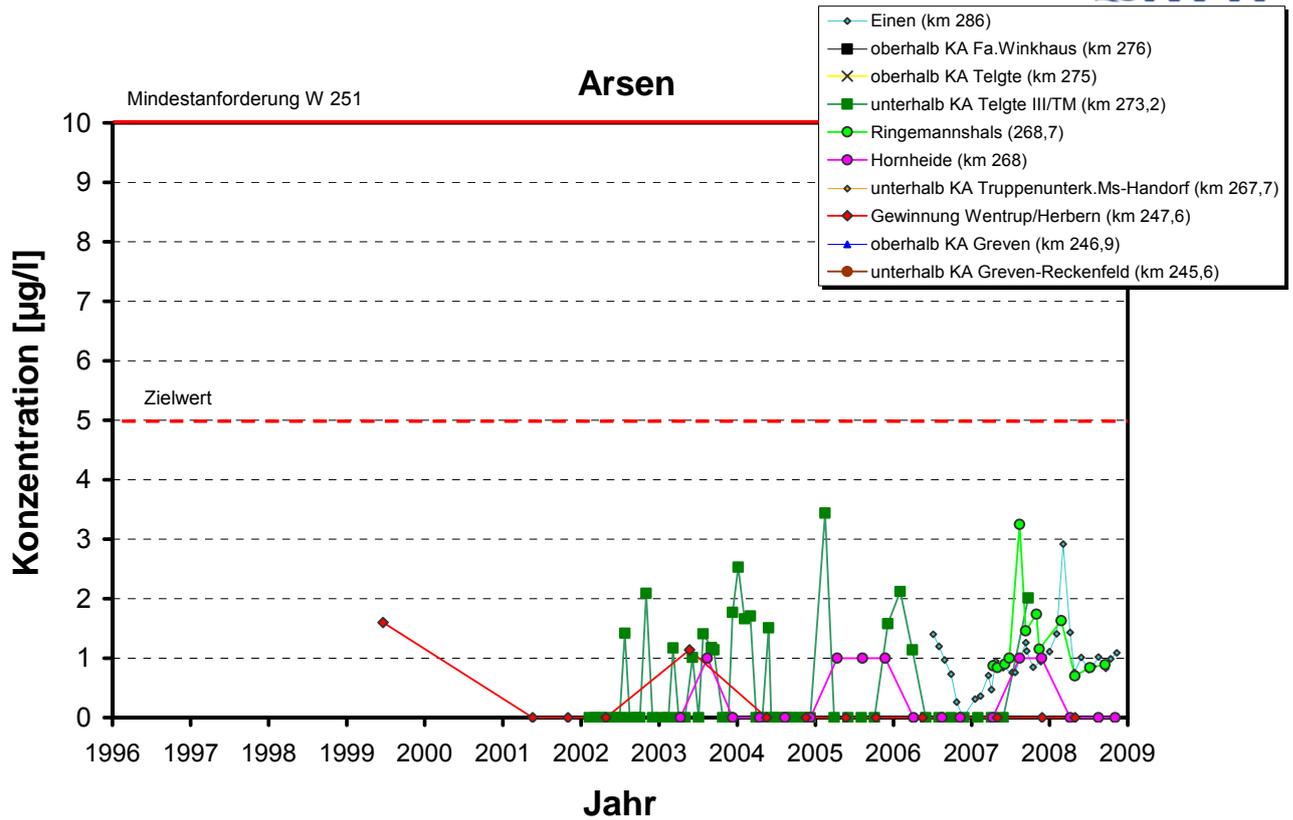


Abbildung 7: Entwicklung der Arsenkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

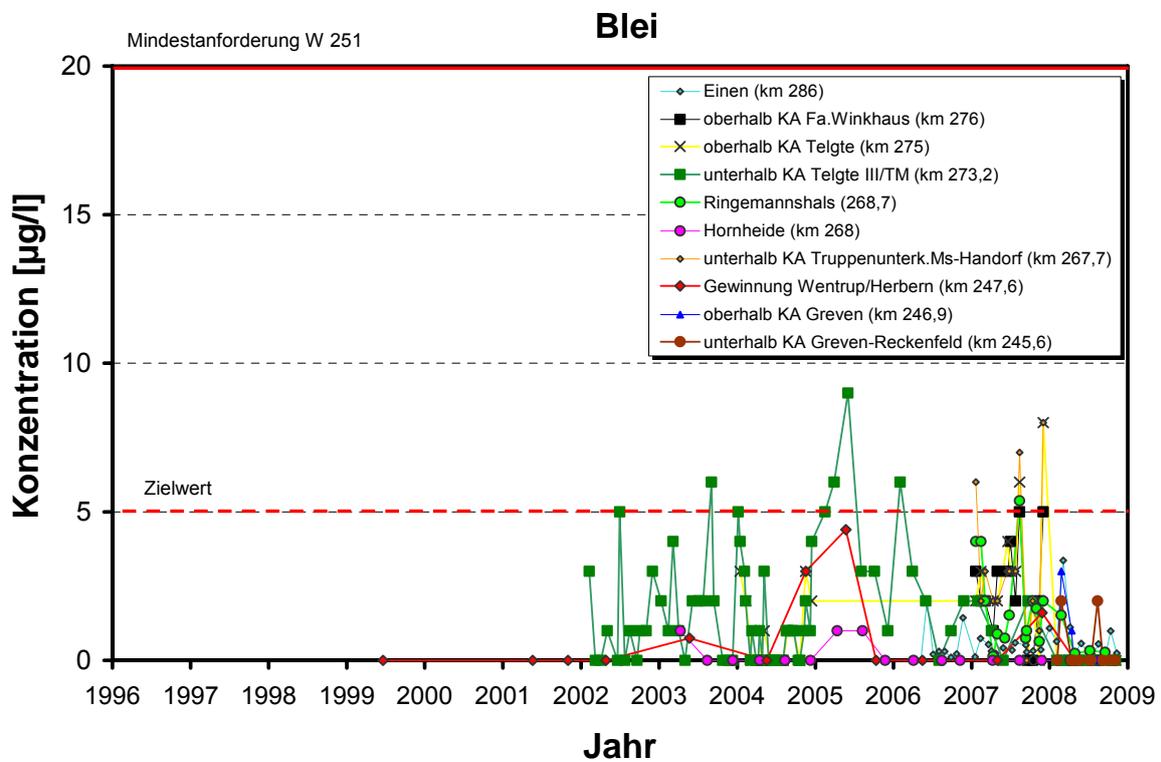


Abbildung 8: Entwicklung der Bleikonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

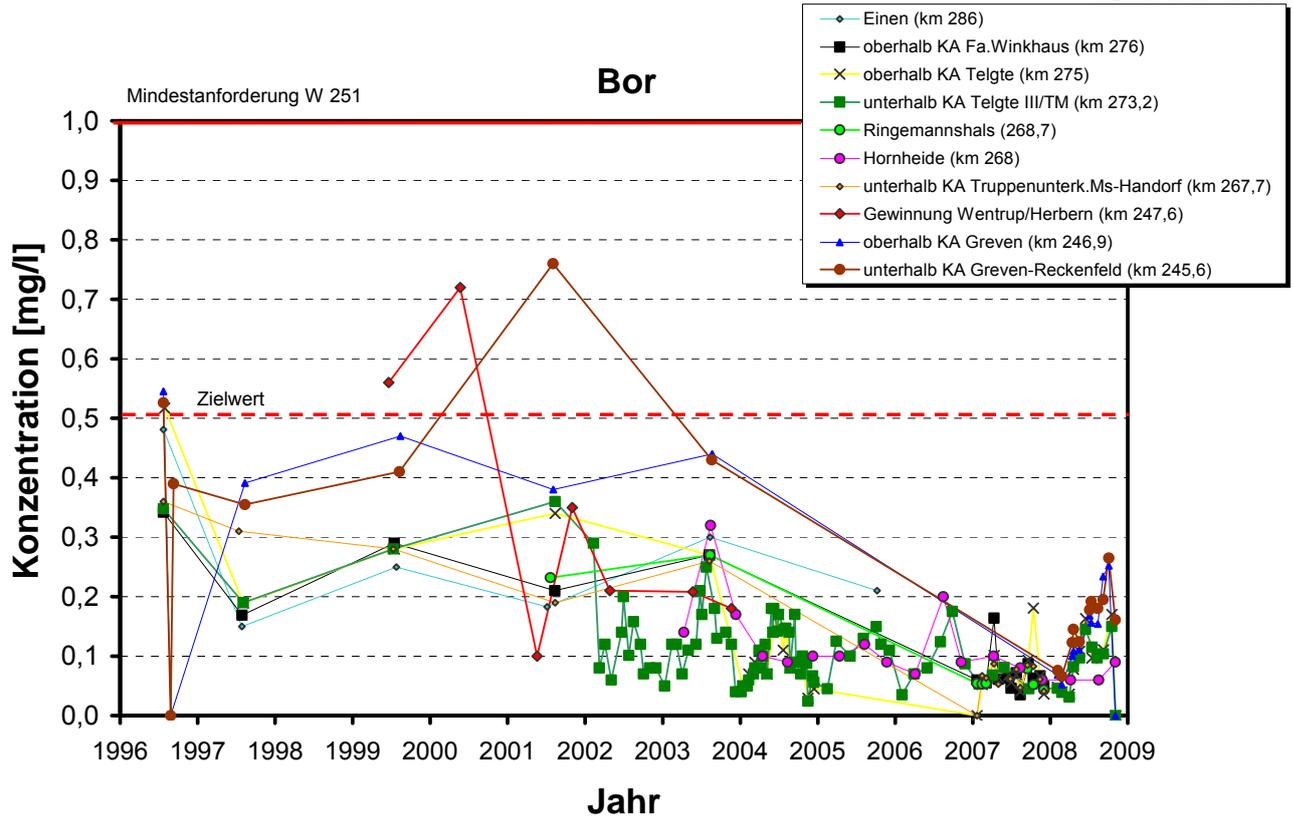


Abbildung 9: Entwicklung der Borkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

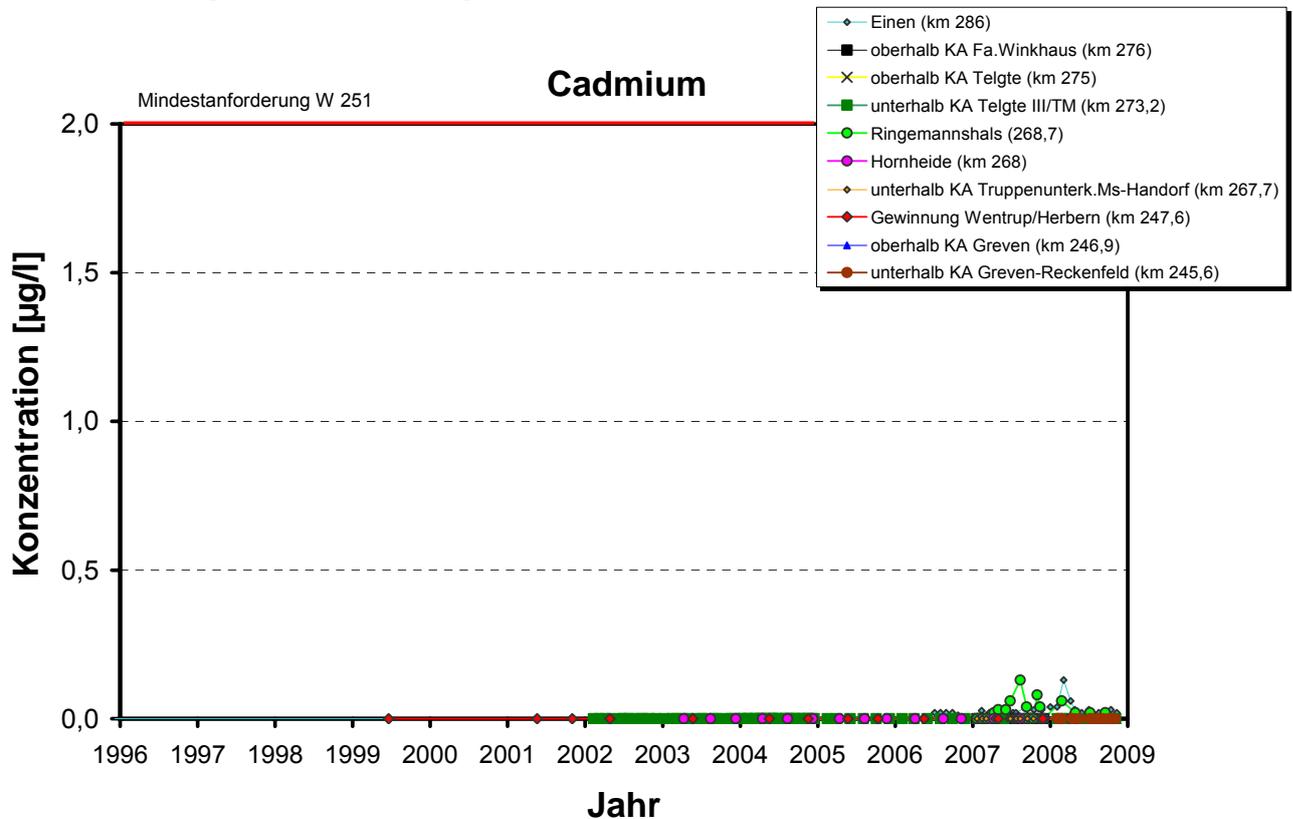


Abbildung 10: Entwicklung der Cadmiumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

keine Mindestanforderung

### Calcium

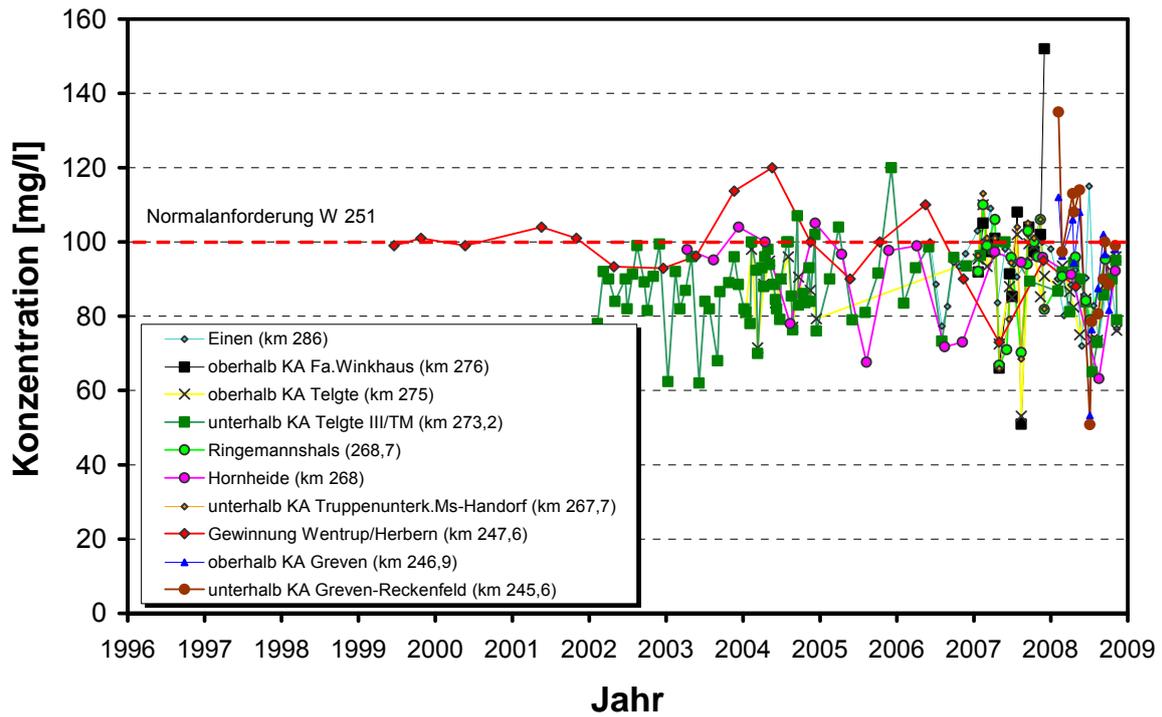


Abbildung 11: Entwicklung der Calciumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

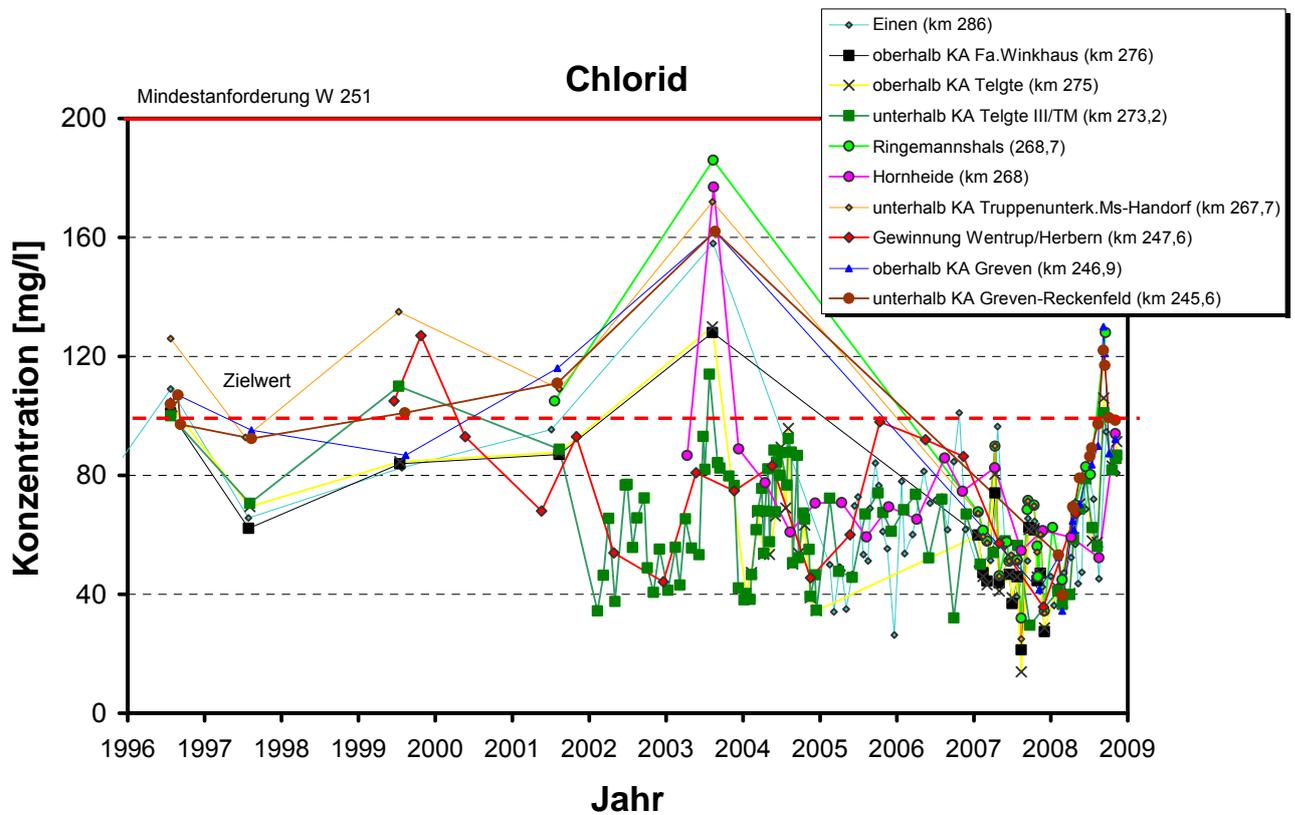
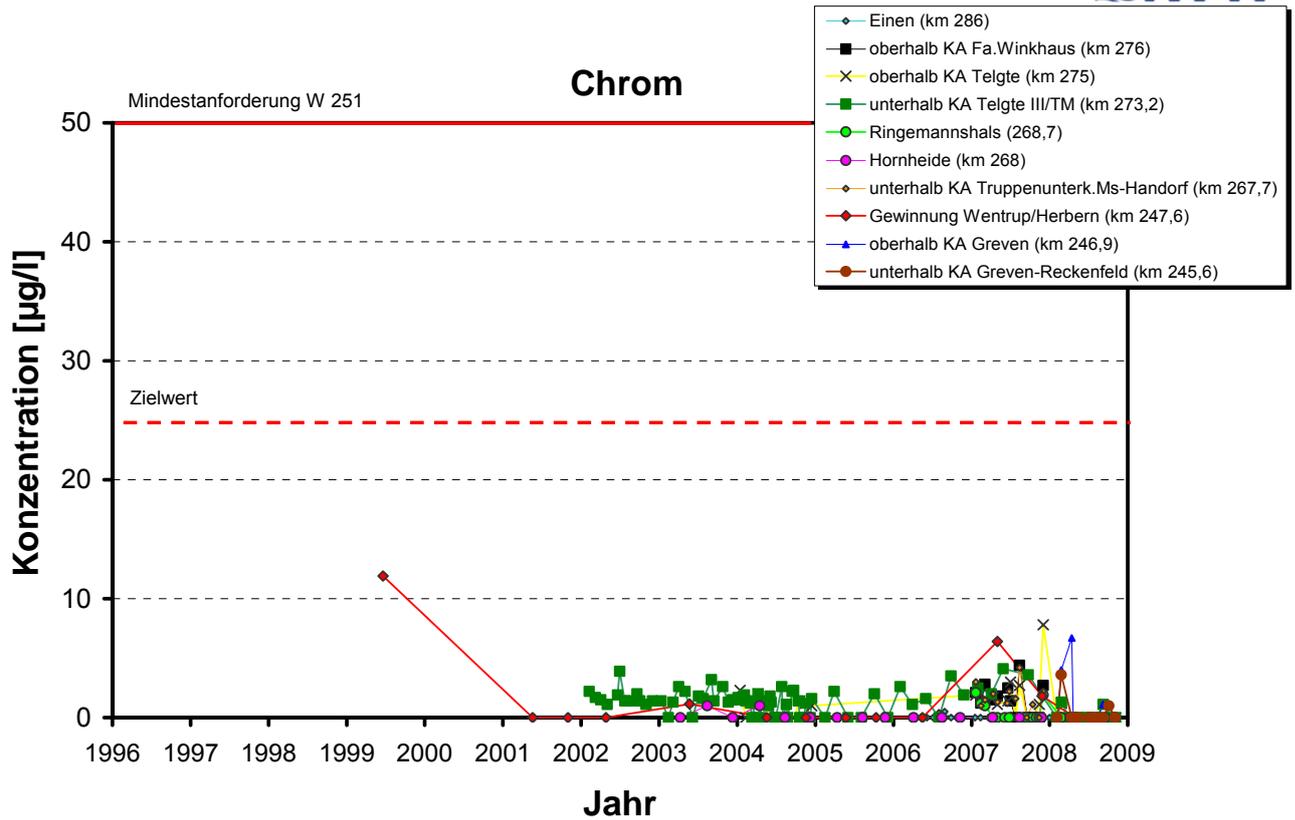
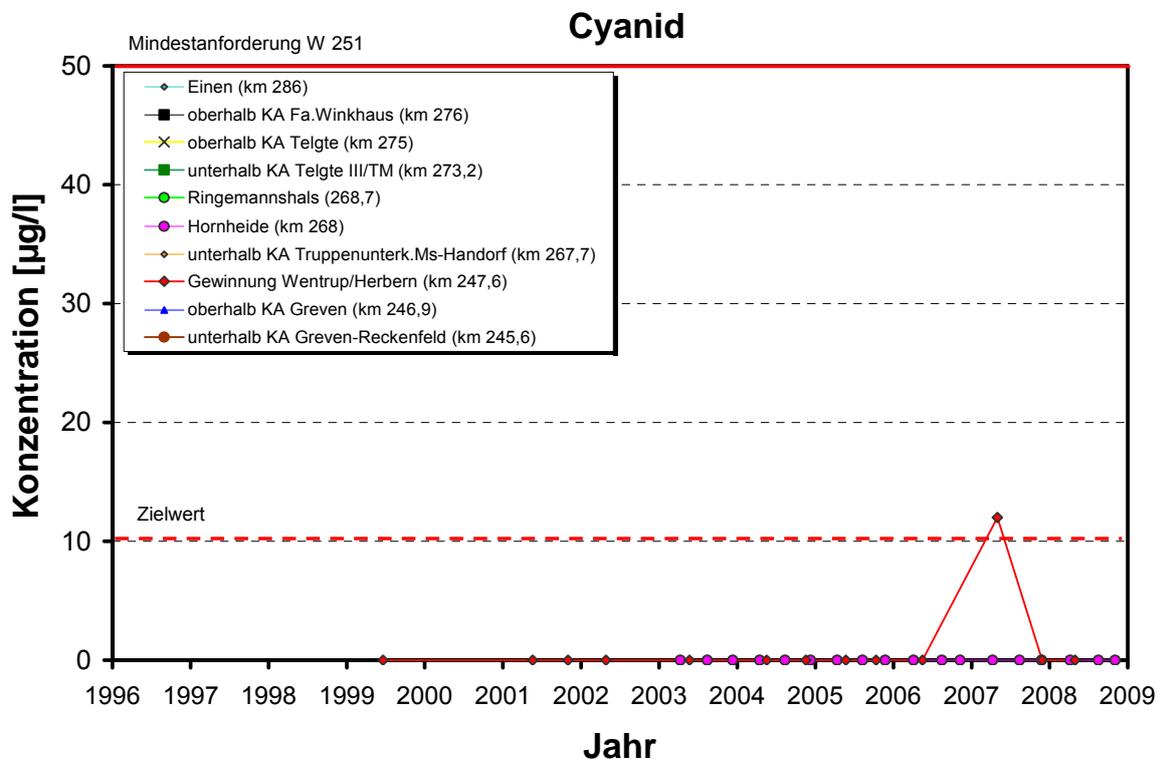


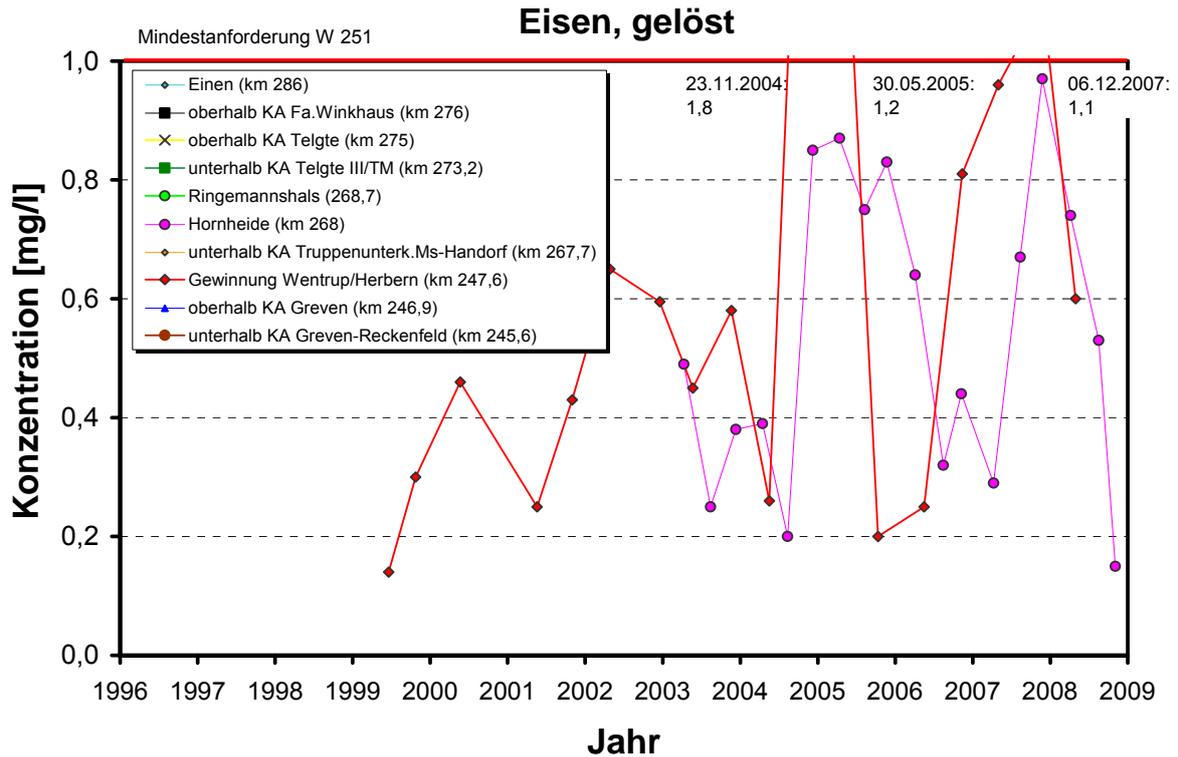
Abbildung 12: Entwicklung der Chloridkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



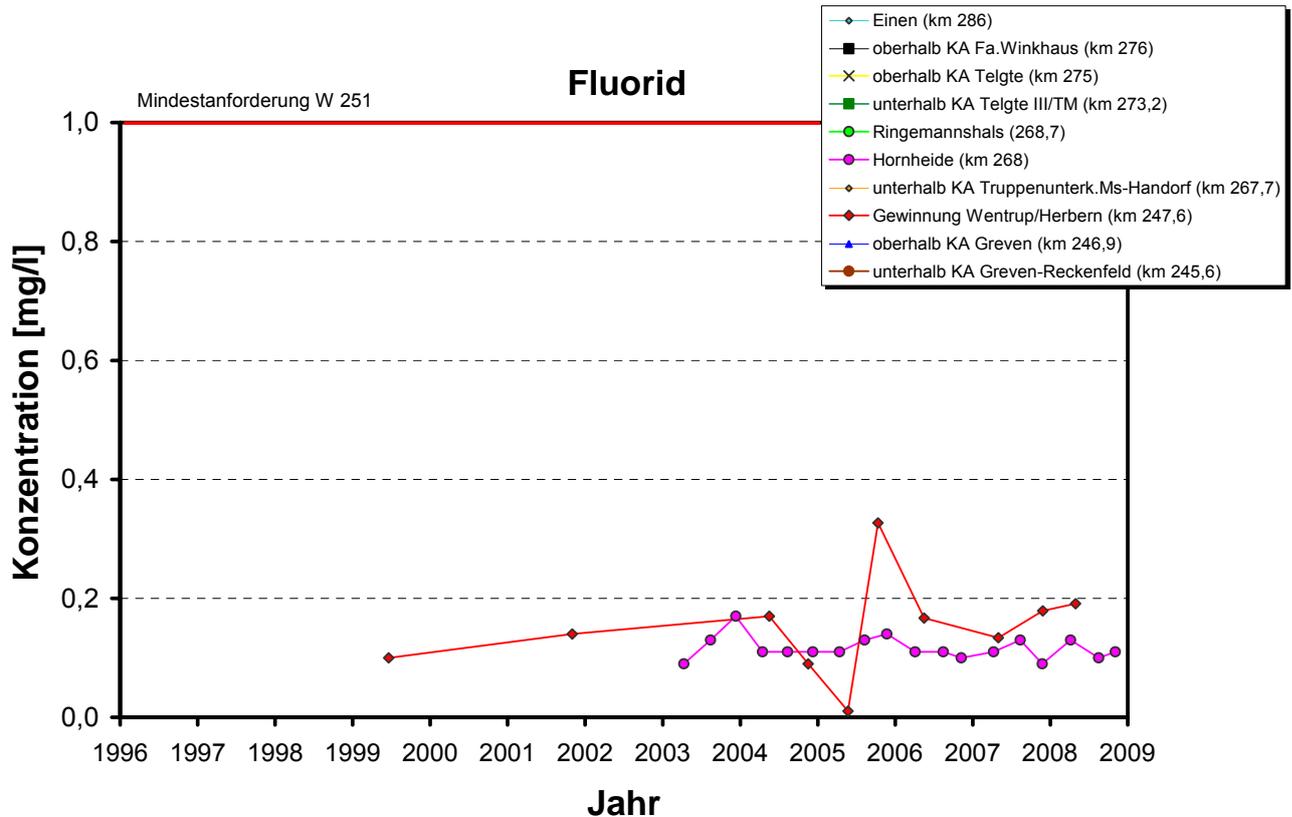
**Abbildung 13:** Entwicklung der Chromkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



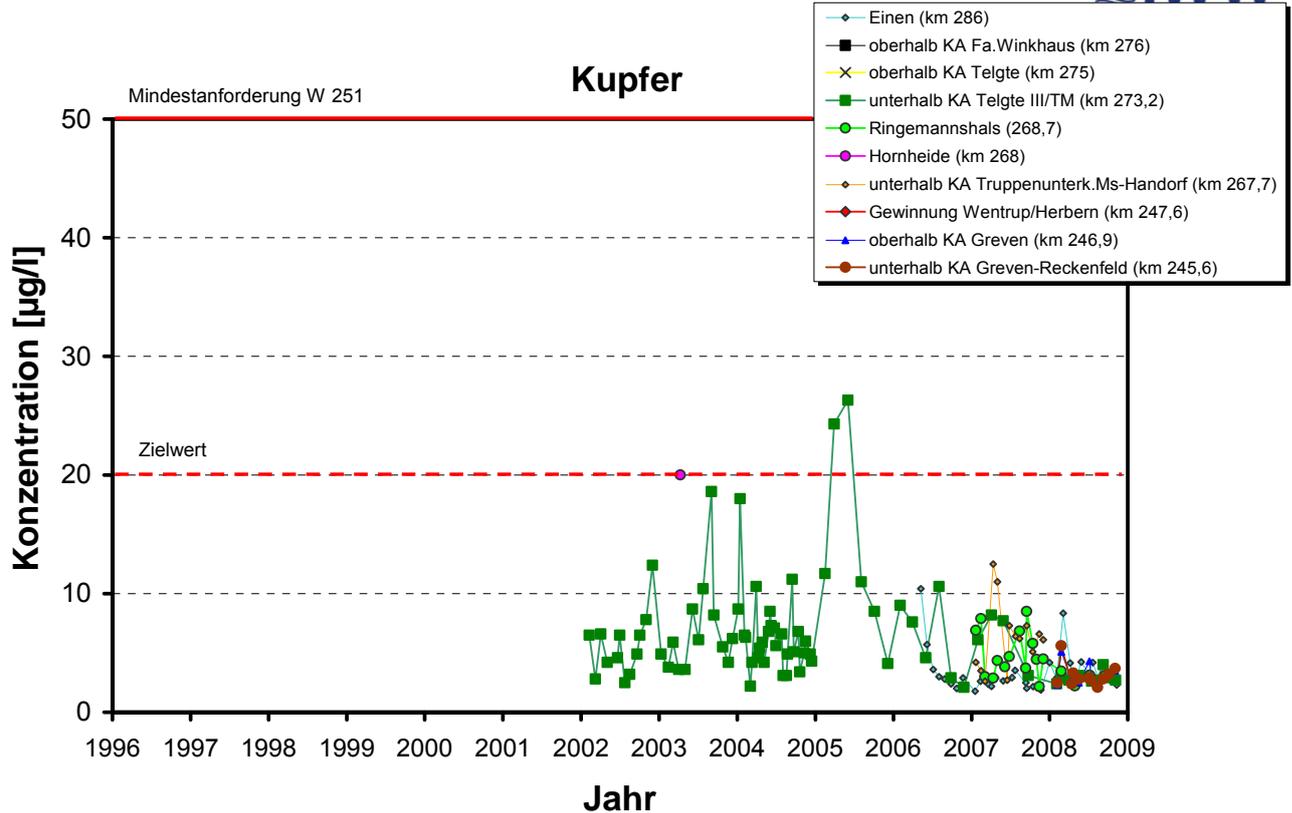
**Abbildung 14:** Entwicklung der Cyanidkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



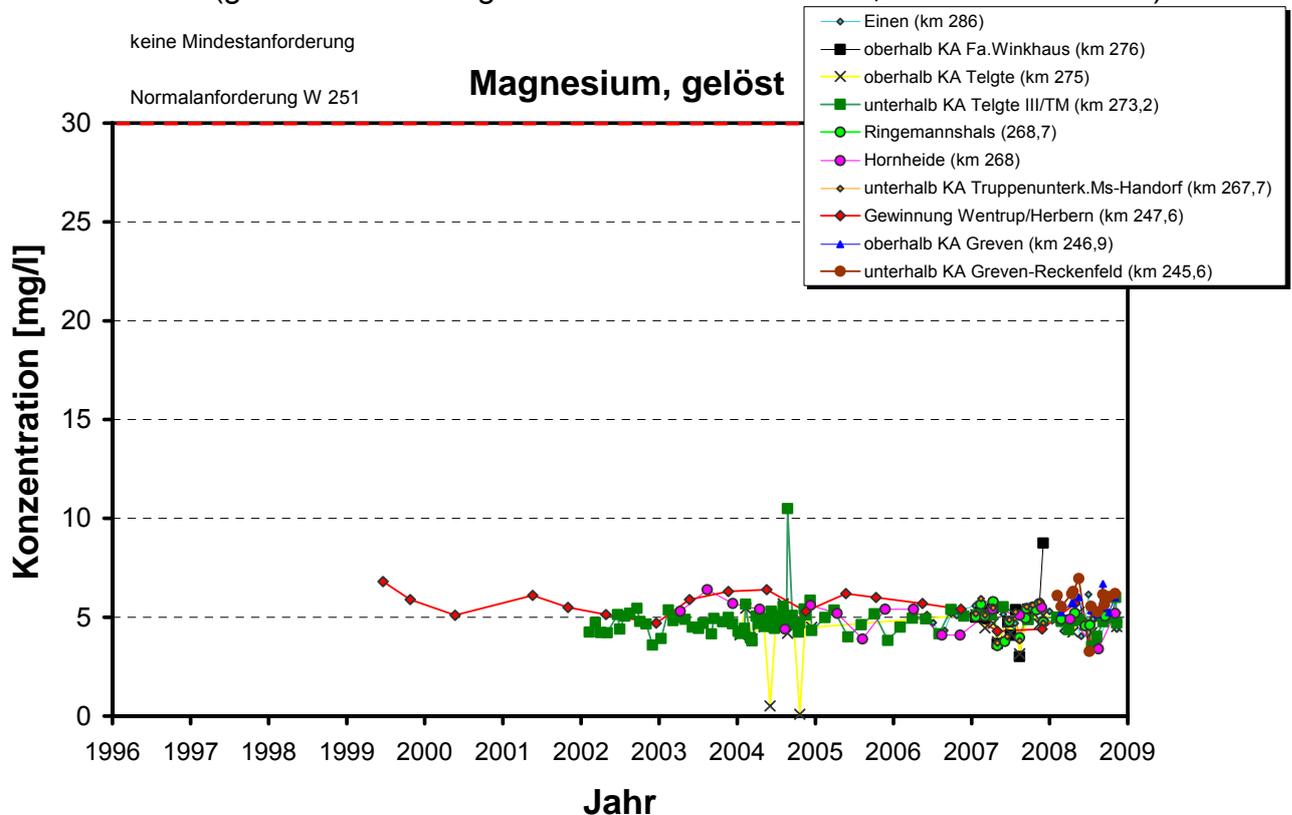
**Abbildung 15:** Entwicklung der Eisenkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 16:** Entwicklung der Fluoridkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 17:** Entwicklung der Kupferkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 18:** Entwicklung der Magnesiumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

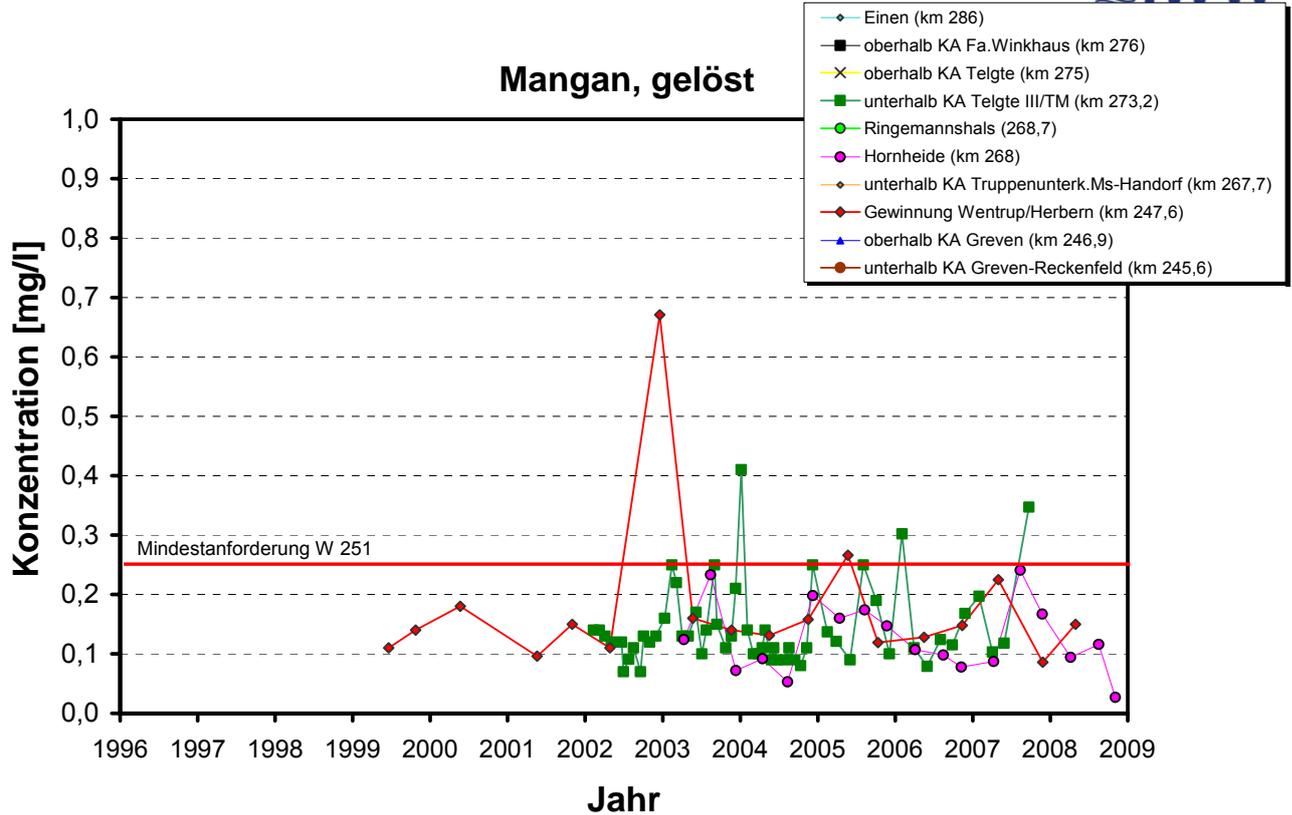


Abbildung 19: Entwicklung der Mangankonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

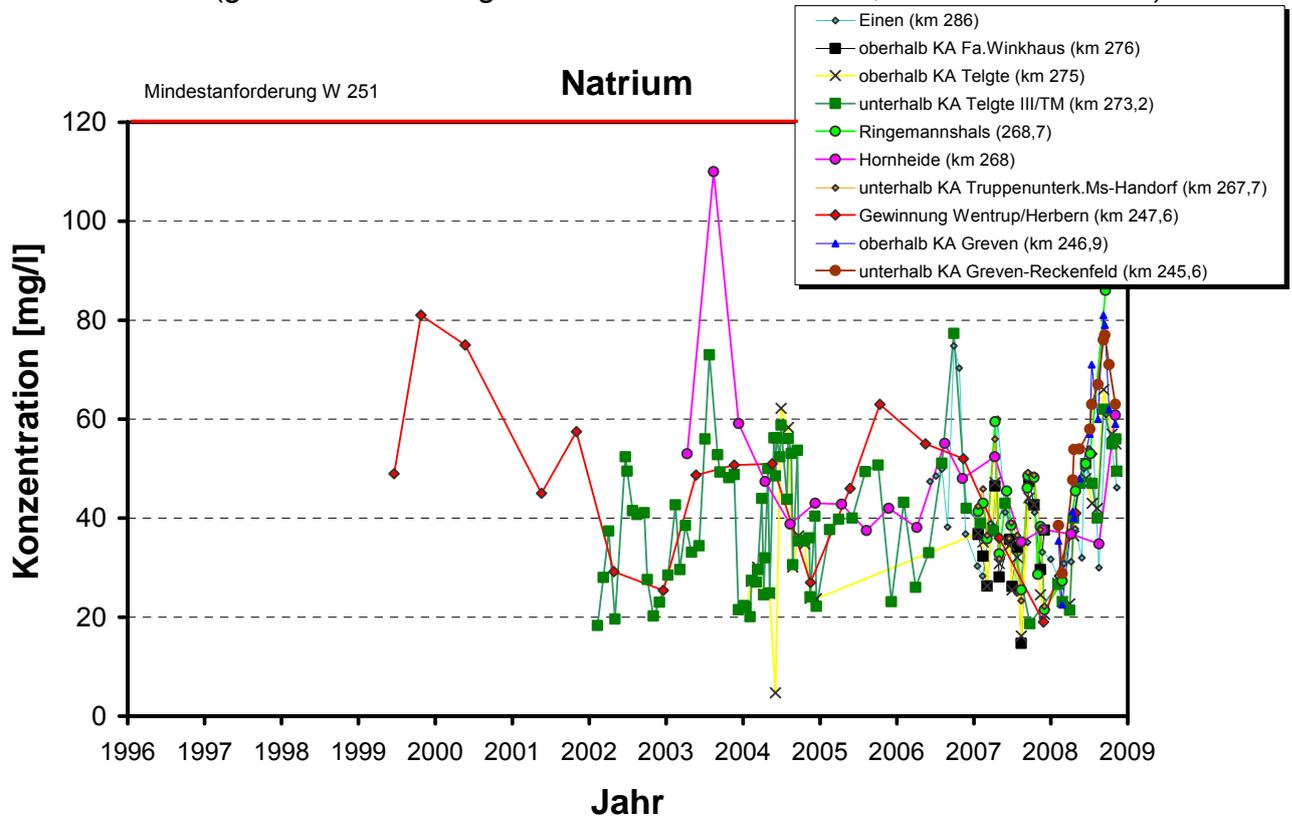


Abbildung 20: Entwicklung der Natriumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

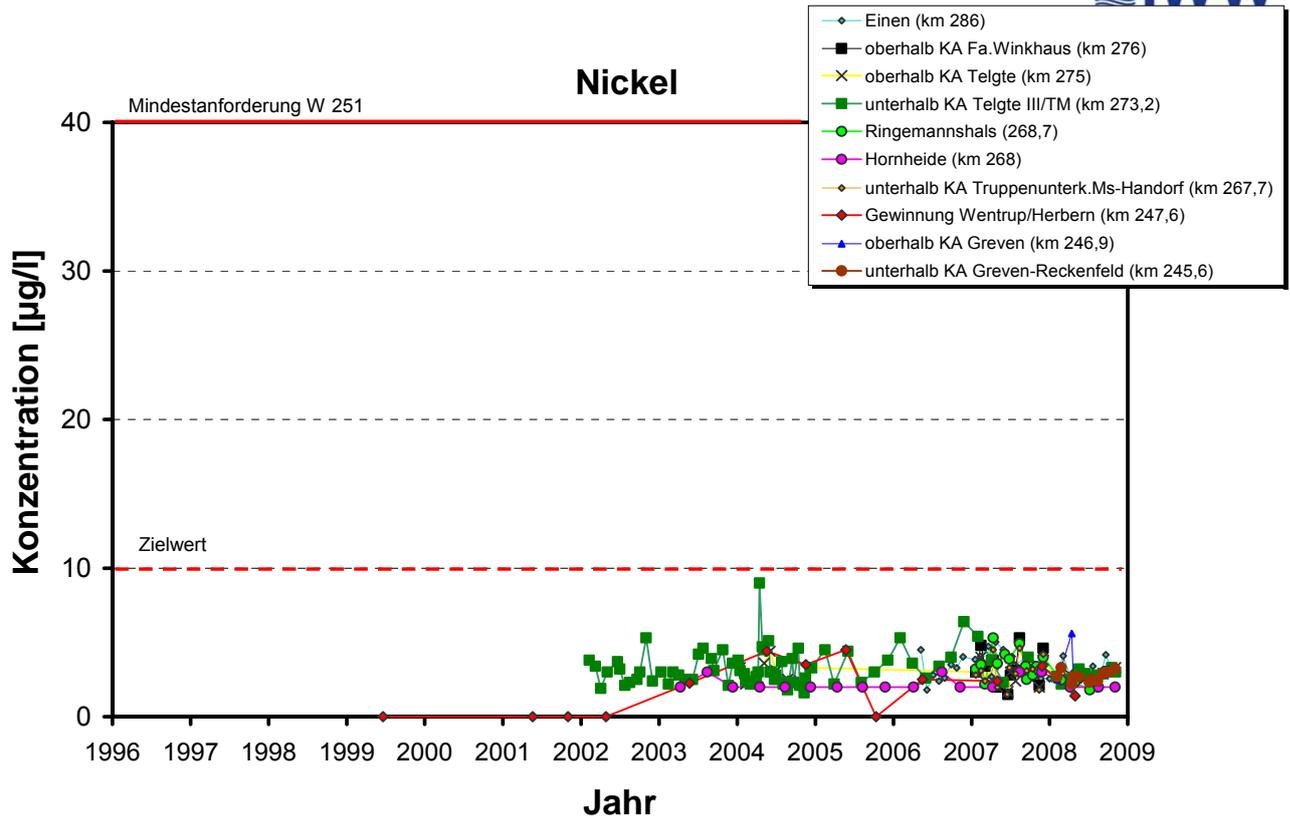


Abbildung 21: Entwicklung der Nickelkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

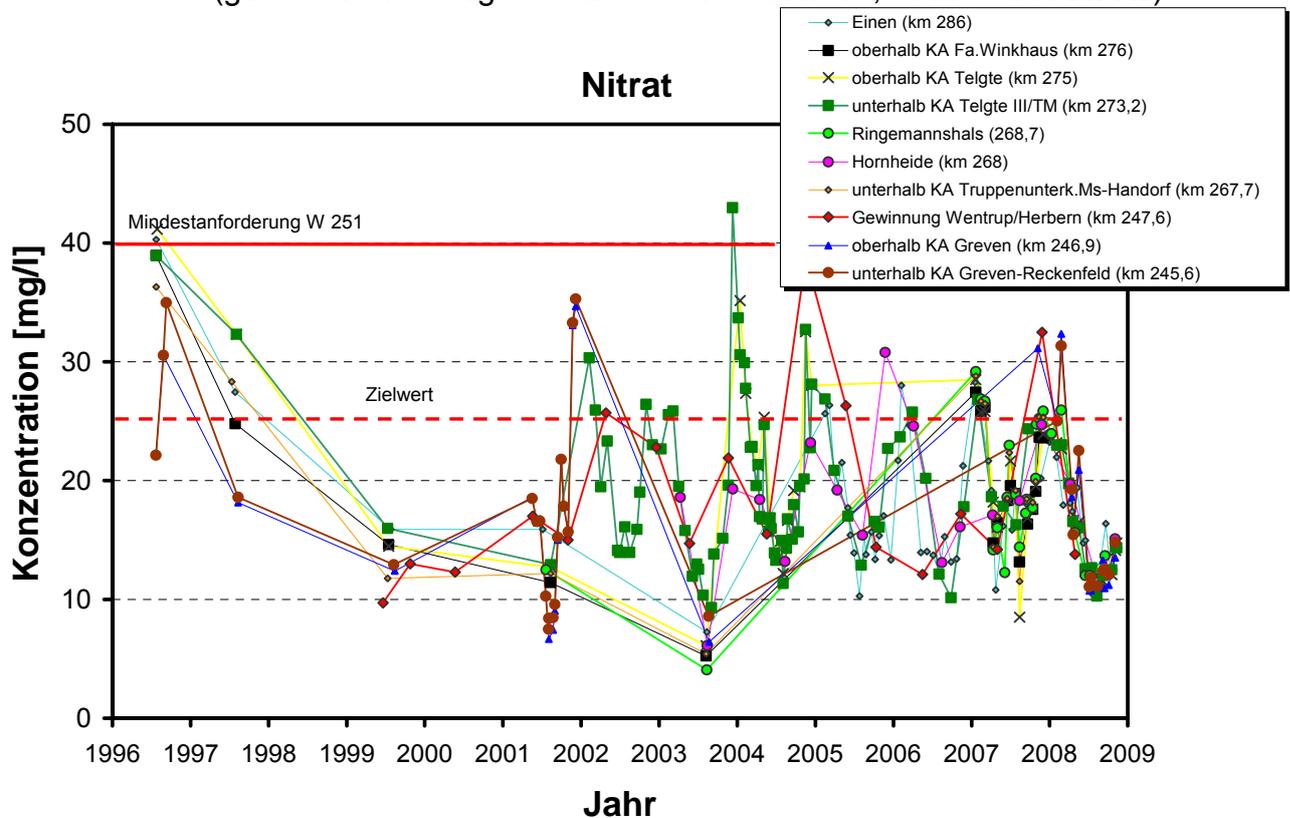
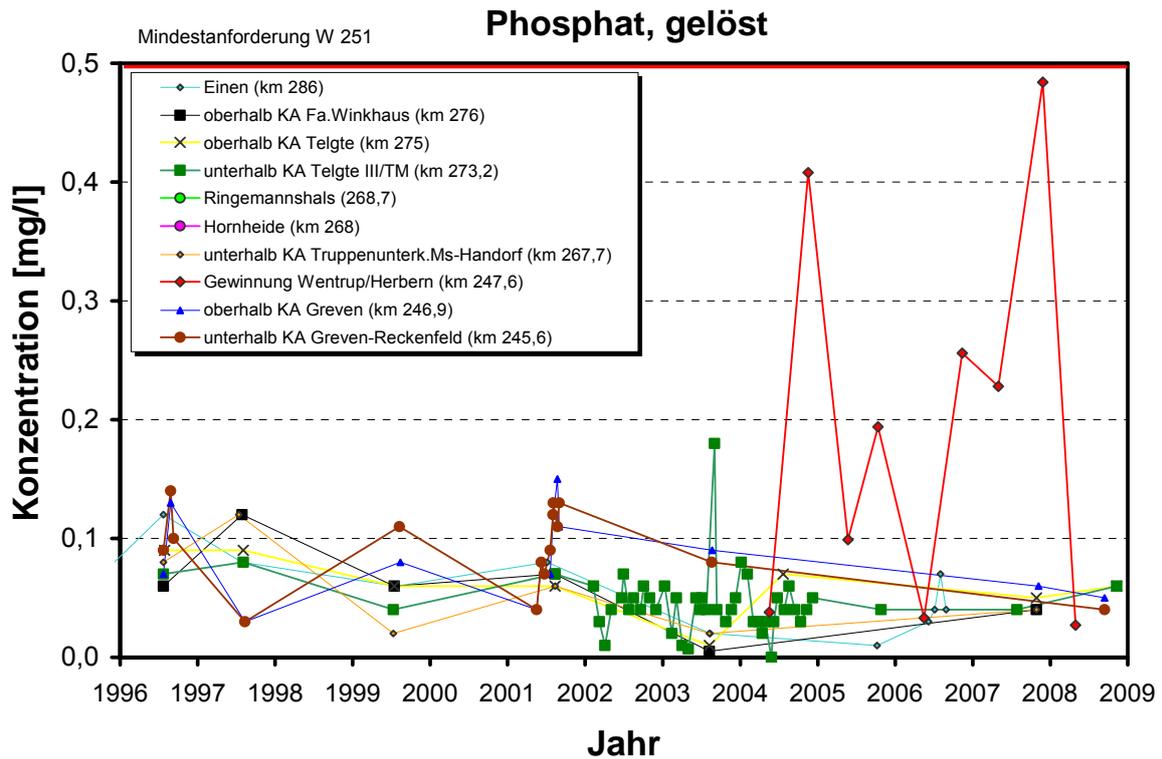
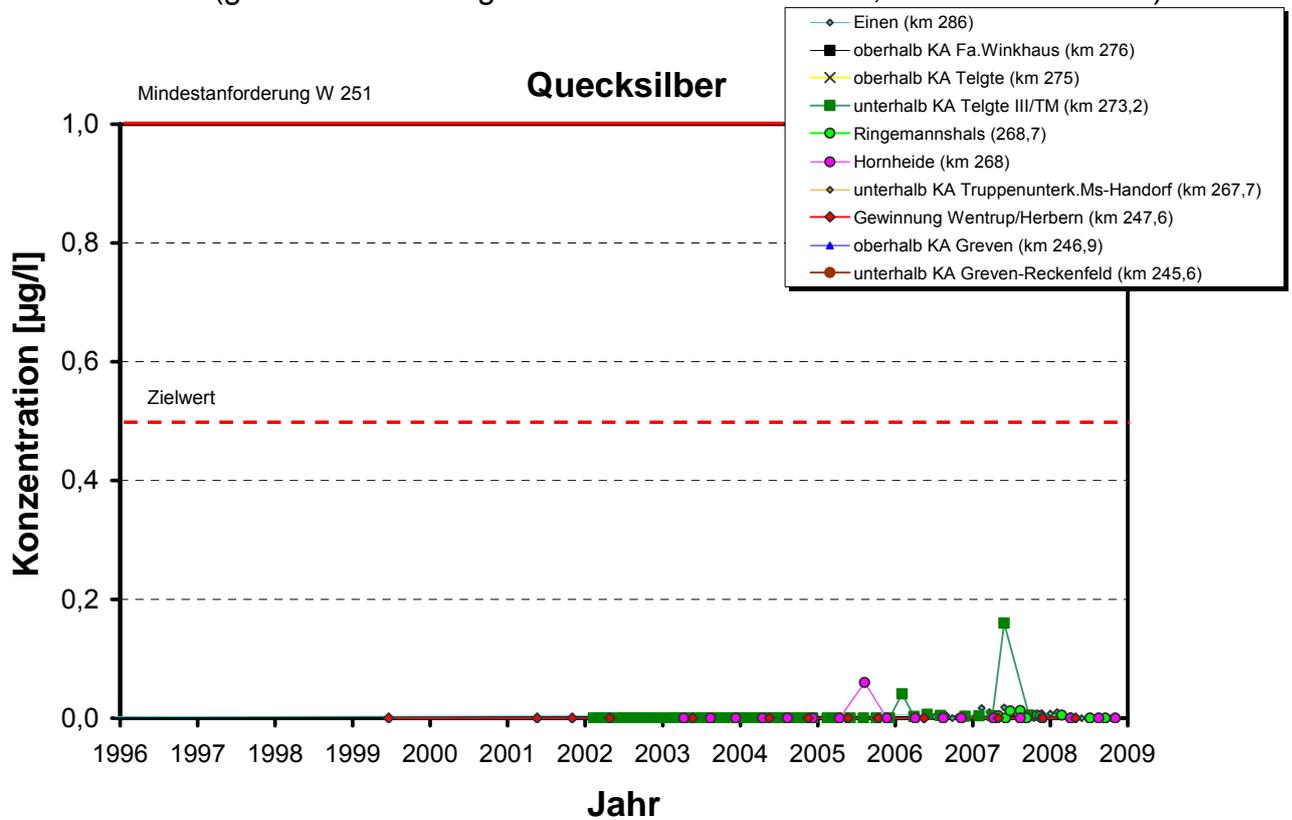


Abbildung 22: Entwicklung der Nitratkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 23:** Entwicklung der Phosphatkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 *18/ 19!*)



**Abbildung 24:** Entwicklung der Quecksilberkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 *18/ 19!*)

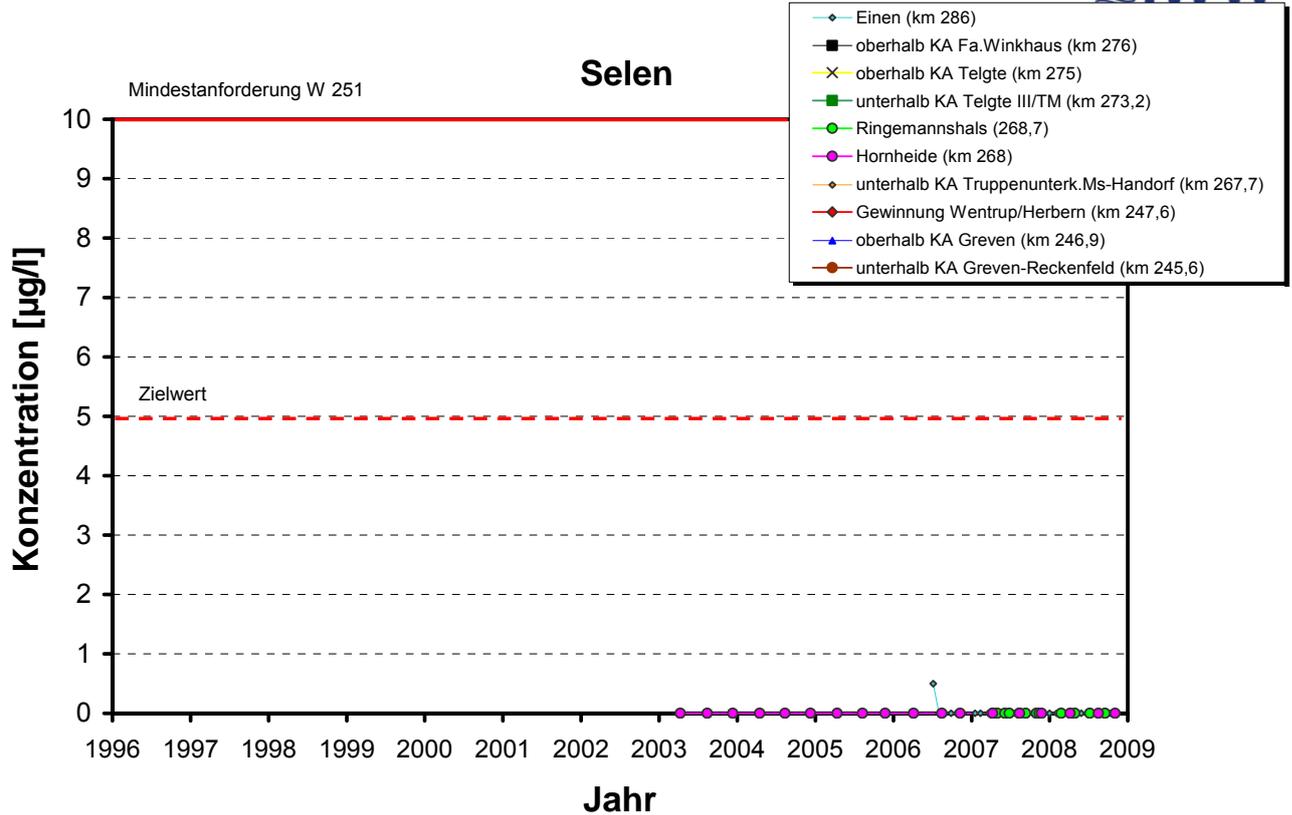


Abbildung 25: Entwicklung der Selenkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 *18/ 19!*)

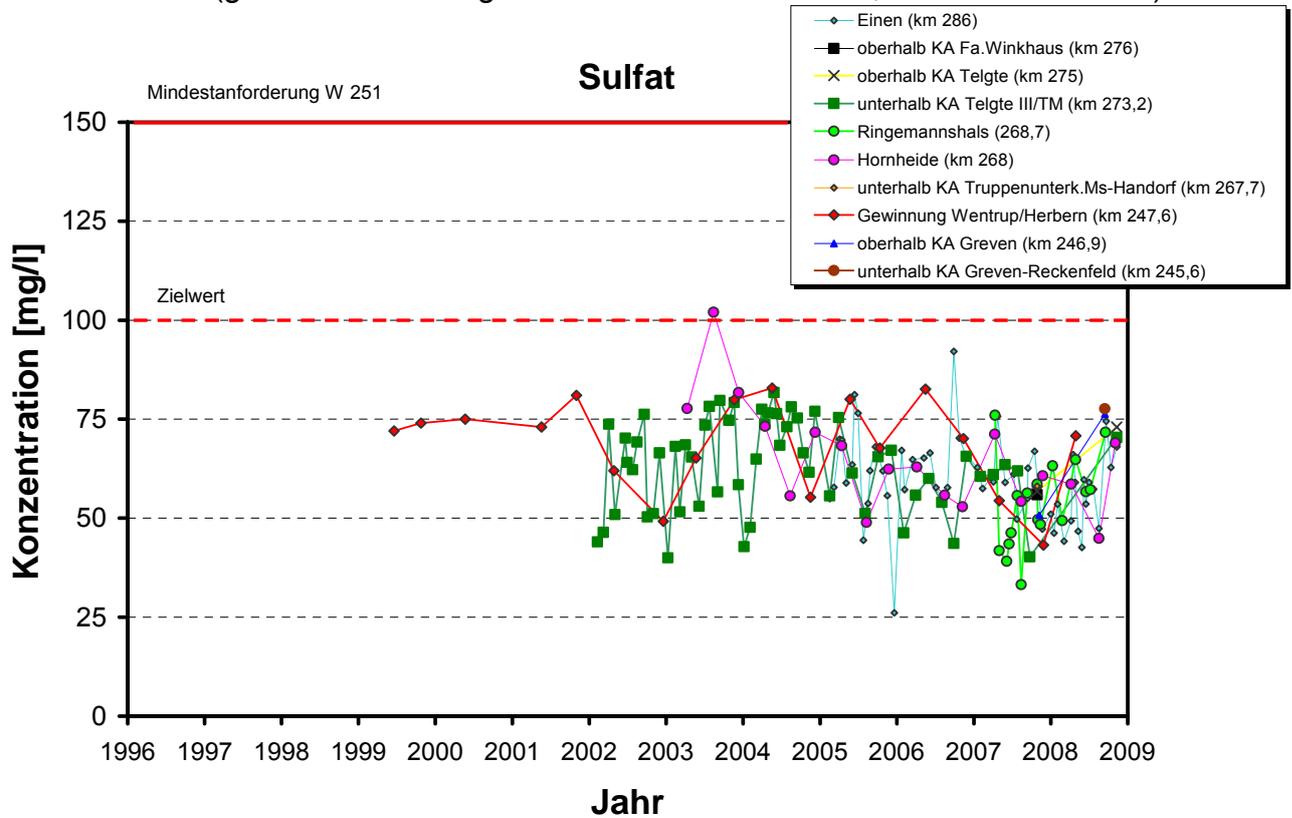


Abbildung 26: Entwicklung der Sulfatkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 *18/ 19!*)

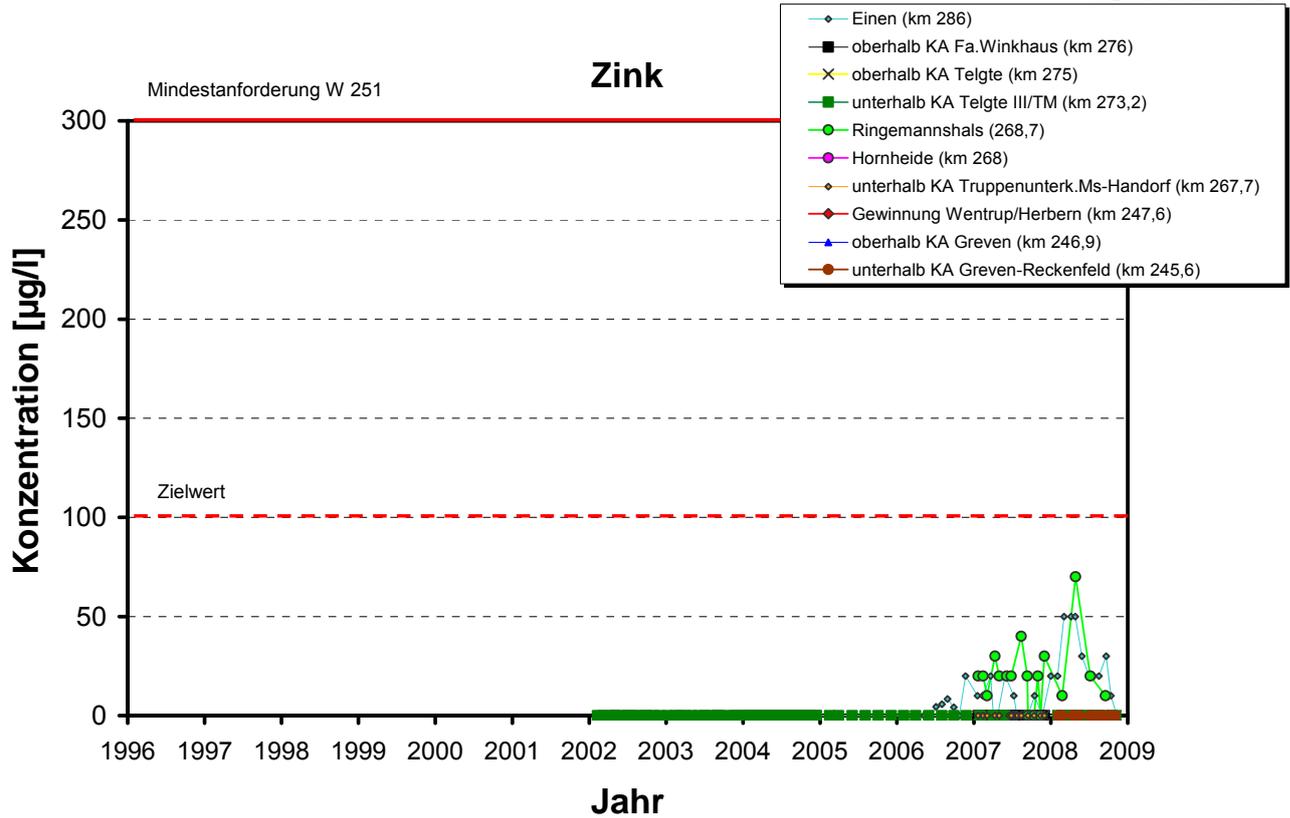


Abbildung 27: Entwicklung der Zinkkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

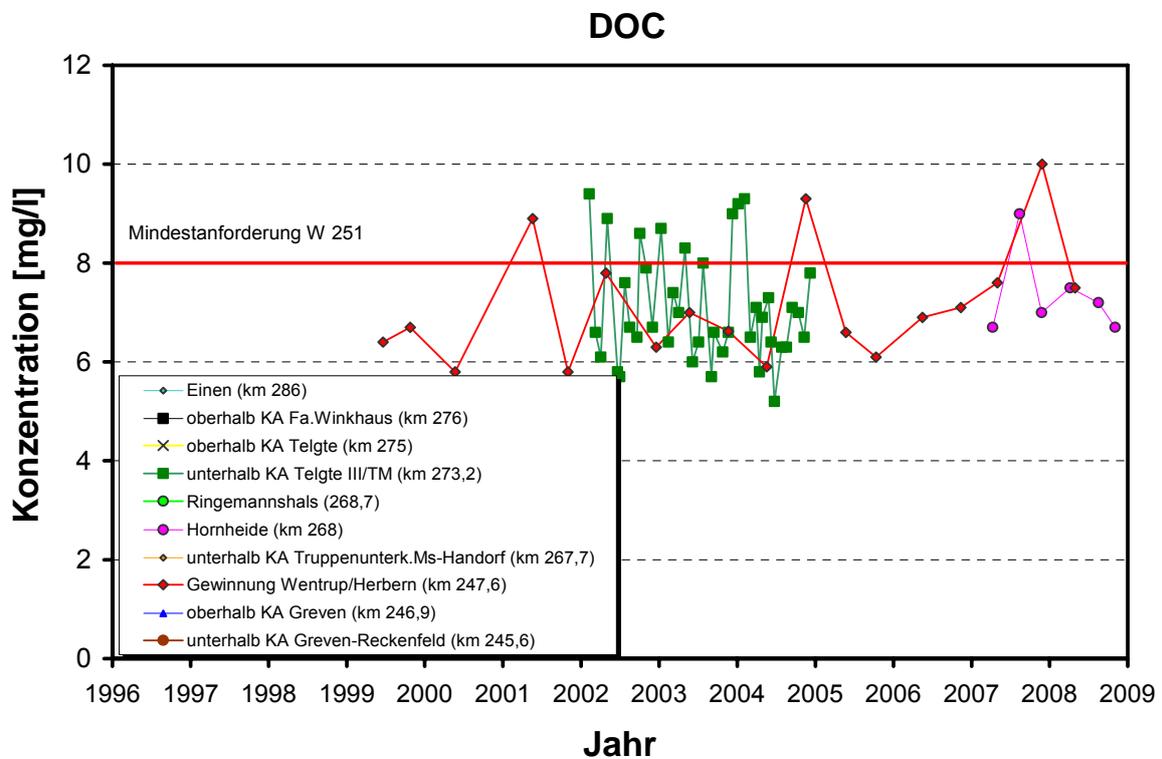


Abbildung 28: Entwicklung der DOC-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

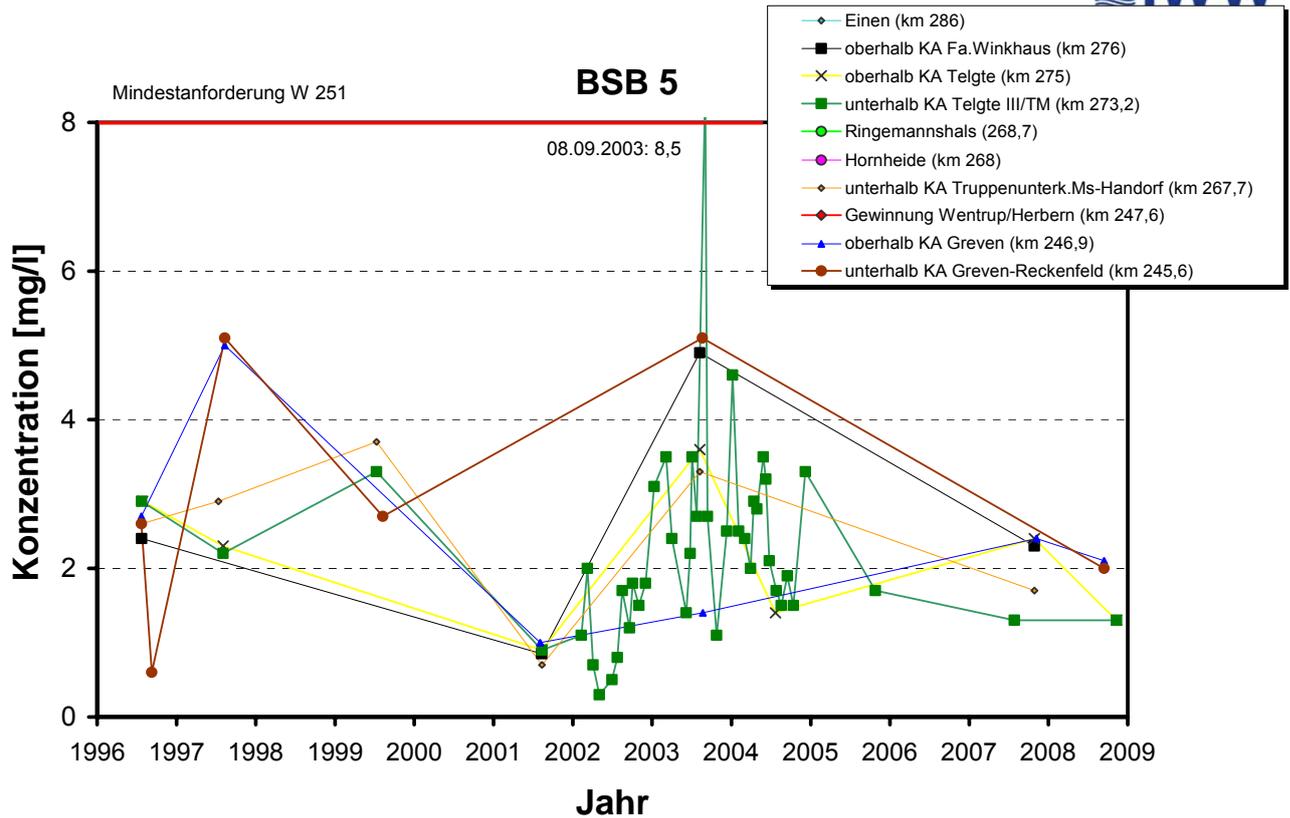


Abbildung 29: Entwicklung der BSB5-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

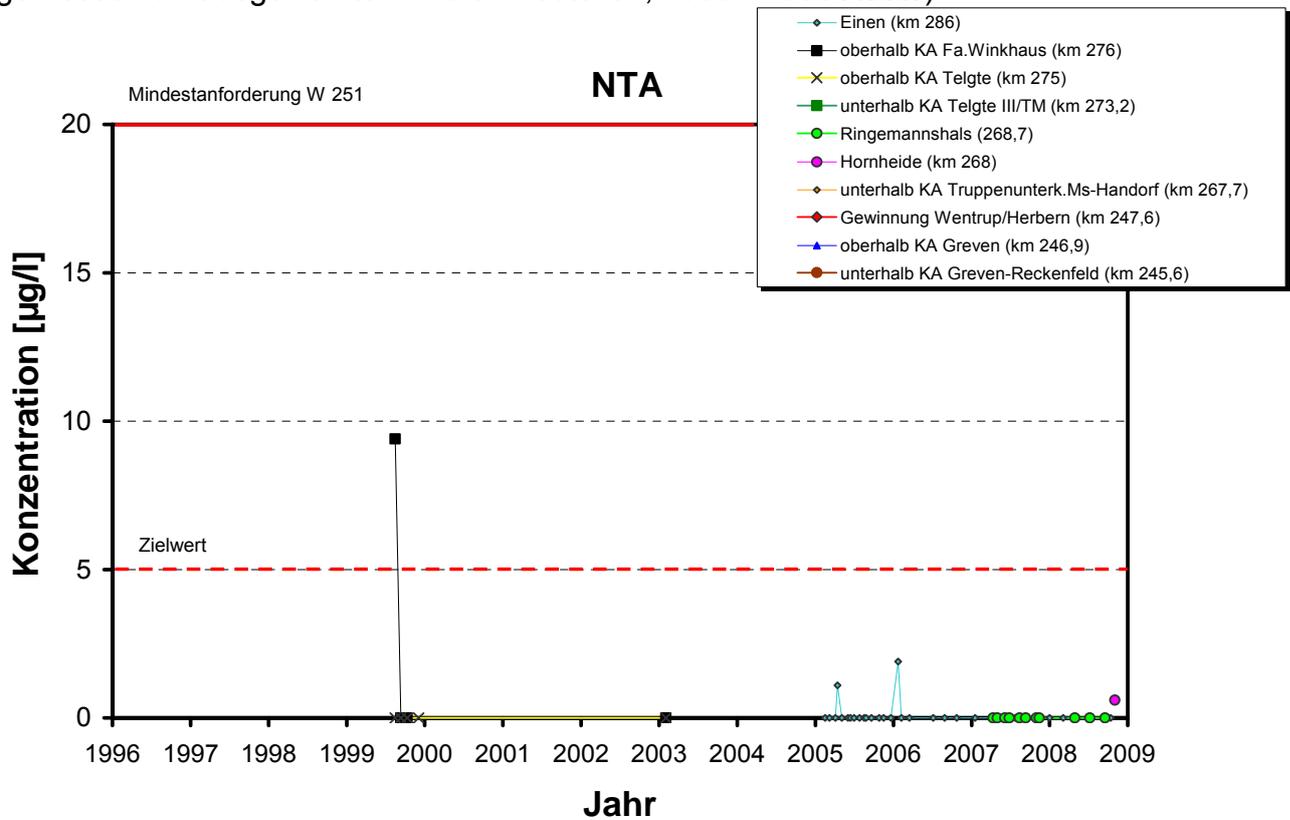
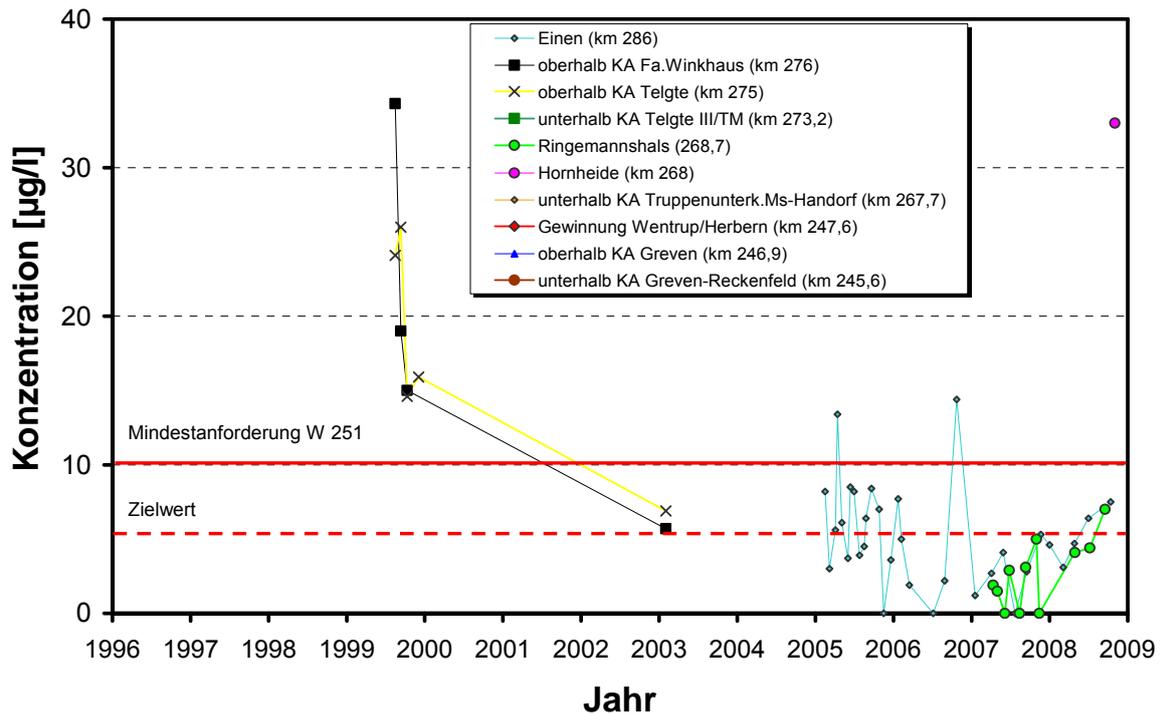
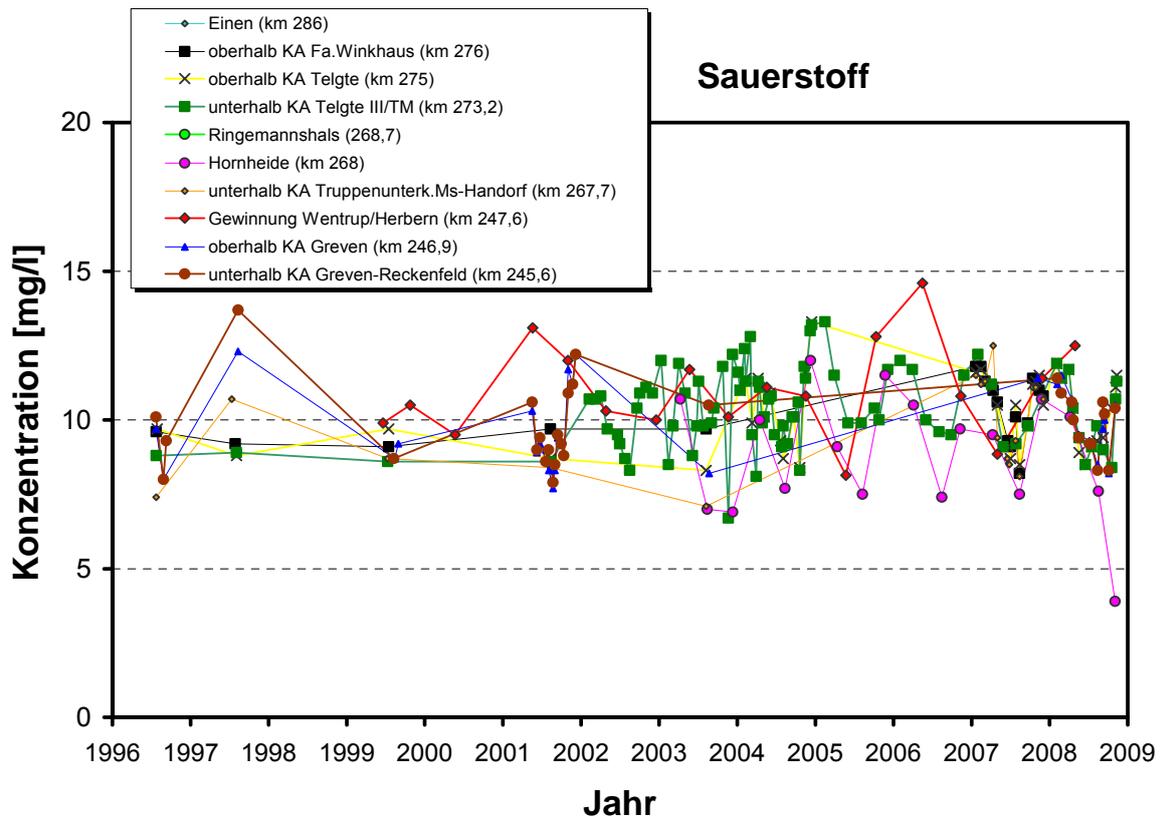


Abbildung 30: Entwicklung der NTA-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

**EDTA**



**Abbildung 31:** Entwicklung der EDTA-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 32:** Entwicklung der Sauerstoffkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

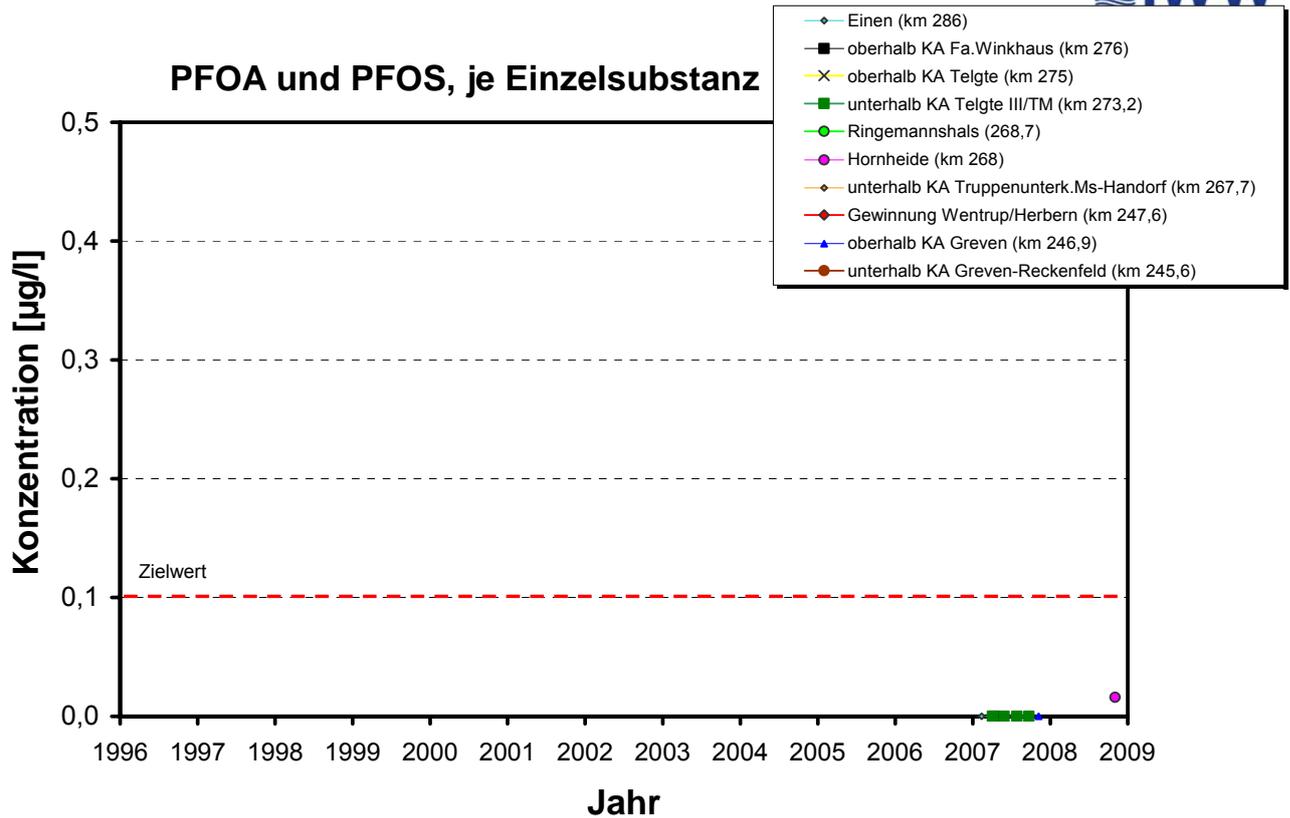


Abbildung 33: Entwicklung der PFOS- und PFOA-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

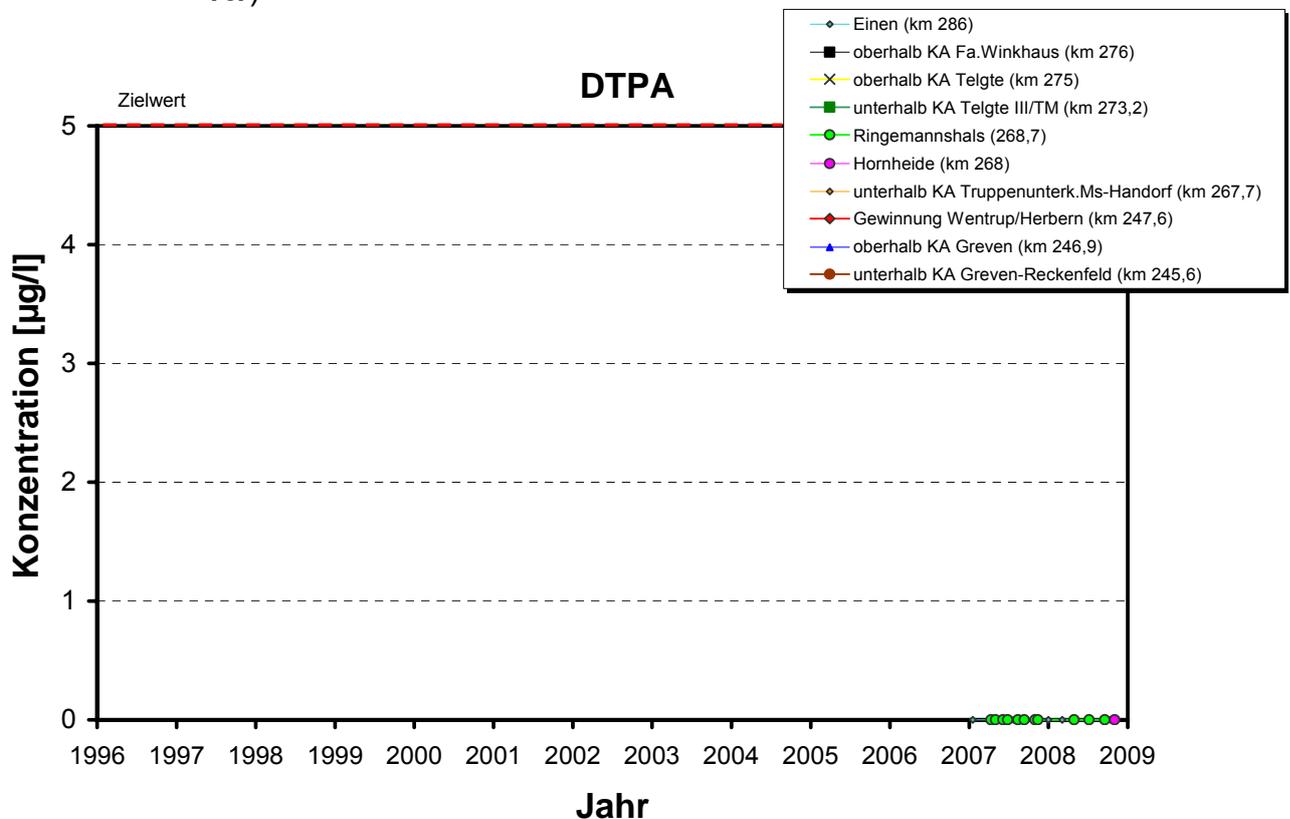
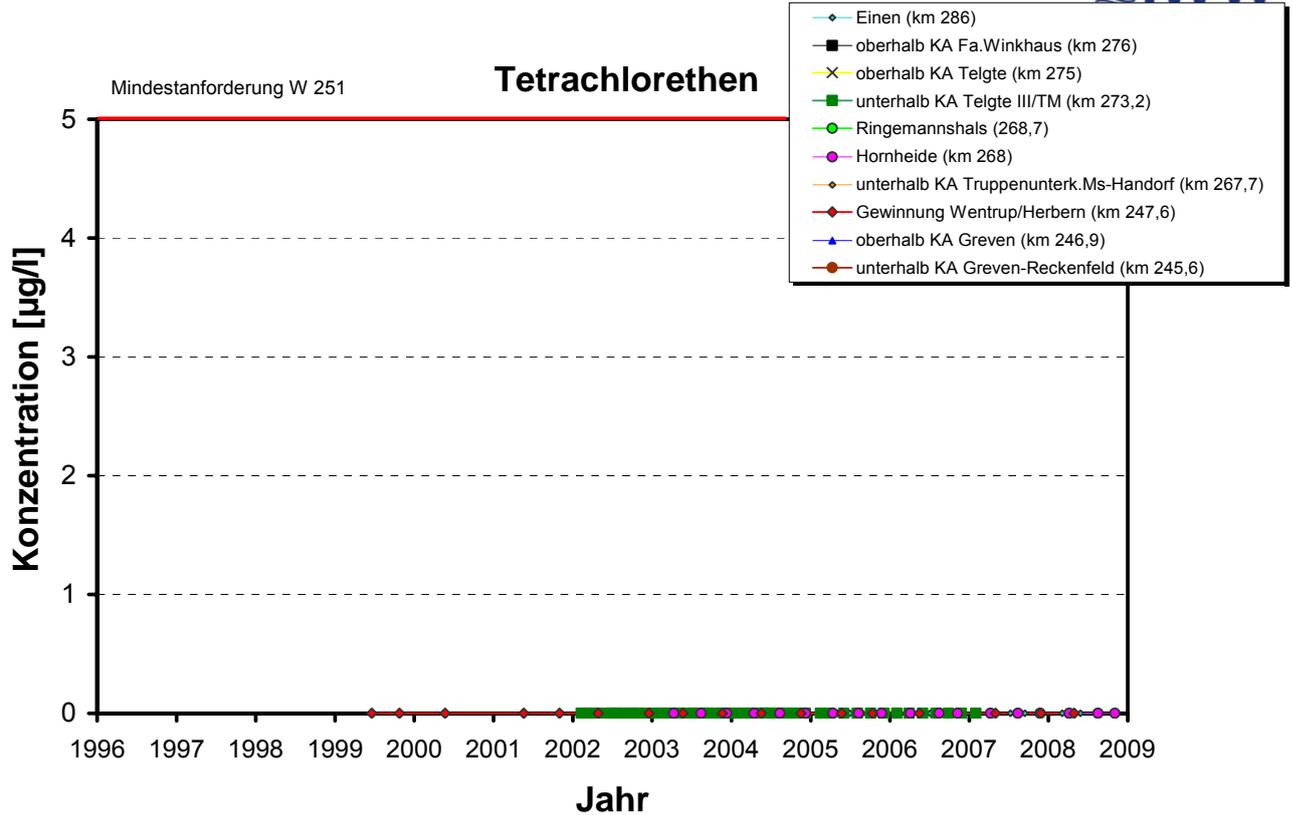
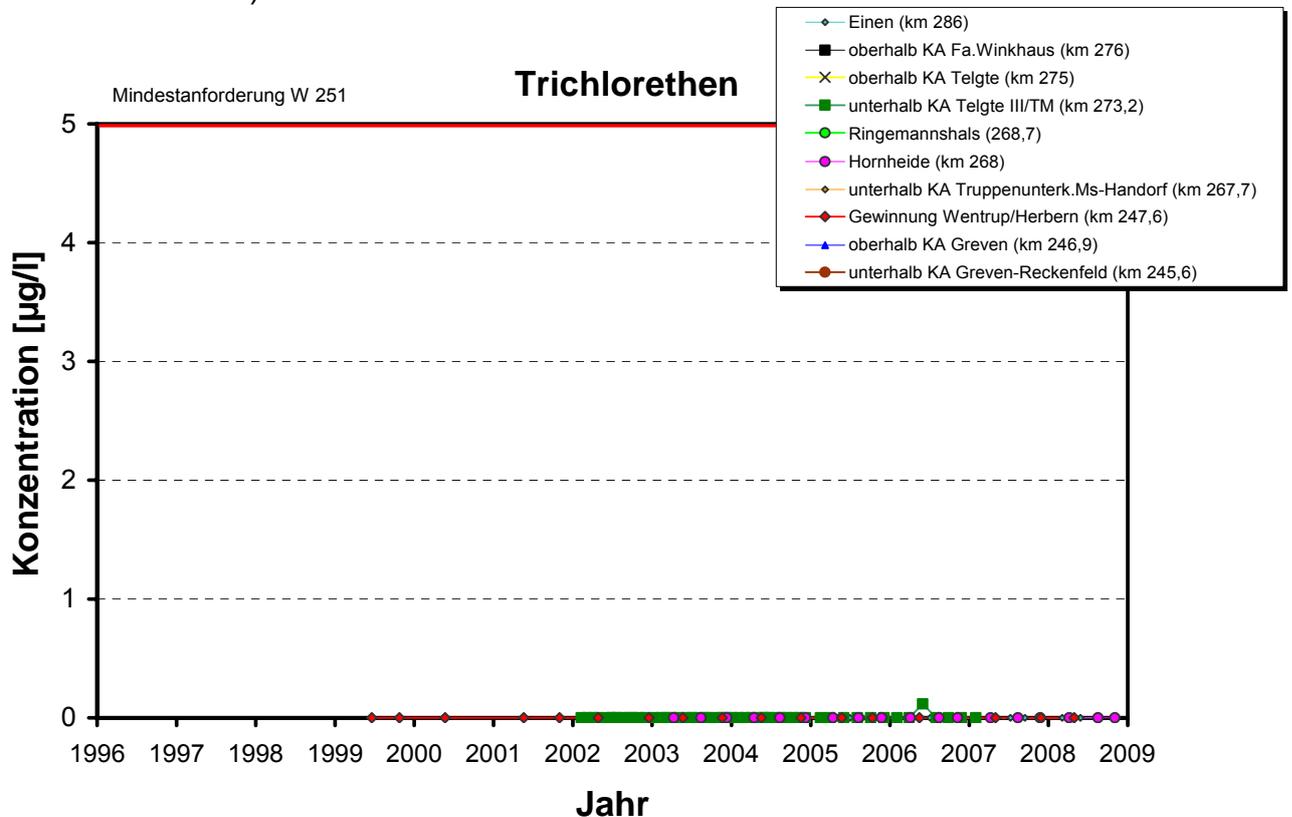


Abbildung 34: Entwicklung der DTPA-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 35:** Entwicklung der Tetrachlorethenkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 36:** Entwicklung der Trichlorethenkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

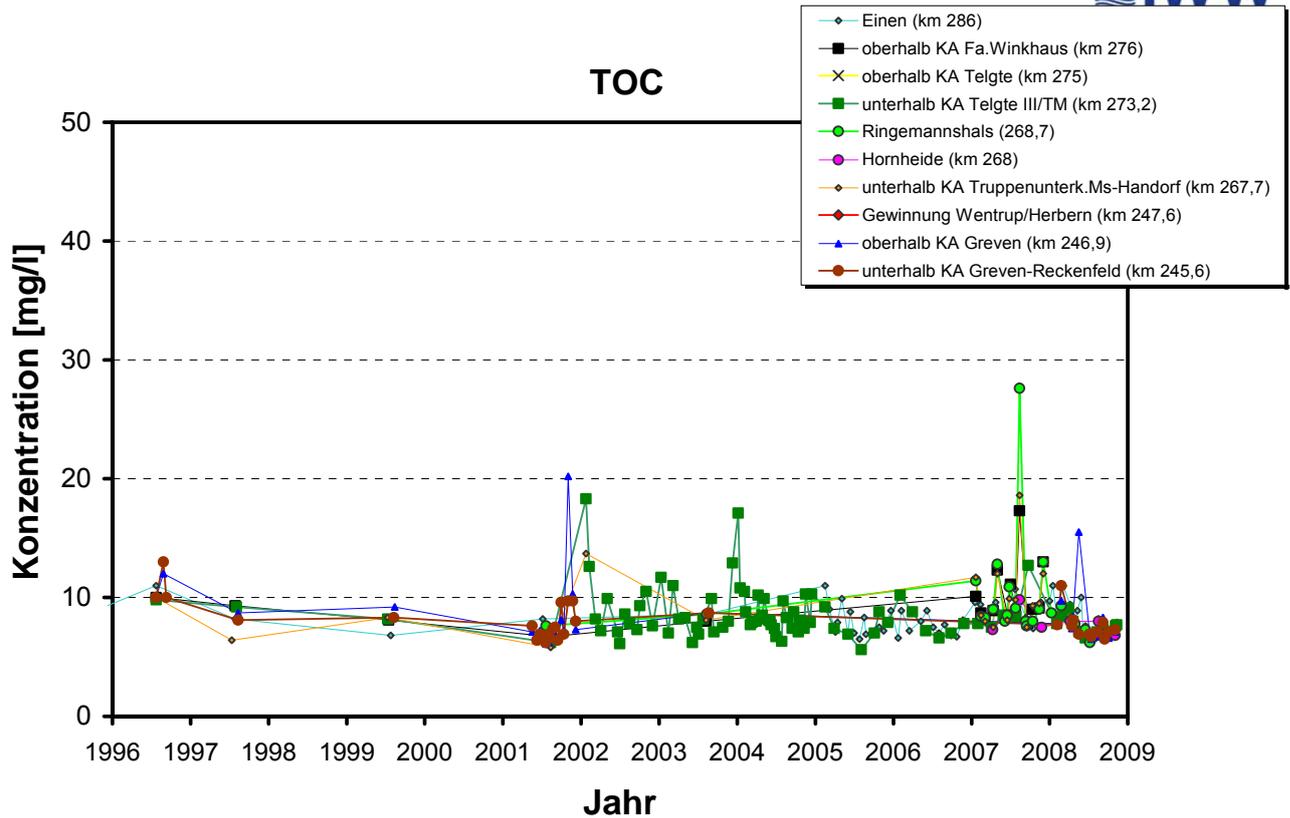


Abbildung 37: Entwicklung der TOC-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

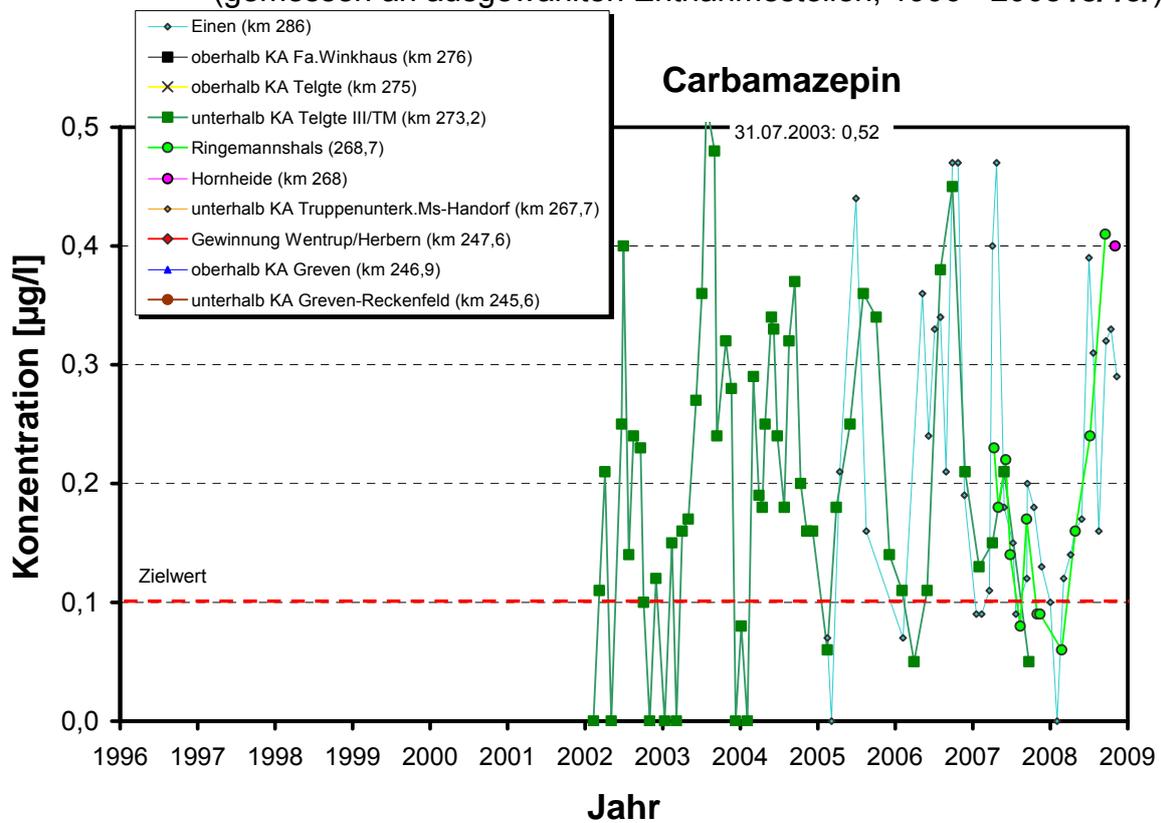


Abbildung 38: Entwicklung der Carbamazepinkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

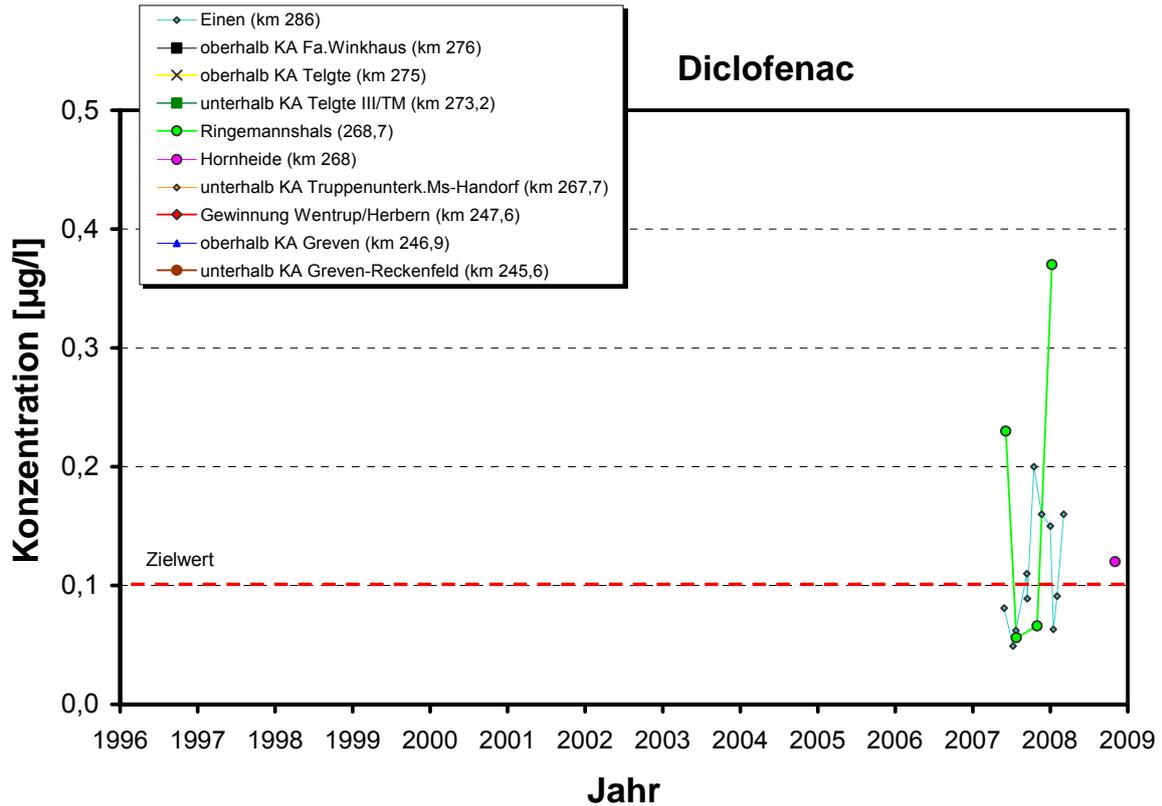


Abbildung 39: Entwicklung der Diclofenackonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

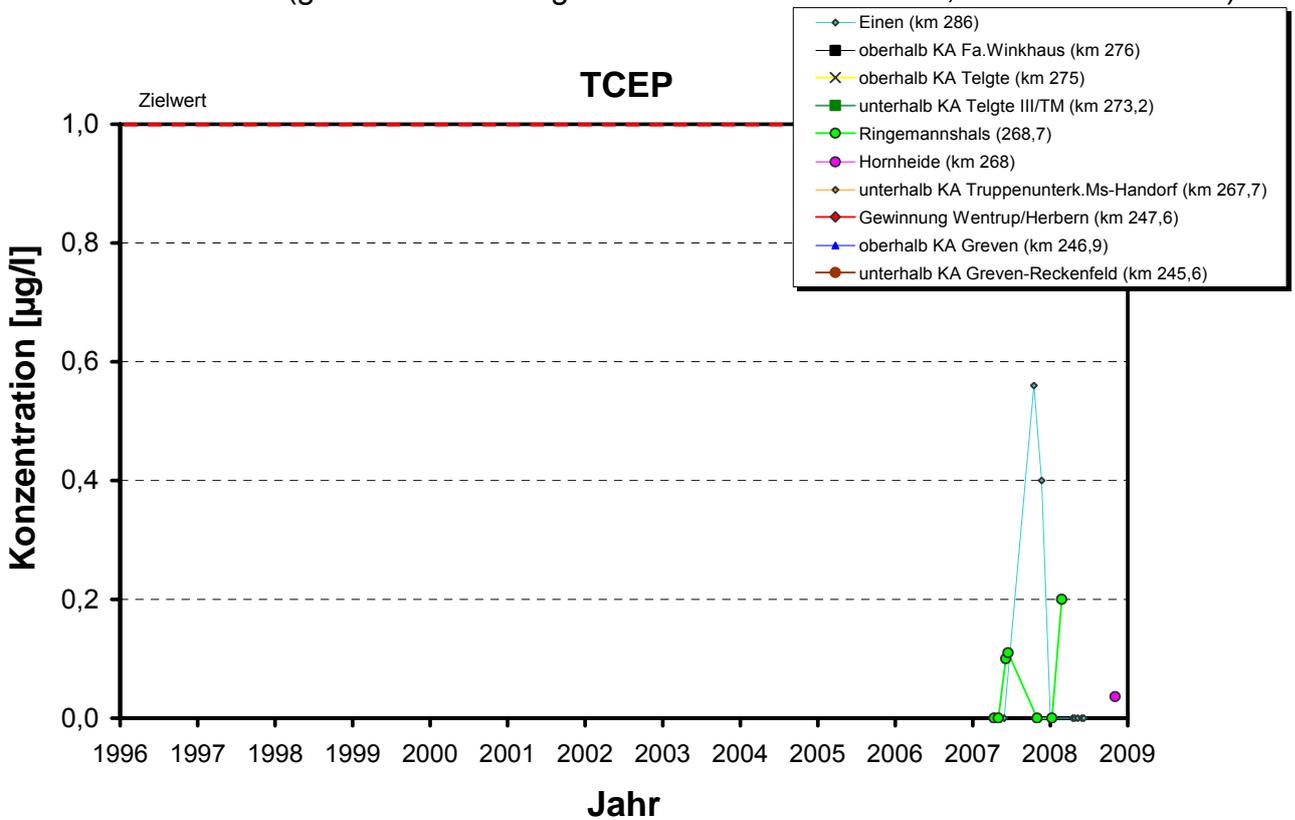


Abbildung 40: Entwicklung der TCEP-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

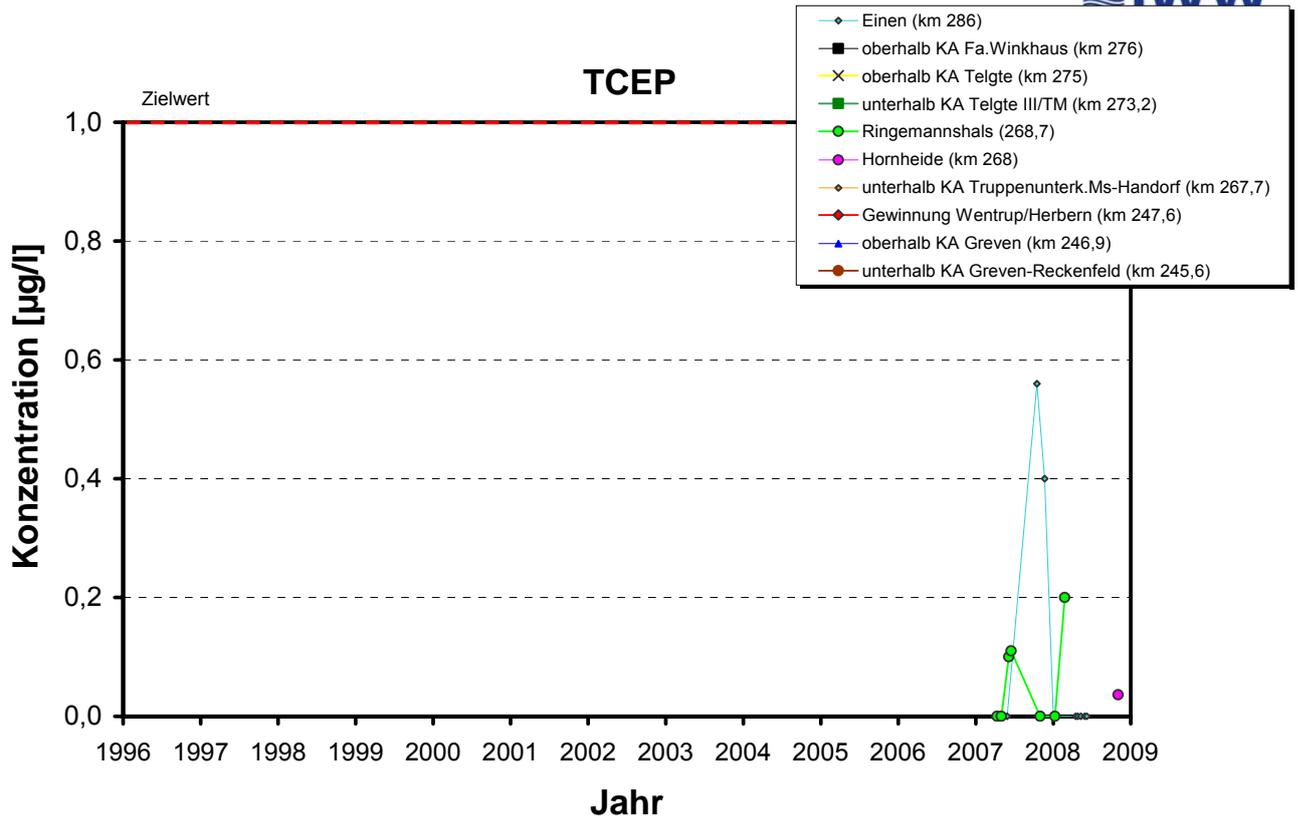


Abbildung 41: Entwicklung der TCEP-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

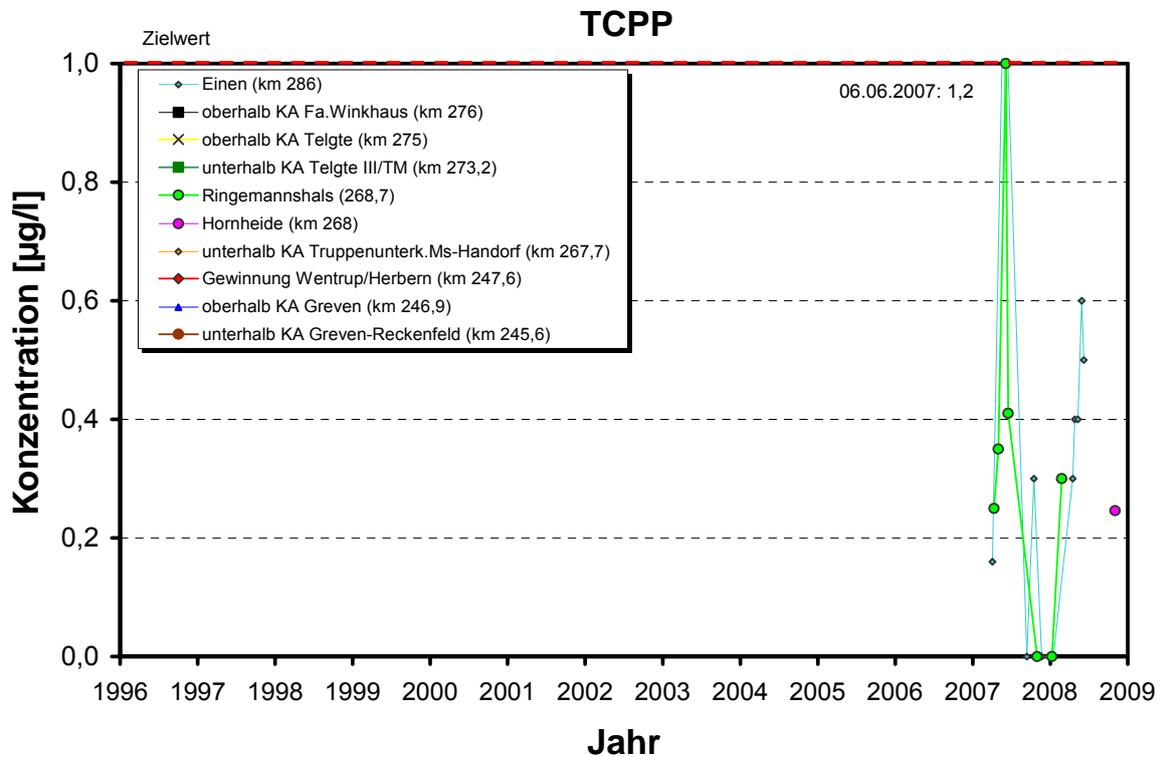


Abbildung 42: Entwicklung der TCPP-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)

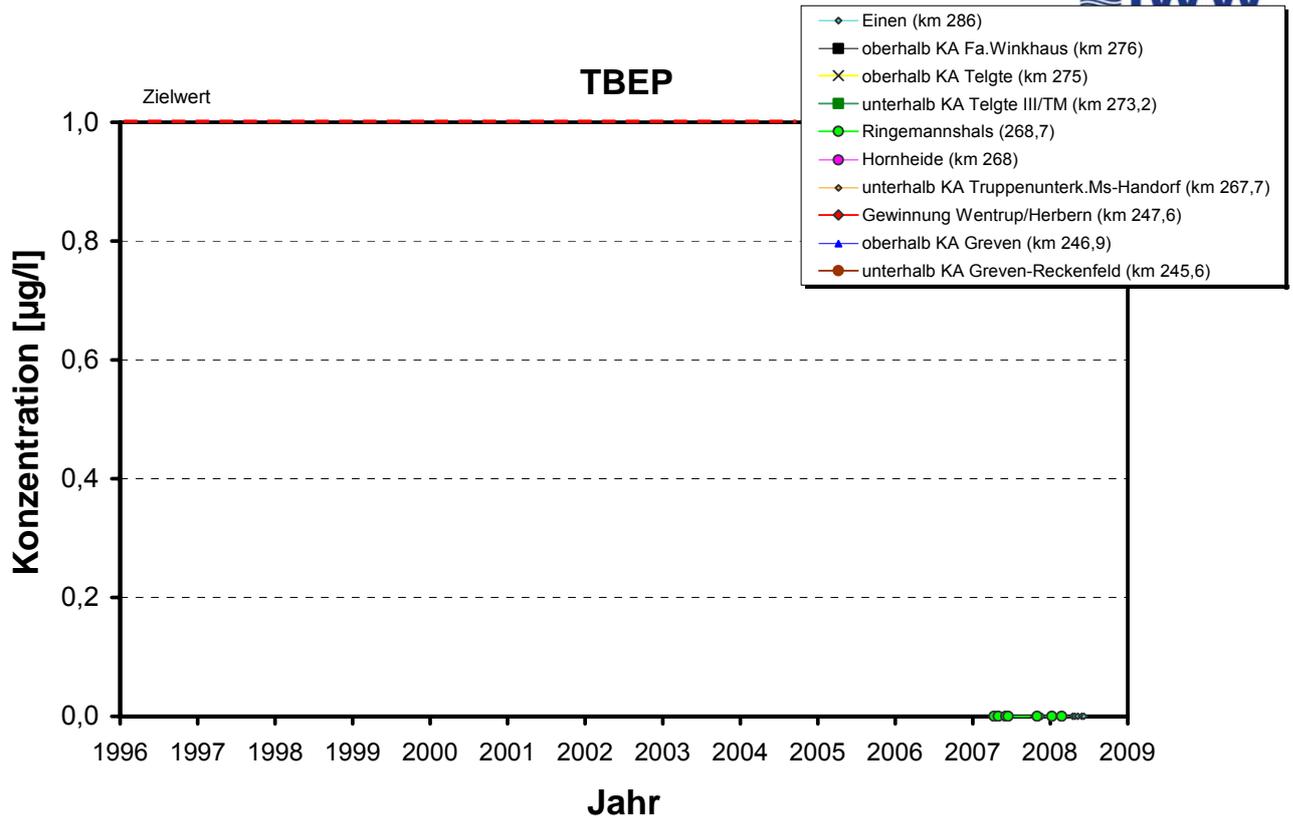


Abbildung 43: Entwicklung der TBEP-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 *18/19!*)

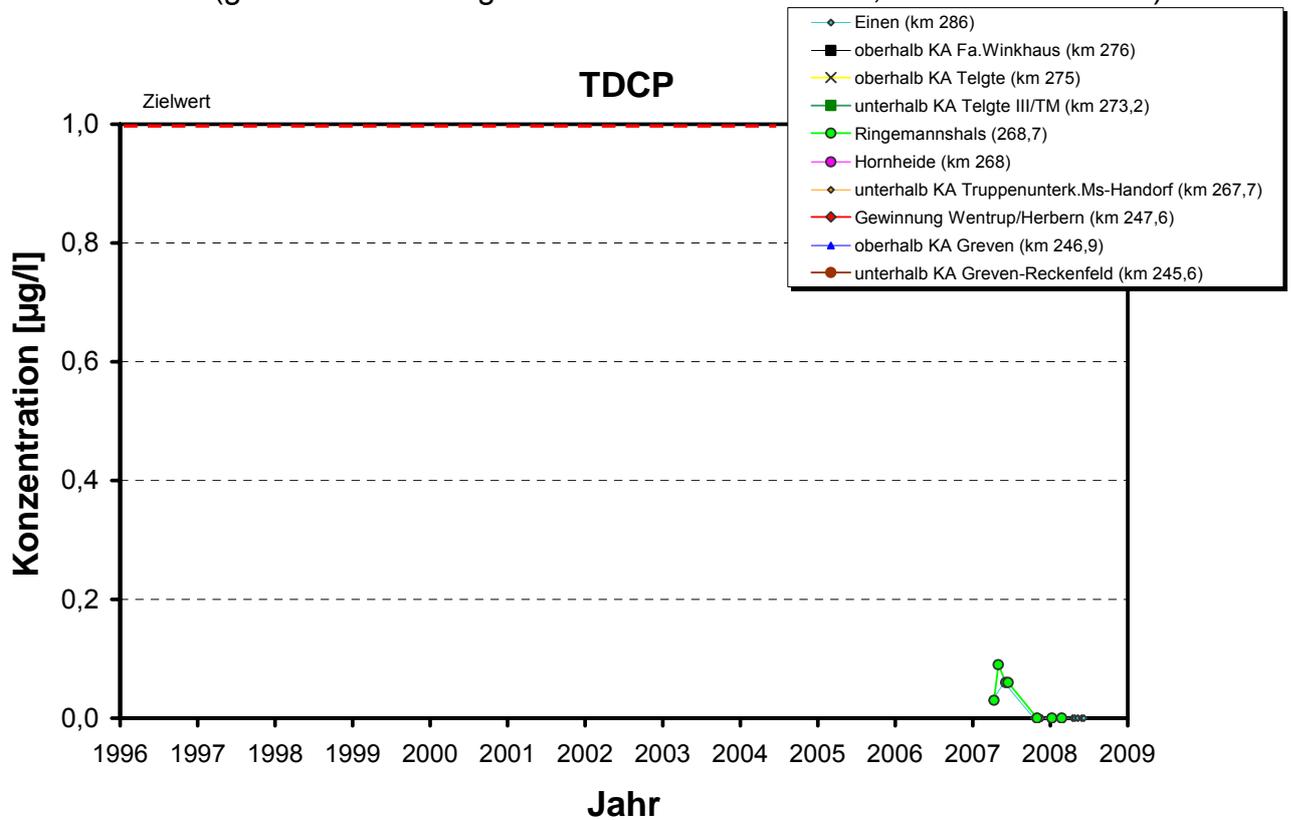
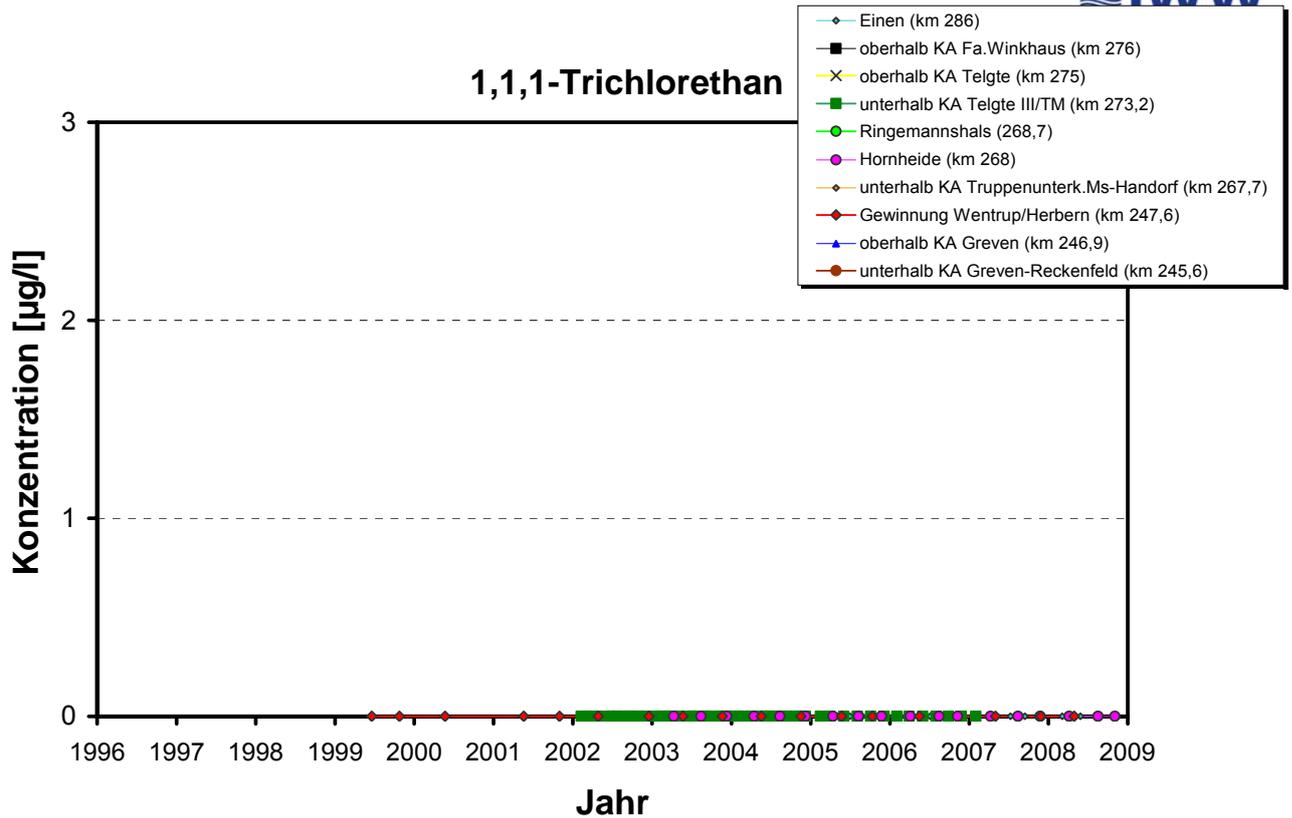
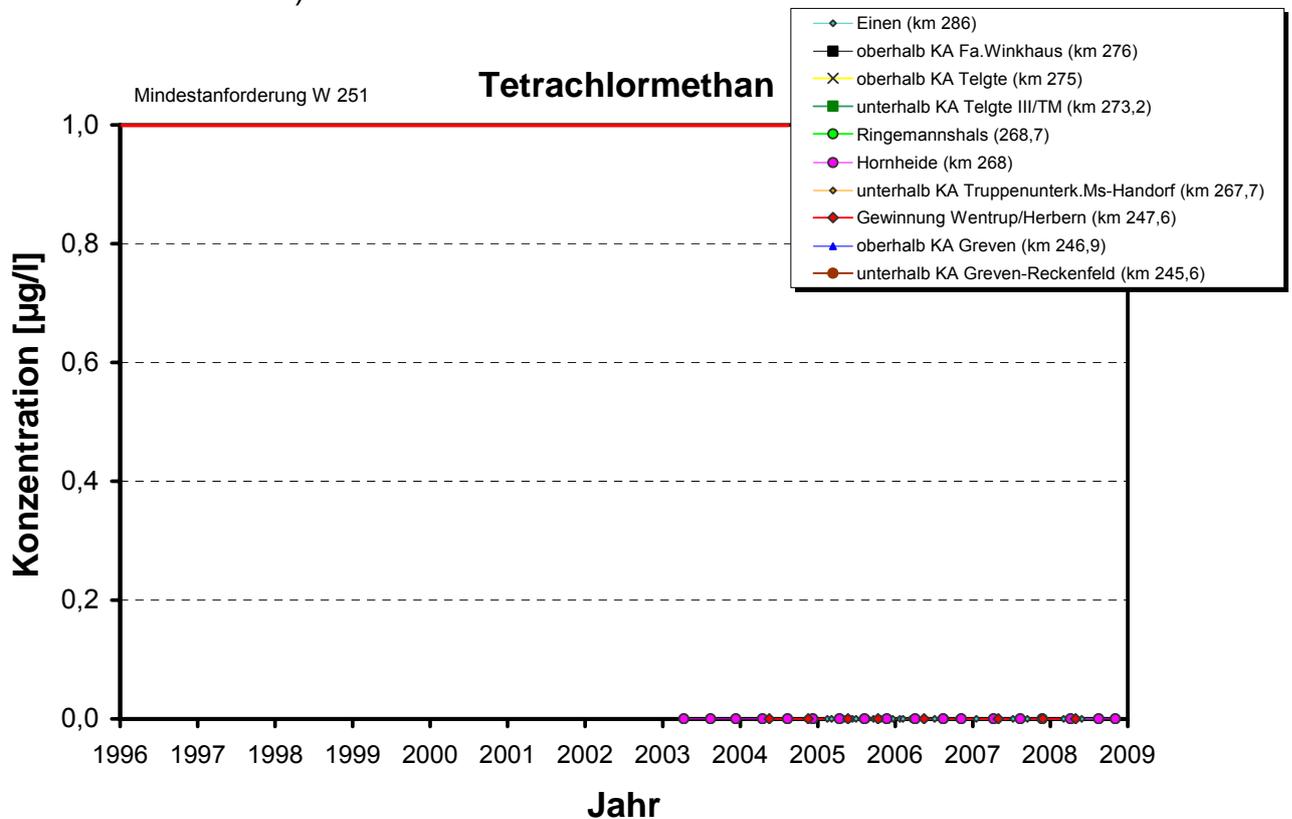


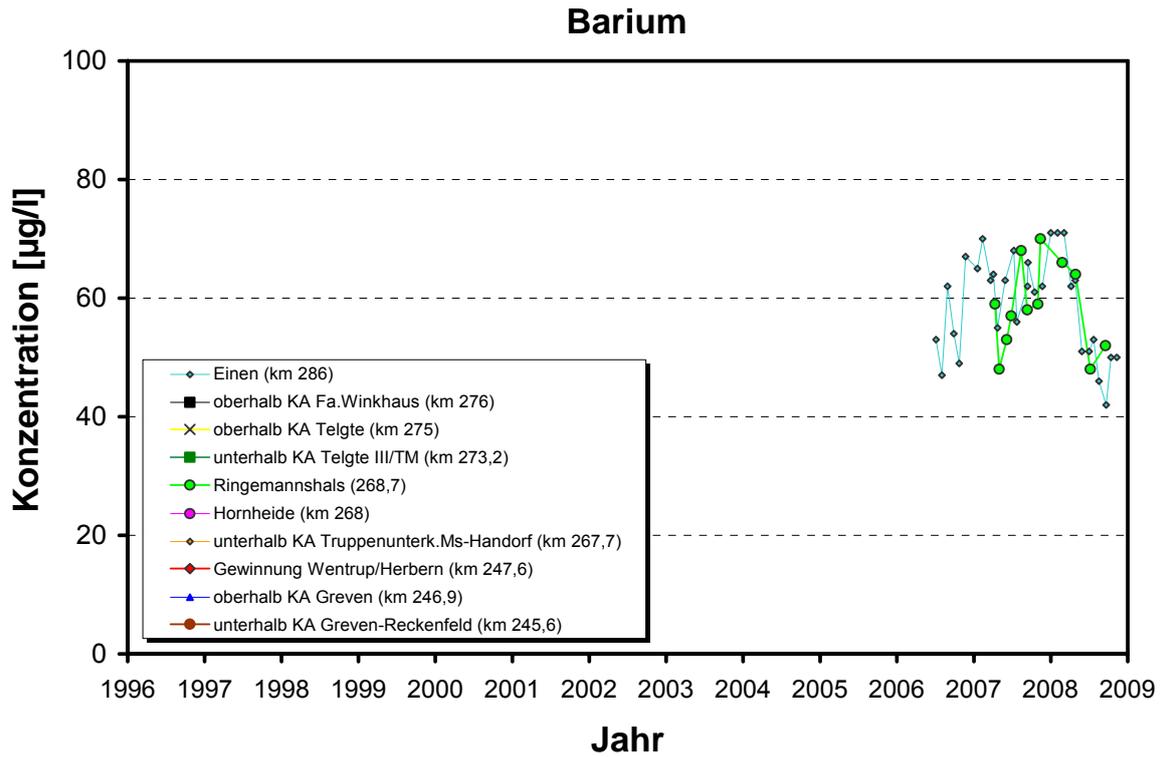
Abbildung 44: Entwicklung der TDCP-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 *18/19!*)



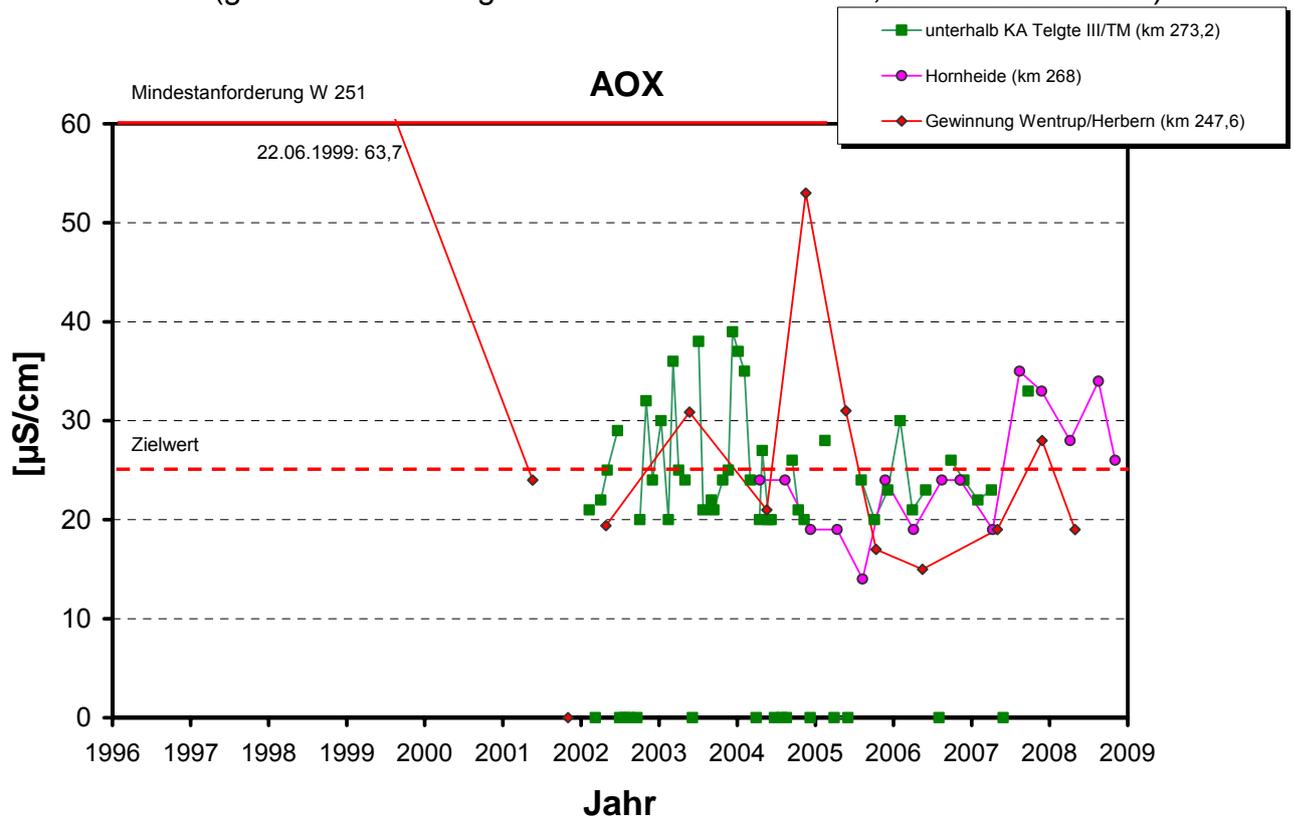
**Abbildung 45:** Entwicklung der 1,1,1-Trichlorethankonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 -2008 /8/ /9/)



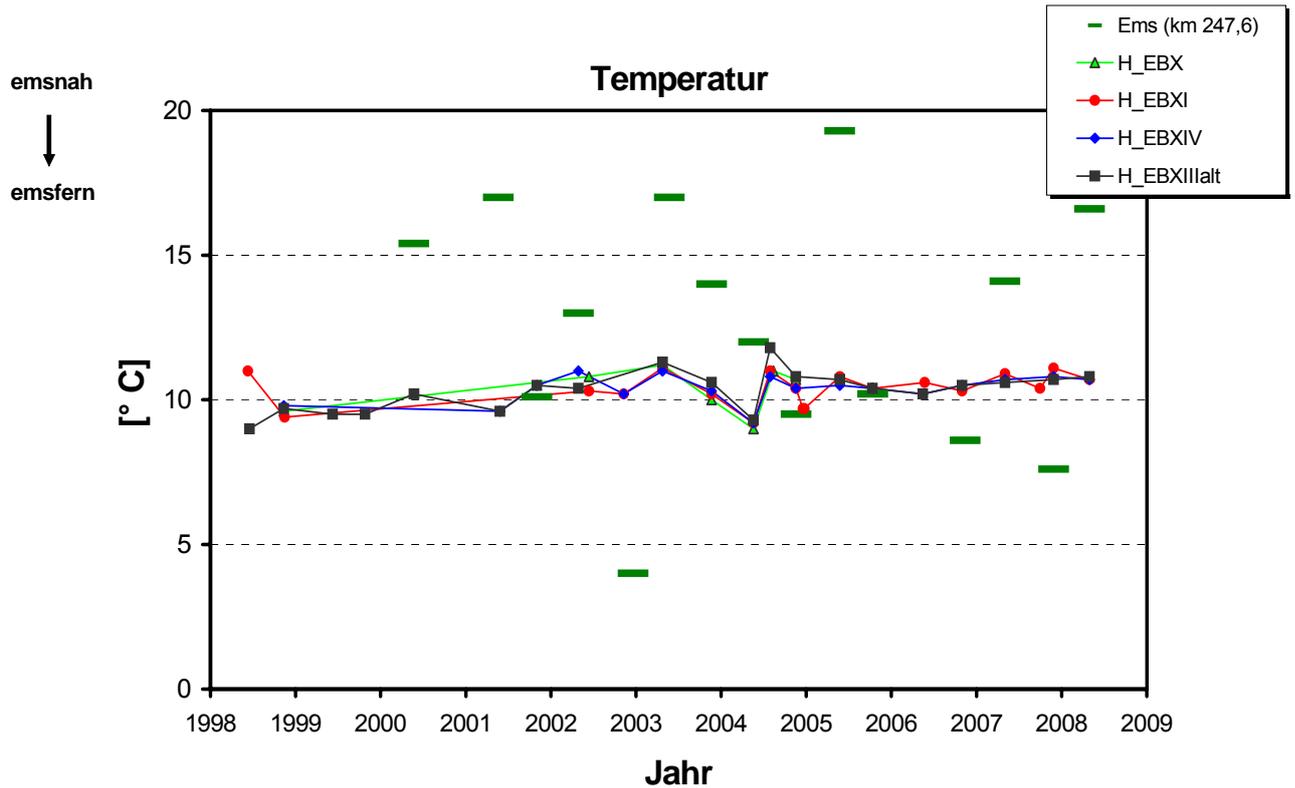
**Abbildung 46:** Entwicklung der Tetrachlormethankonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



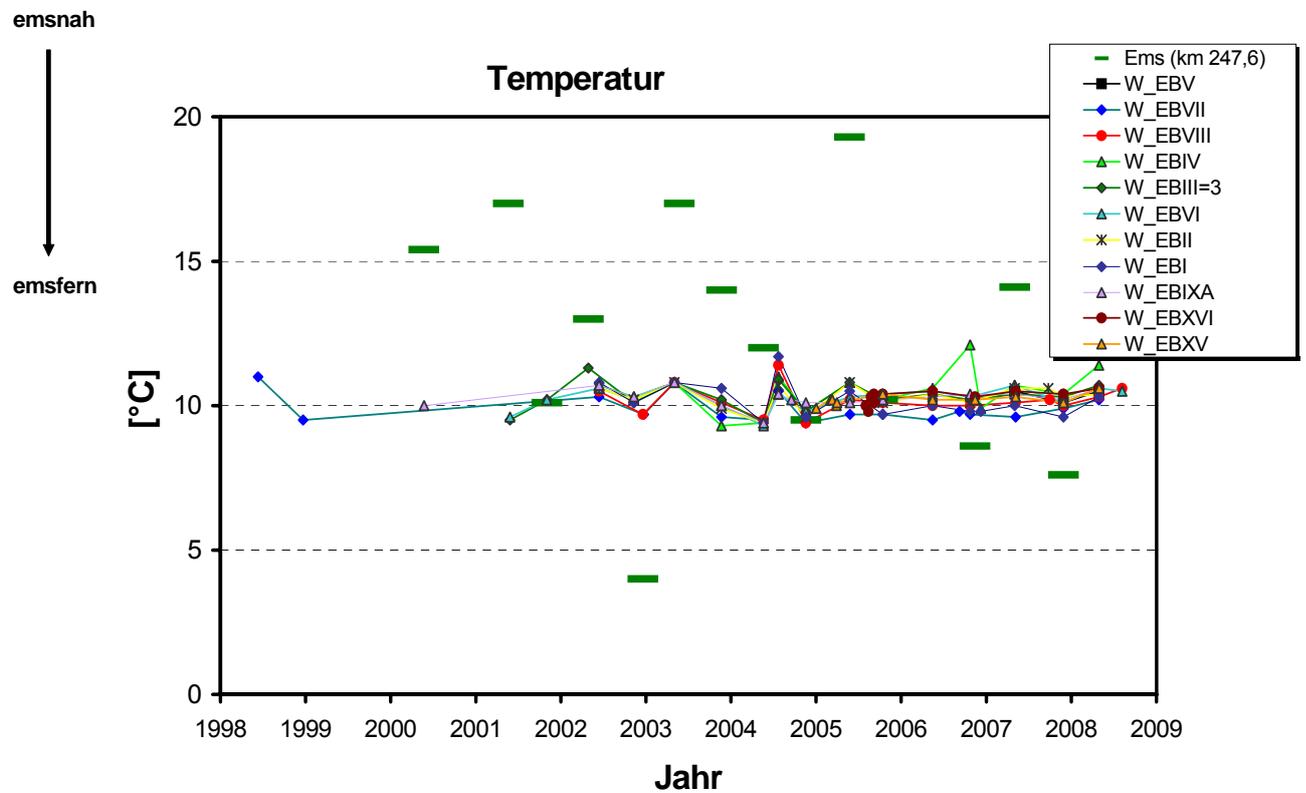
**Abbildung 47:** Entwicklung der Bariumkonzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 48:** Entwicklung der AOX-Konzentration im Oberflächenwasser der Ems (gemessen an ausgewählten Entnahmestellen, 1996 - 2008 /8/ /9/)



**Abbildung 1:** Entwicklung der Temperatur im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/



**Abbildung 2:** Entwicklung der Temperatur im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

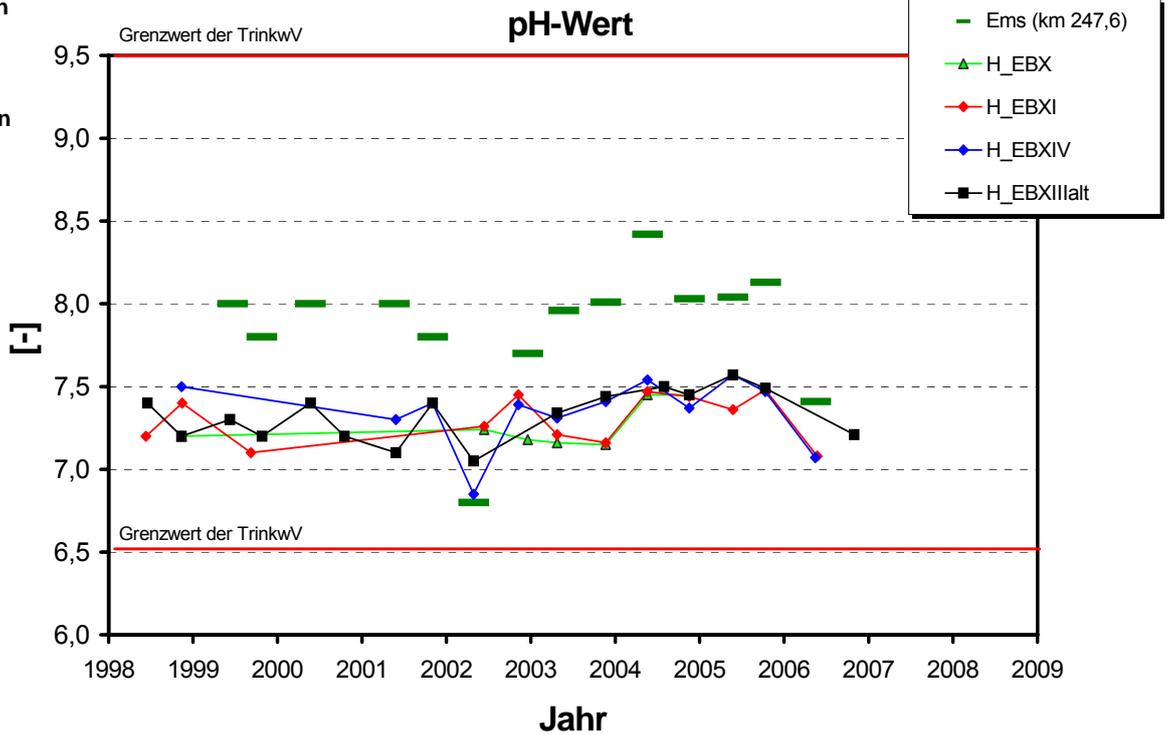


Abbildung 3: Entwicklung des pH-Wertes im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

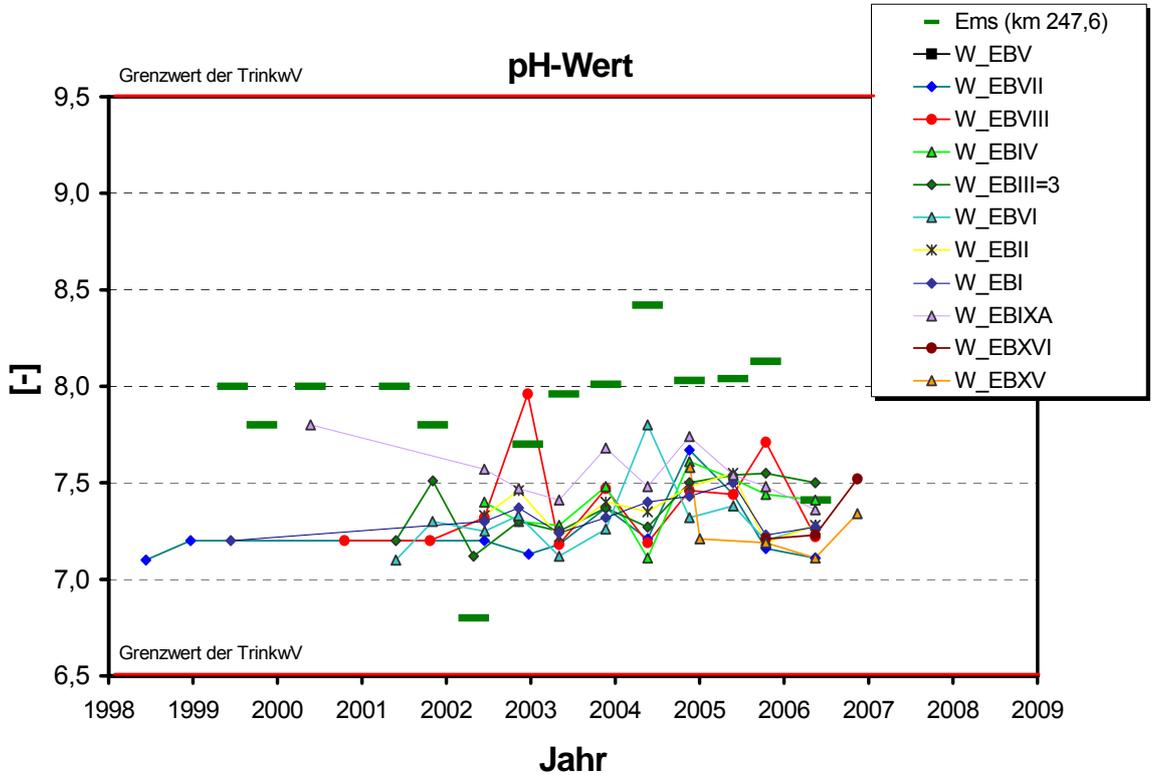
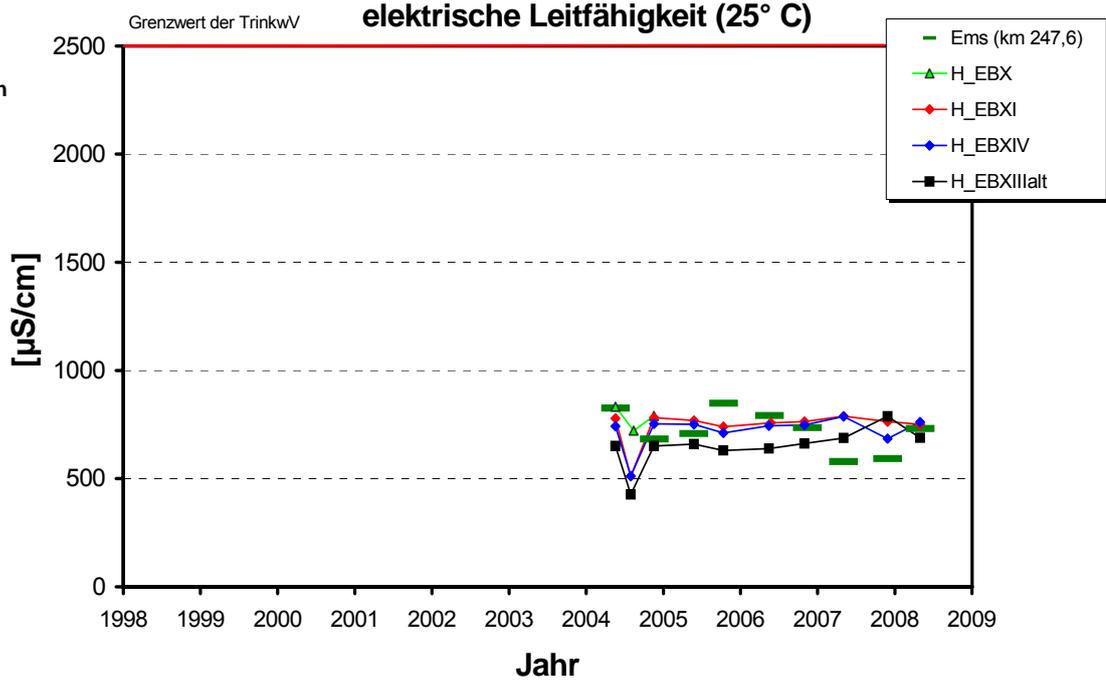


Abbildung 4: Entwicklung des pH-Wertes im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

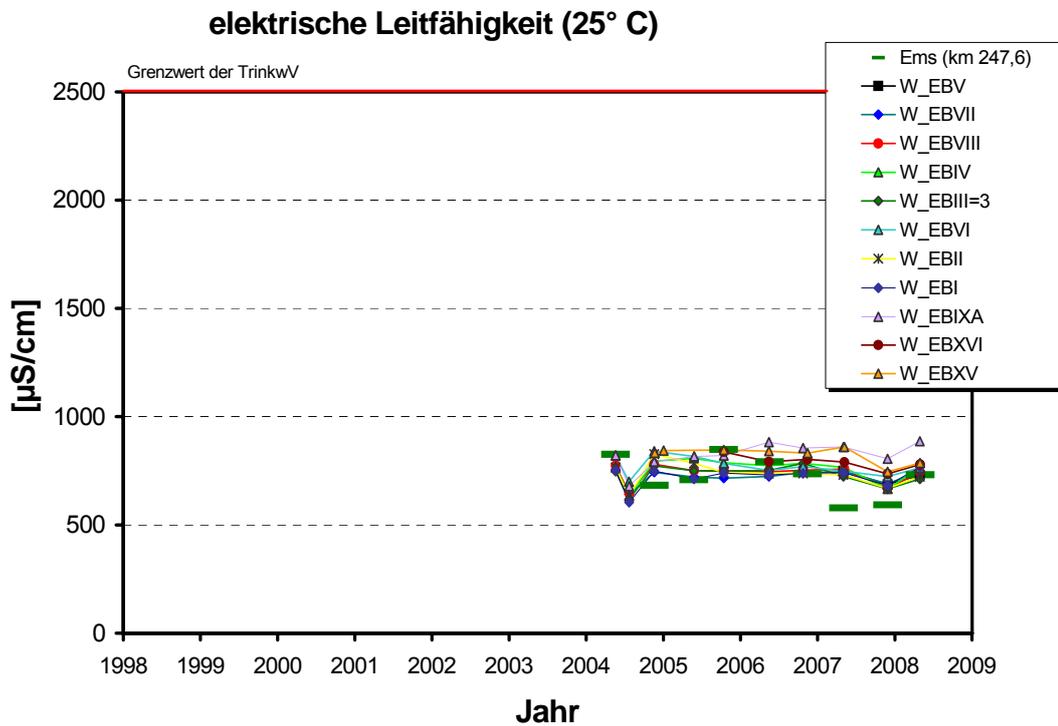
↓  
emsfern



**Abbildung 5:** Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsna

↓  
emsfern



**Abbildung 6:** Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

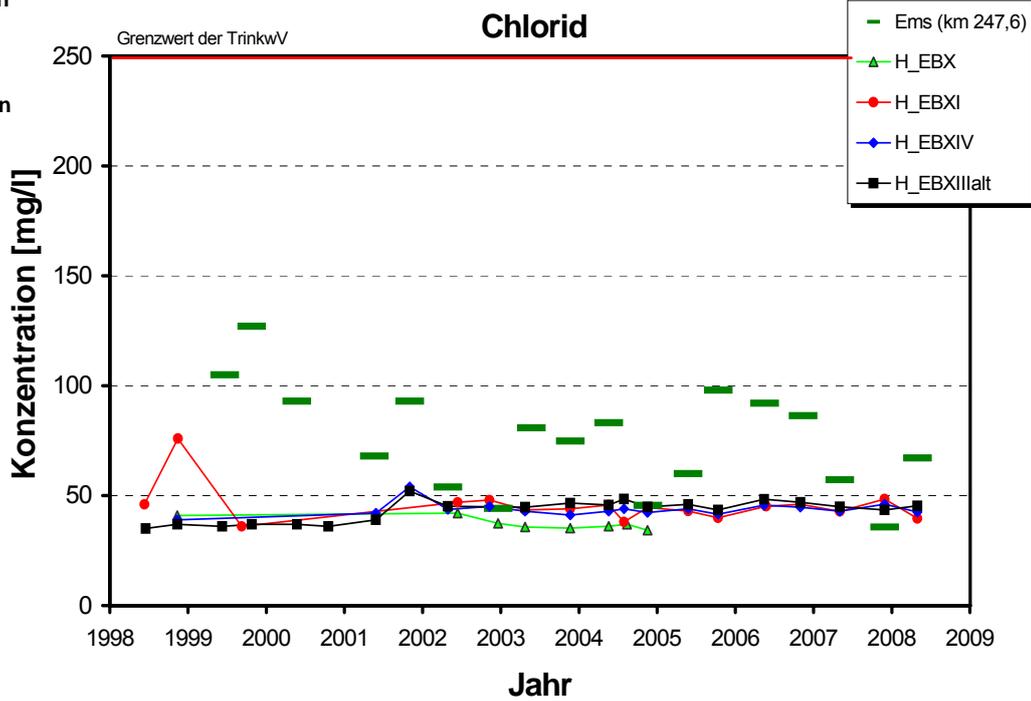


Abbildung 7: Entwicklung der Chloridkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

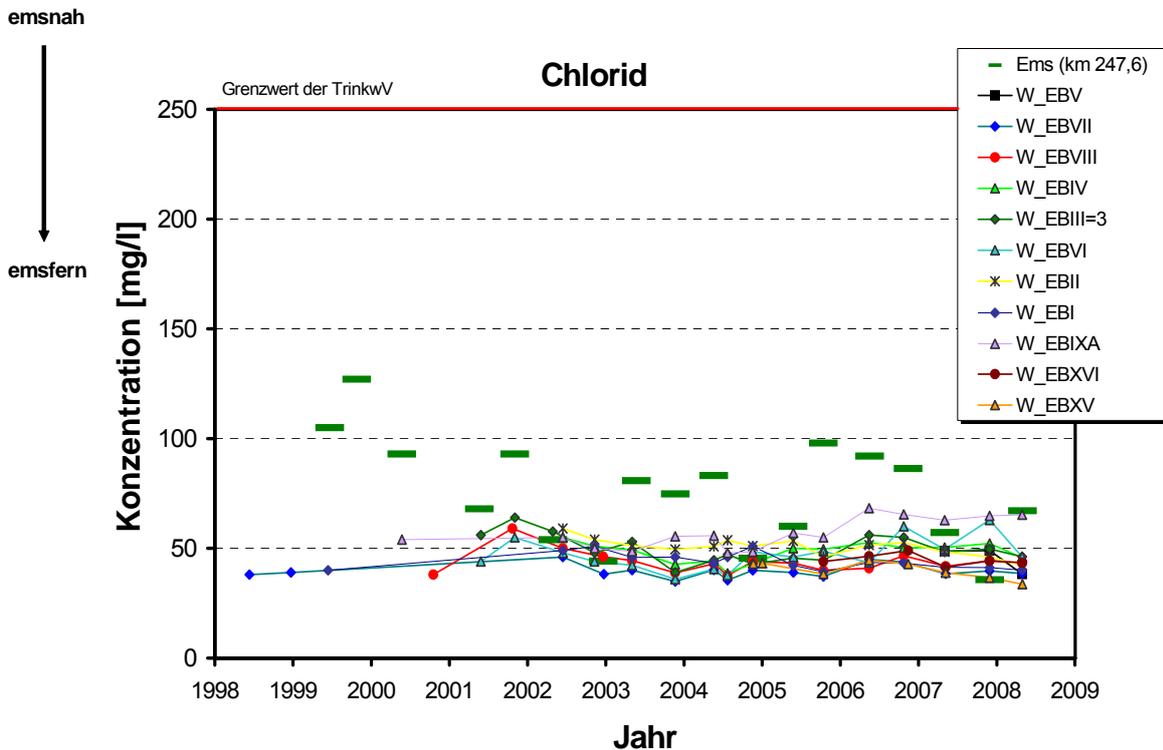


Abbildung 8: Entwicklung der Chloridkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

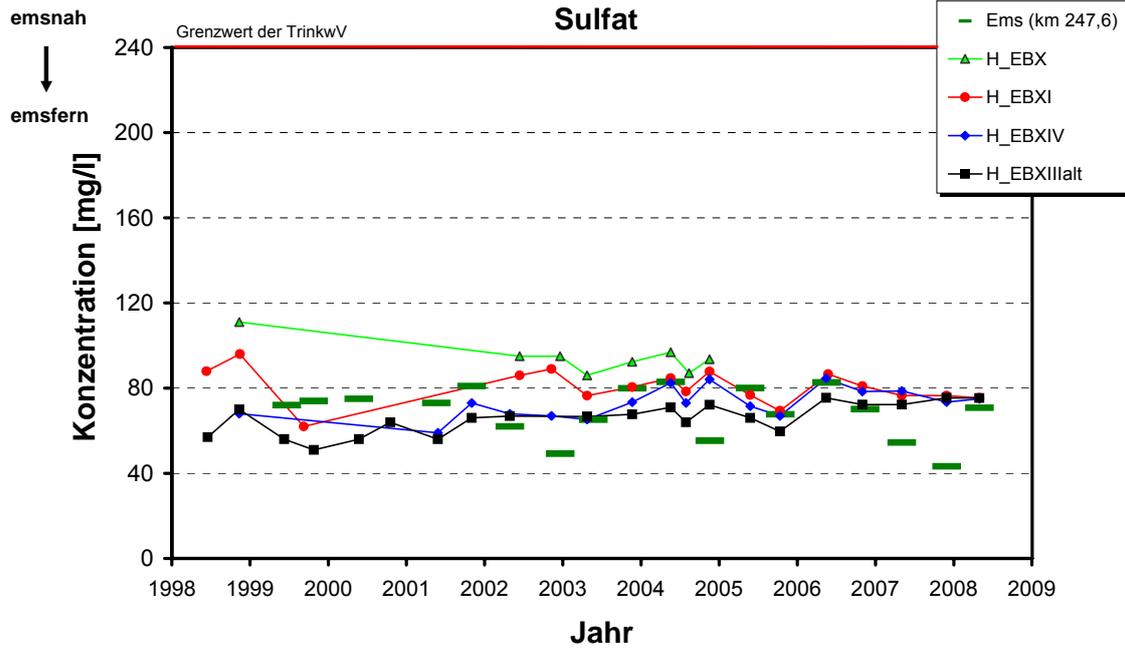


Abbildung 9: Entwicklung der Sulfatkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

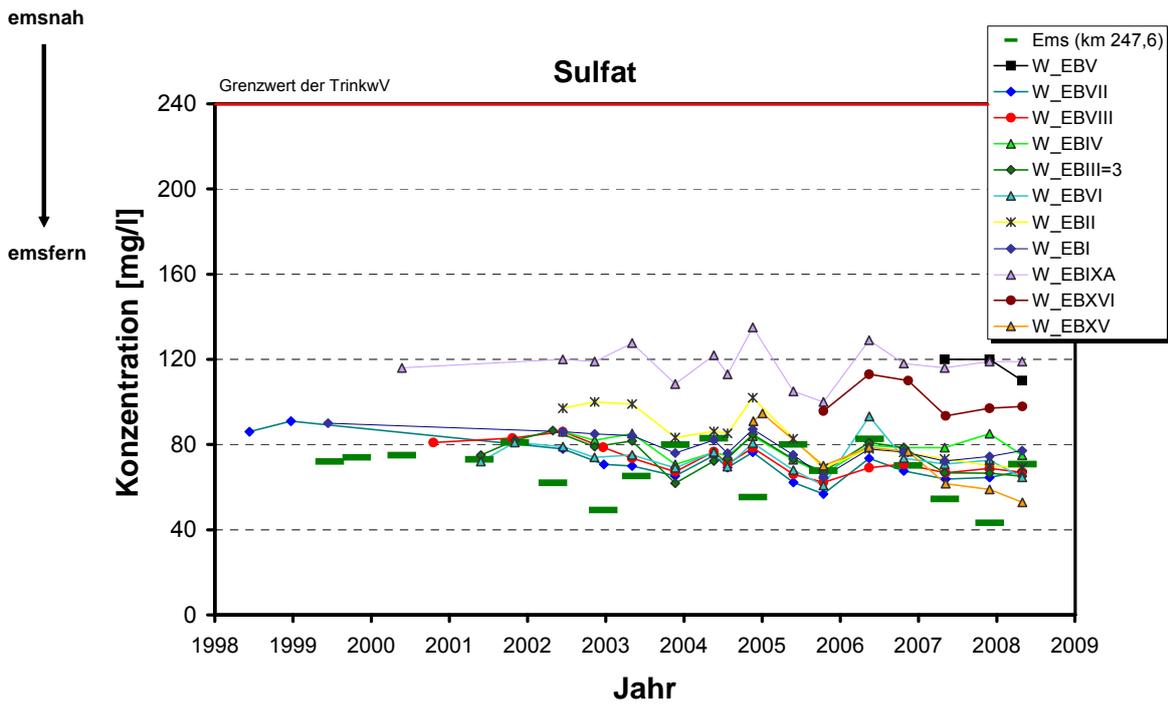


Abbildung 10: Entwicklung der Sulfatkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

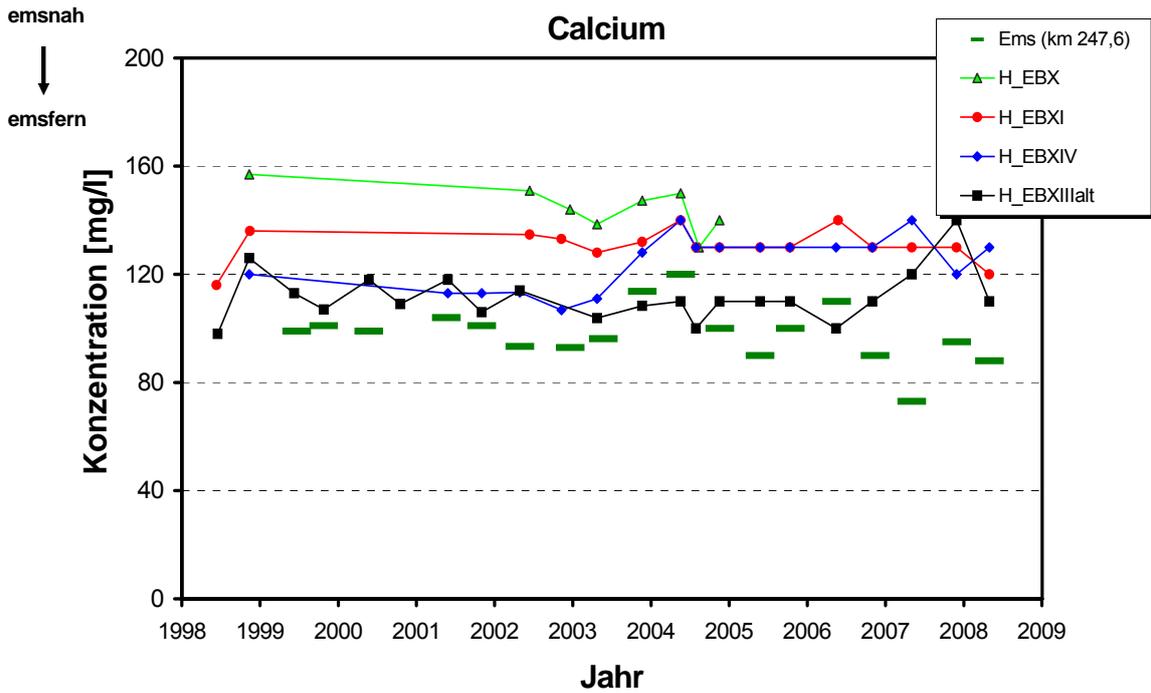


Abbildung 11: Entwicklung der Calciumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

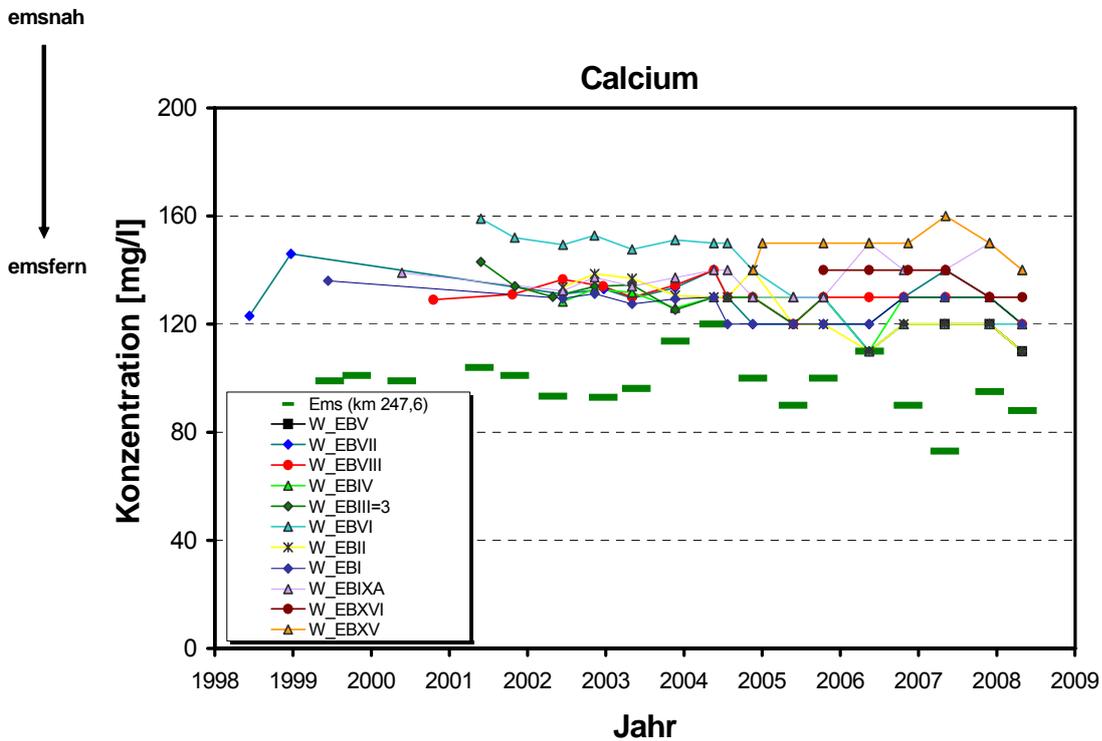


Abbildung 12: Entwicklung der Calciumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

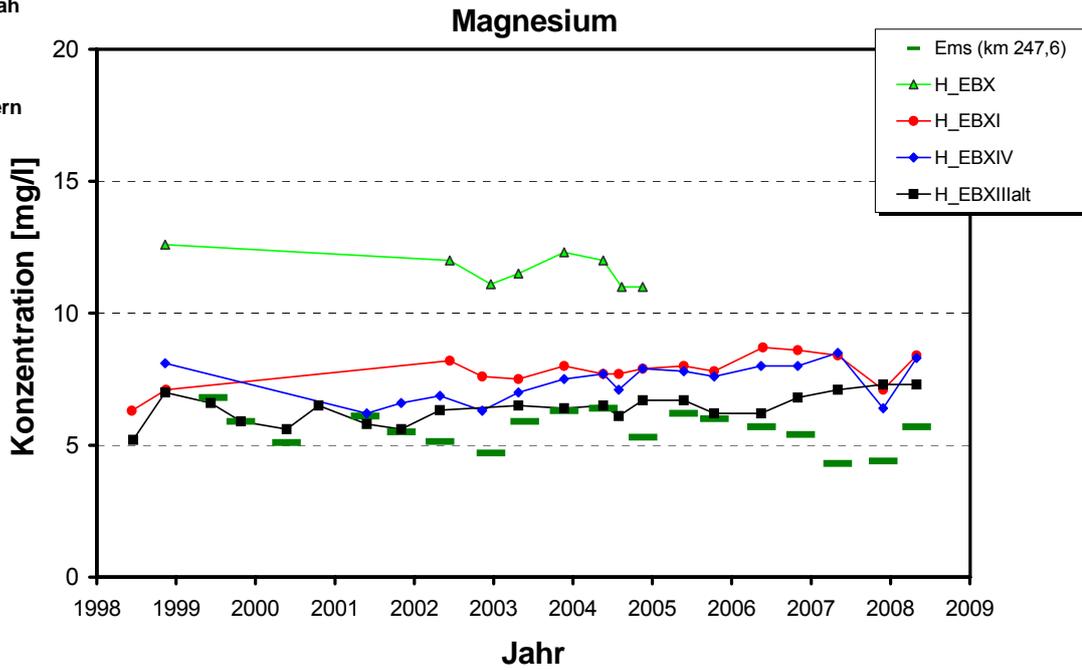


Abbildung 13: Entwicklung der Magnesiumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

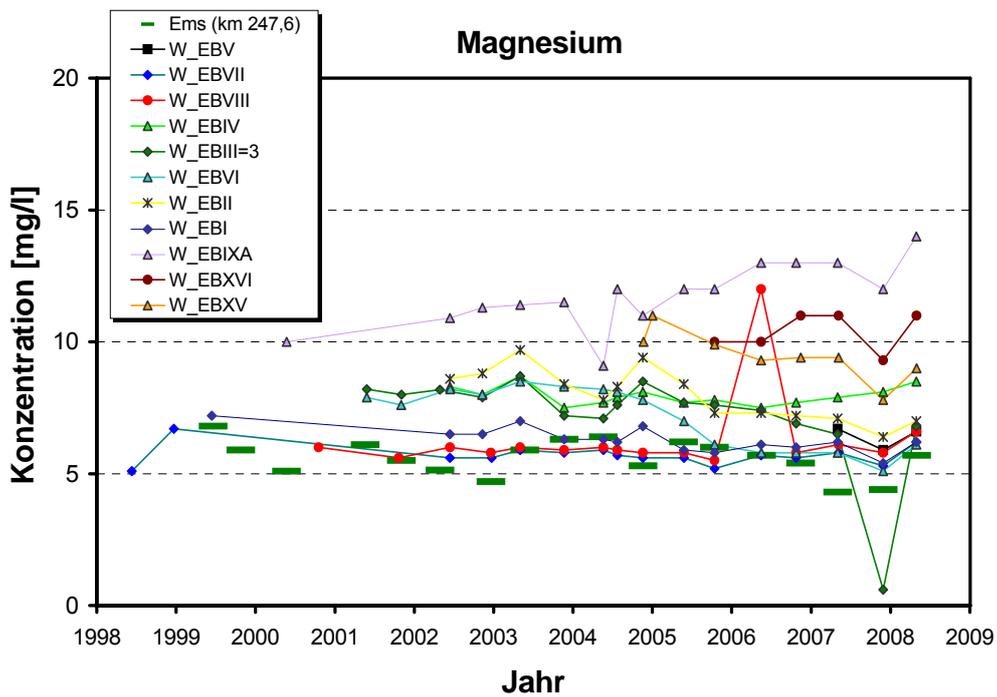


Abbildung 14: Entwicklung der Magnesiumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

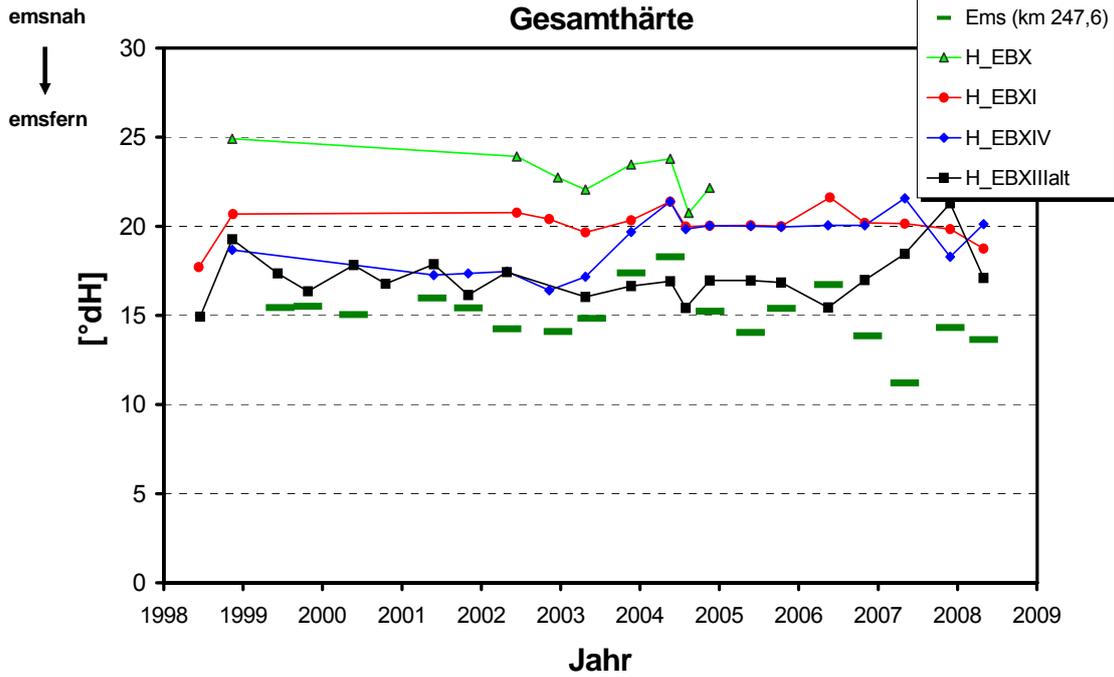


Abbildung 15: Entwicklung der Gesamthärte im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

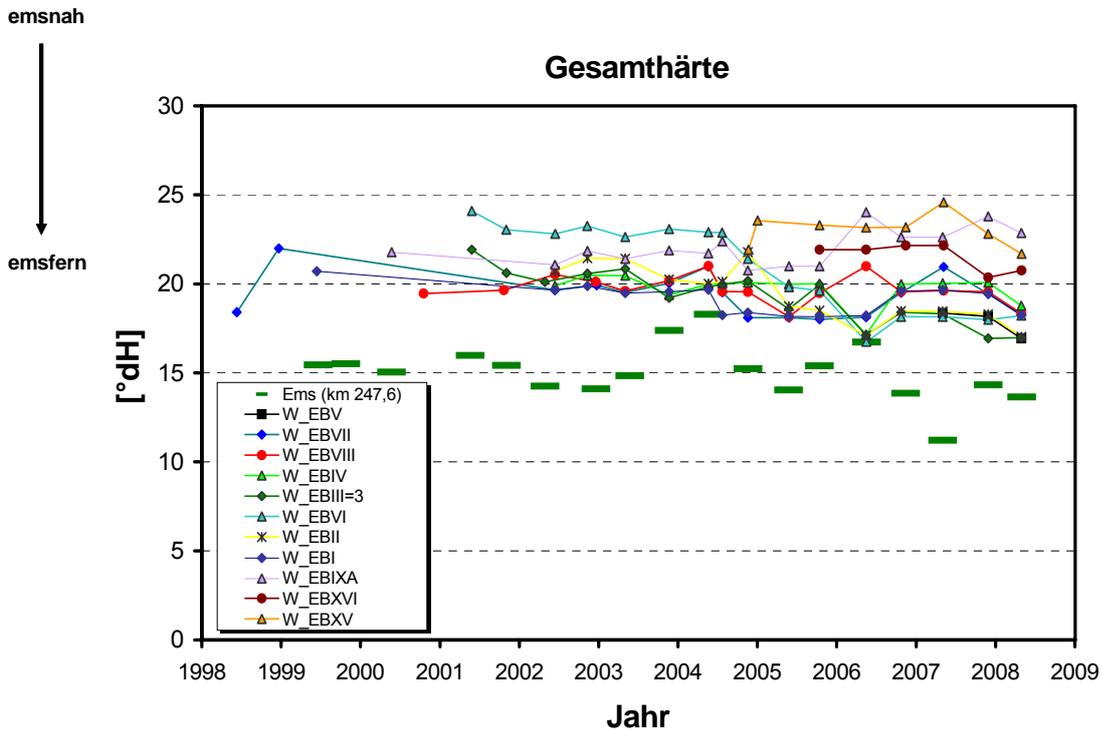


Abbildung 16: Entwicklung der Gesamthärte, im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

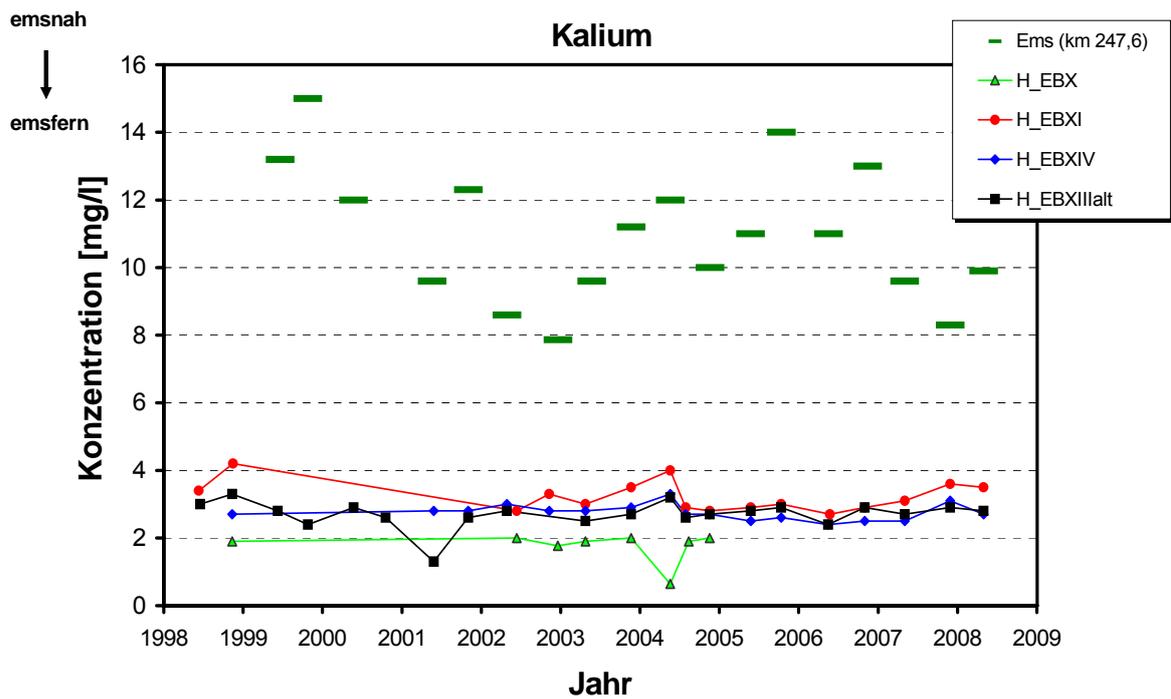


Abbildung 17: Entwicklung der Kaliumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

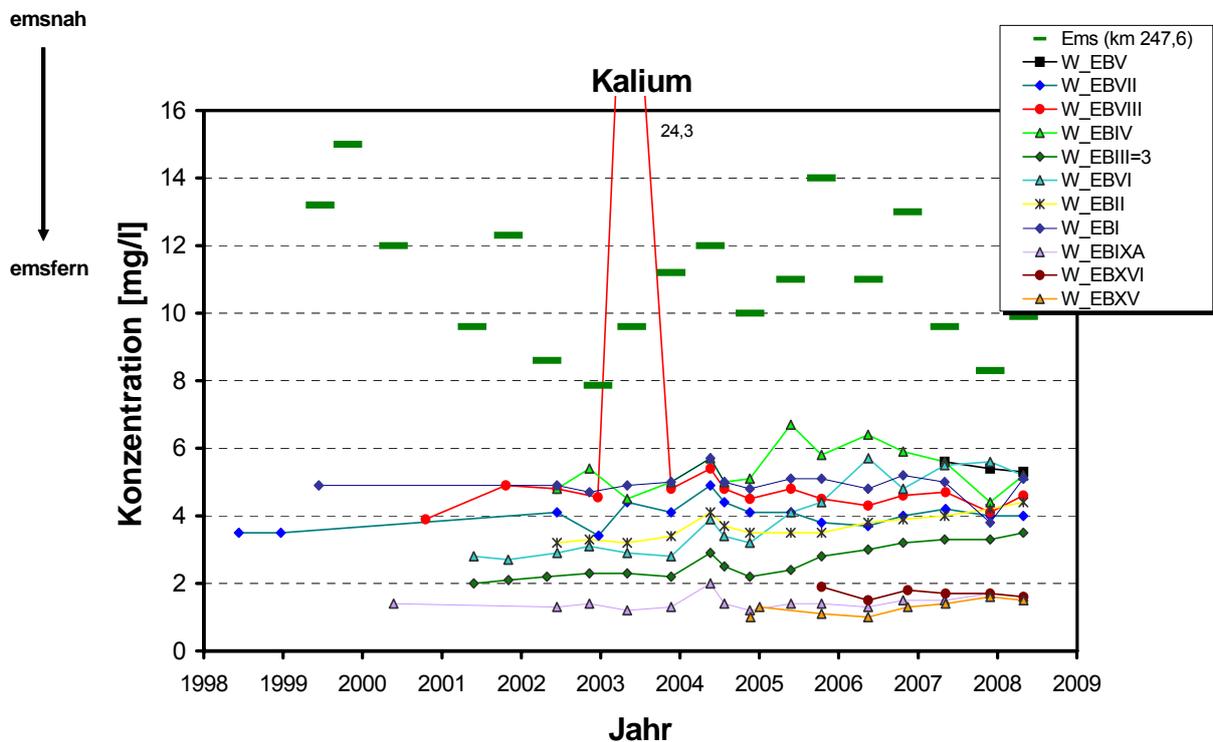


Abbildung 18: Entwicklung der Kaliumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

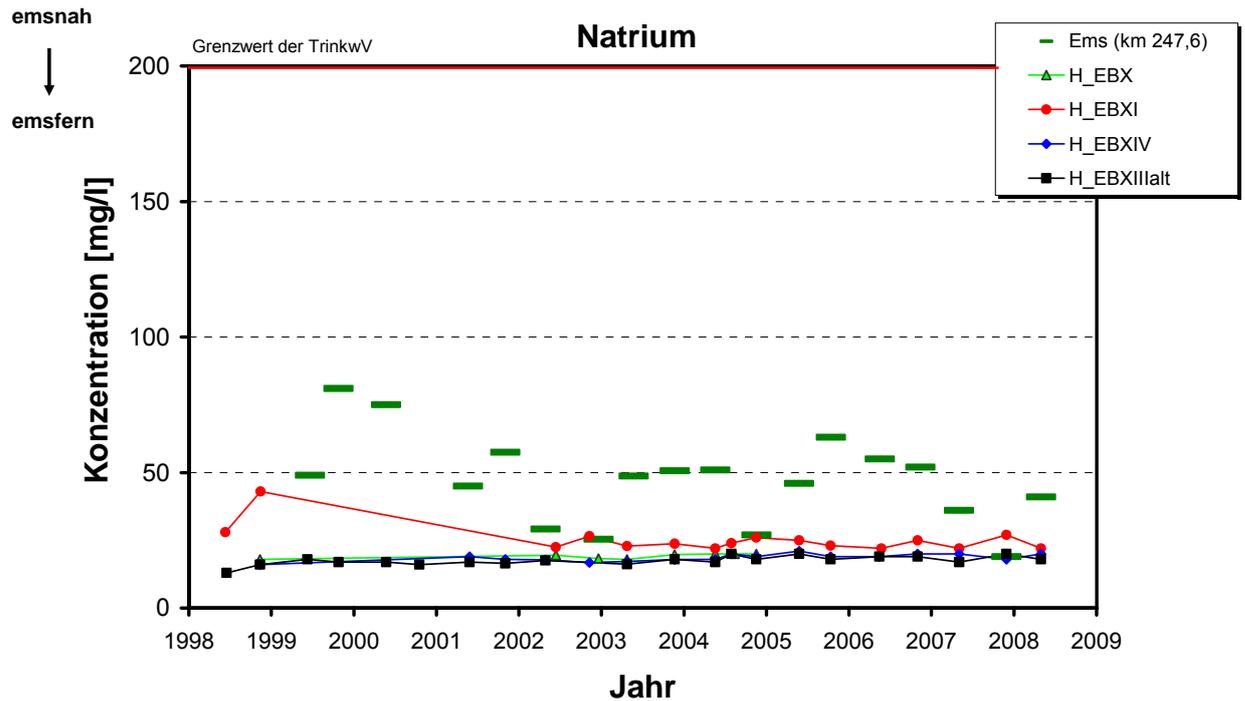


Abbildung 19: Entwicklung der Natriumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

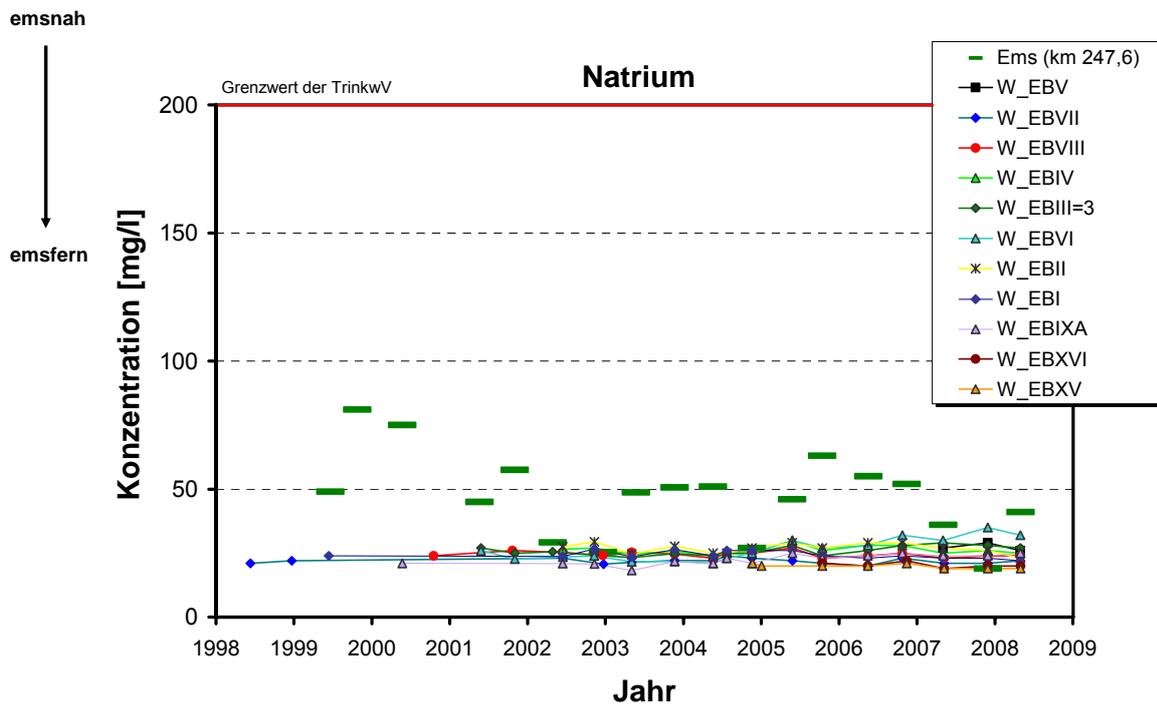


Abbildung 20: Entwicklung der Natriumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

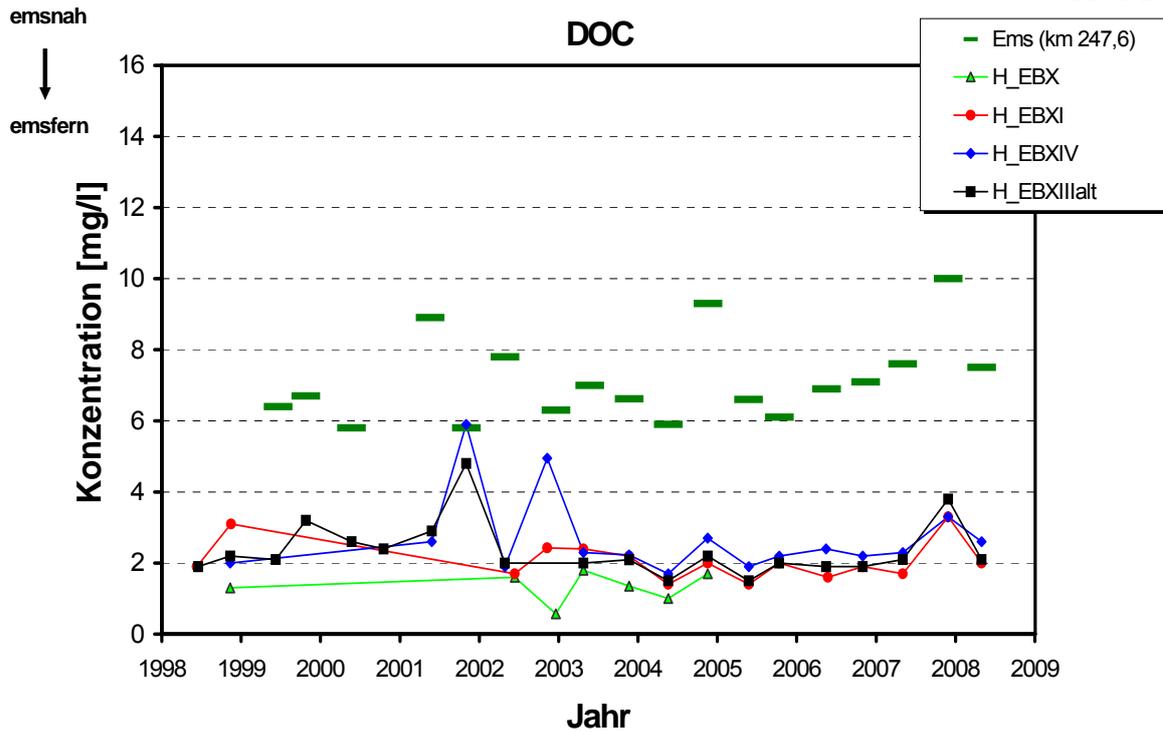


Abbildung 21: Entwicklung der DOC-Konzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

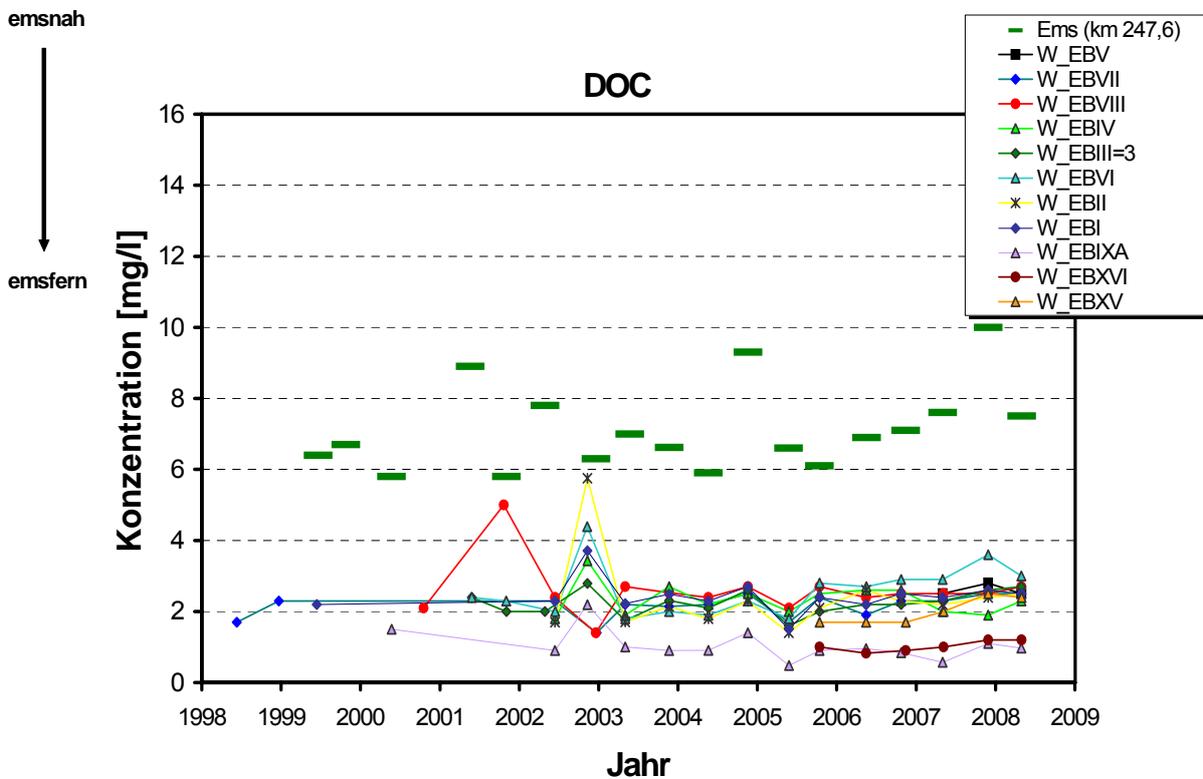


Abbildung 22: Entwicklung der DOC-Konzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

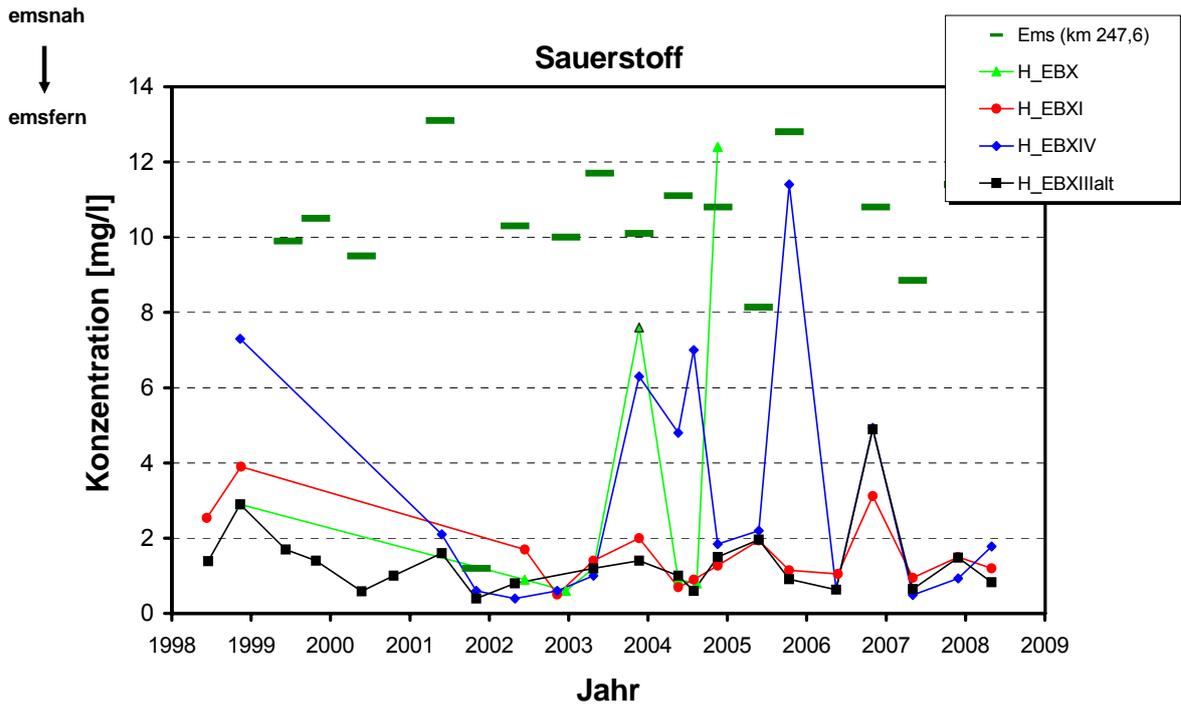


Abbildung 23: Entwicklung der Sauerstoffkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

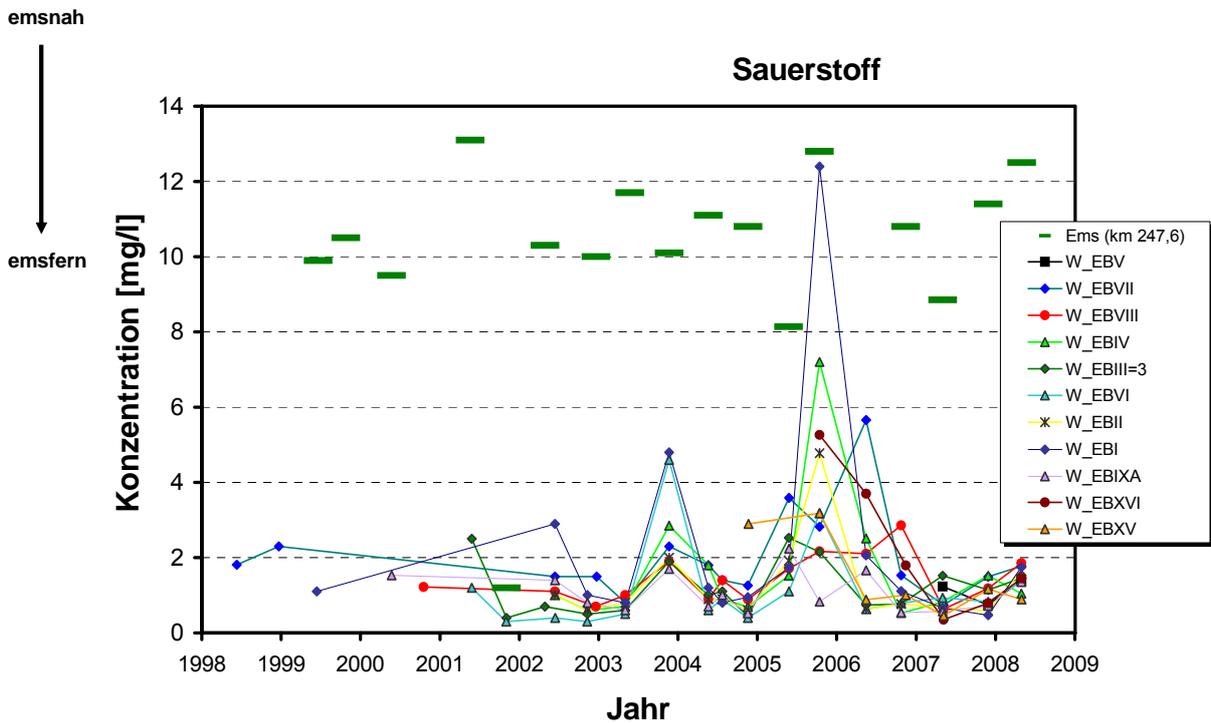


Abbildung 24: Entwicklung der Sauerstoffkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

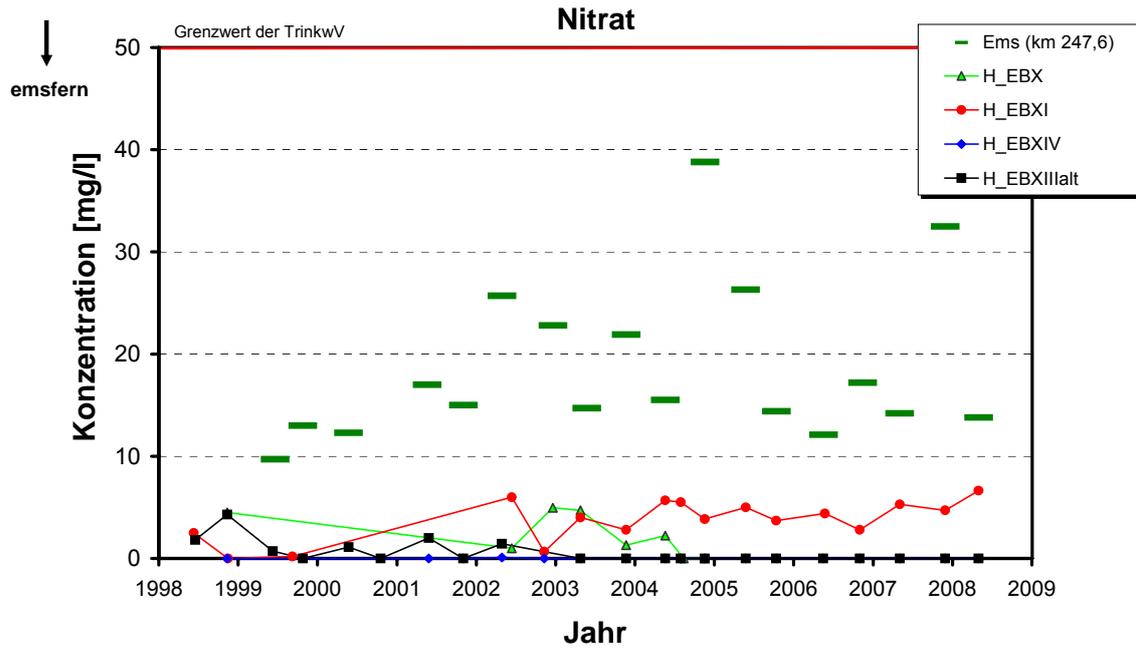


Abbildung 25: Entwicklung der Nitratkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

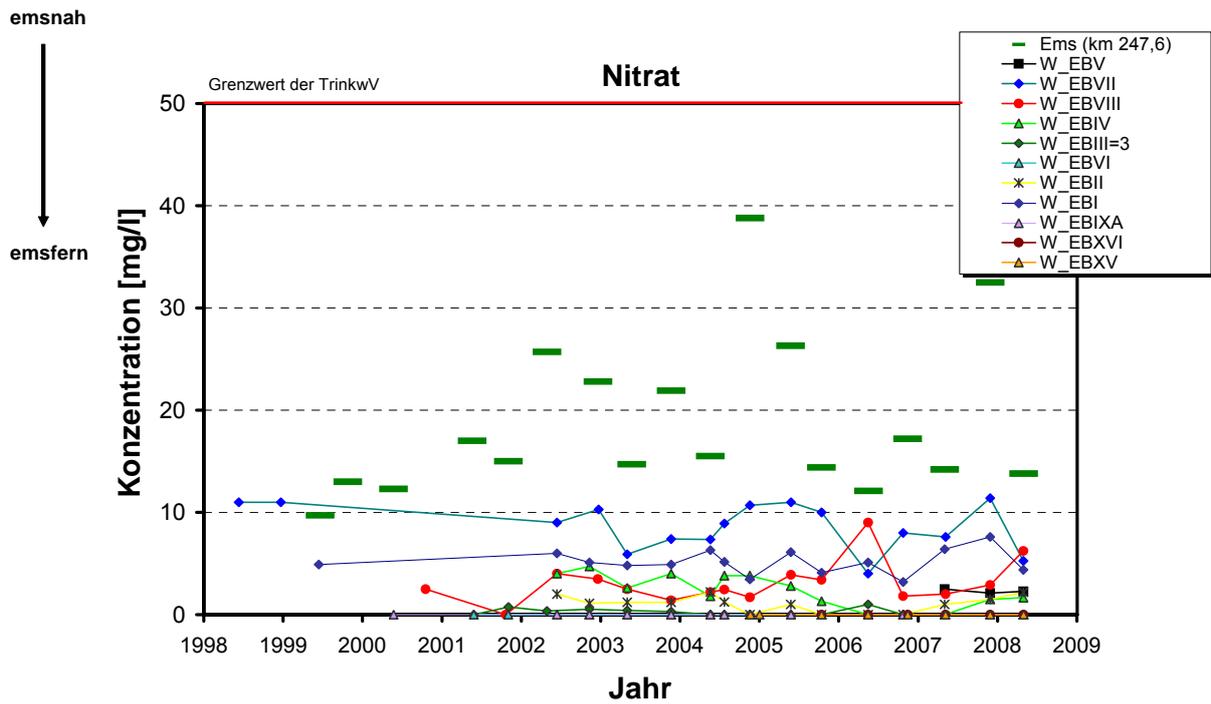


Abbildung 26: Entwicklung der Nitratkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

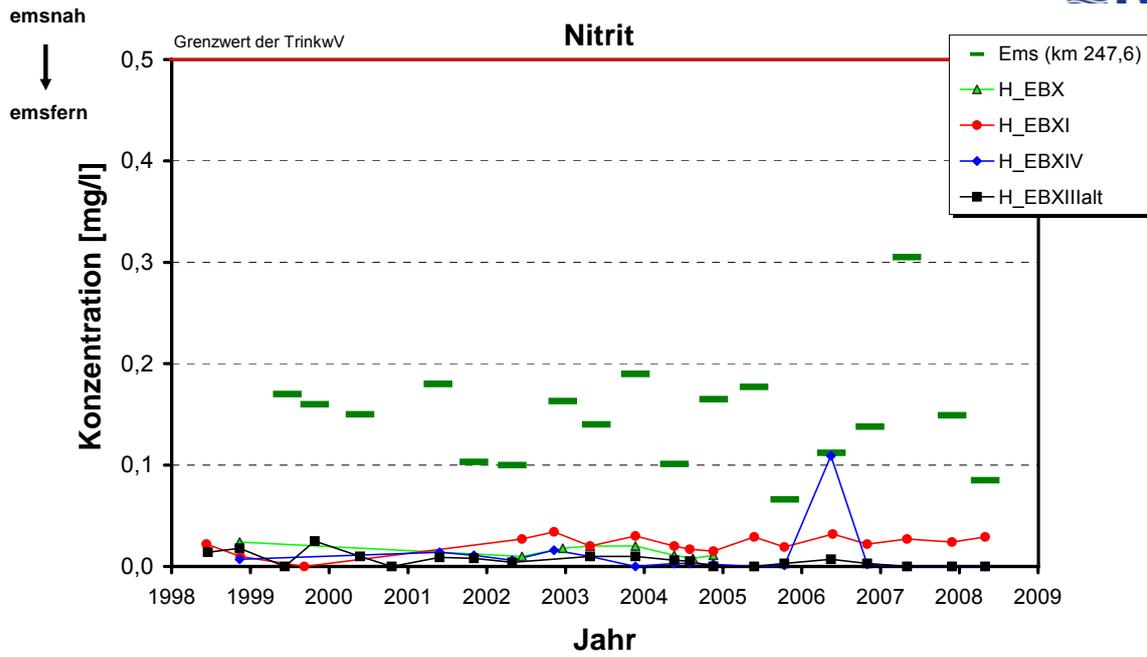


Abbildung 27: Entwicklung der Nitritkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

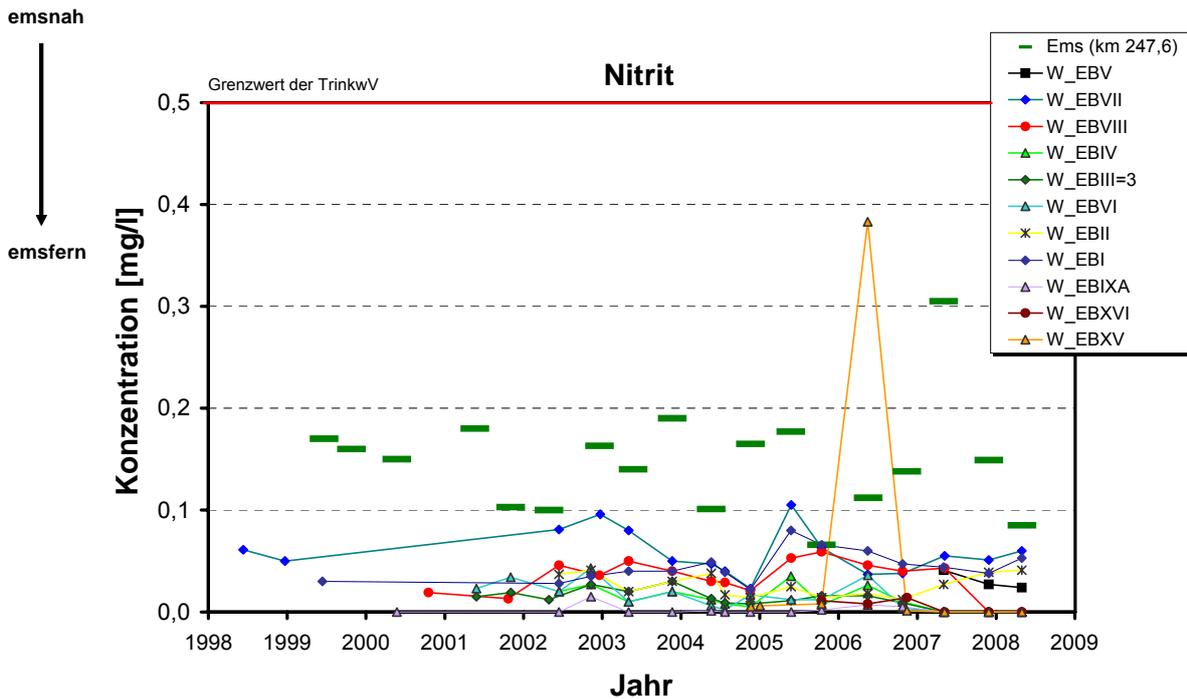


Abbildung 28: Entwicklung der Nitritkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

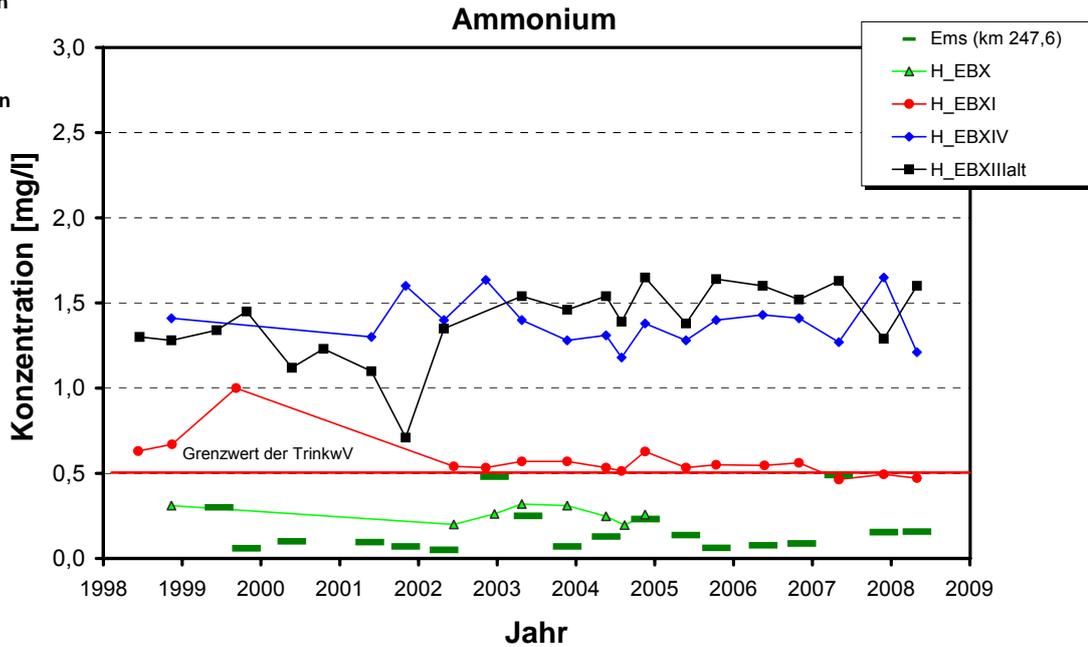


Abbildung 29: Entwicklung der Ammoniumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

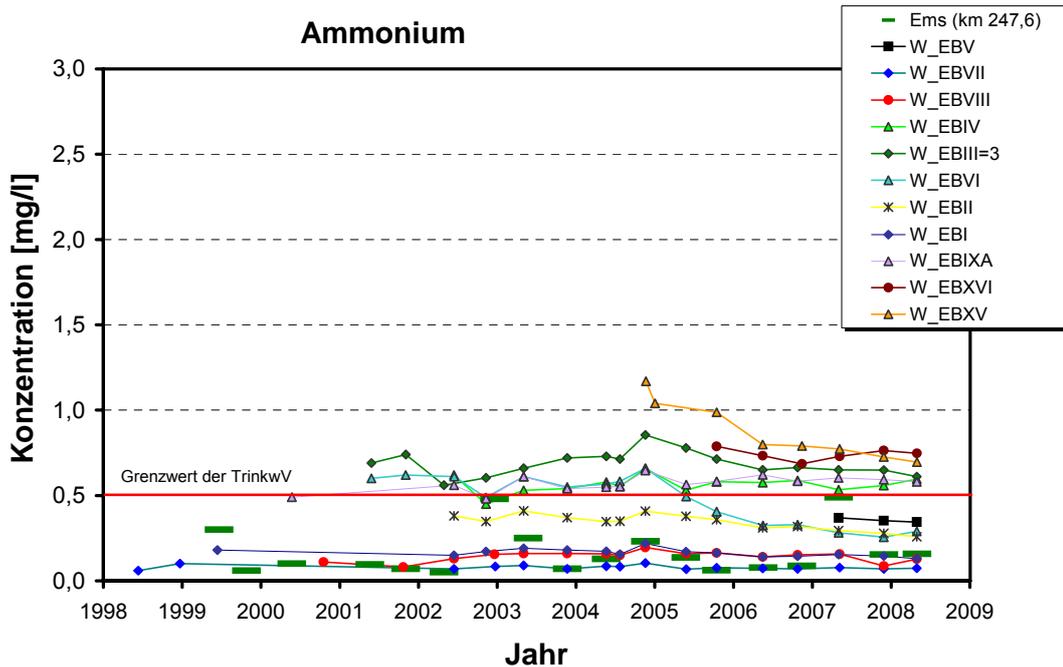


Abbildung 30: Entwicklung der Ammoniumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah

↓  
emsfern

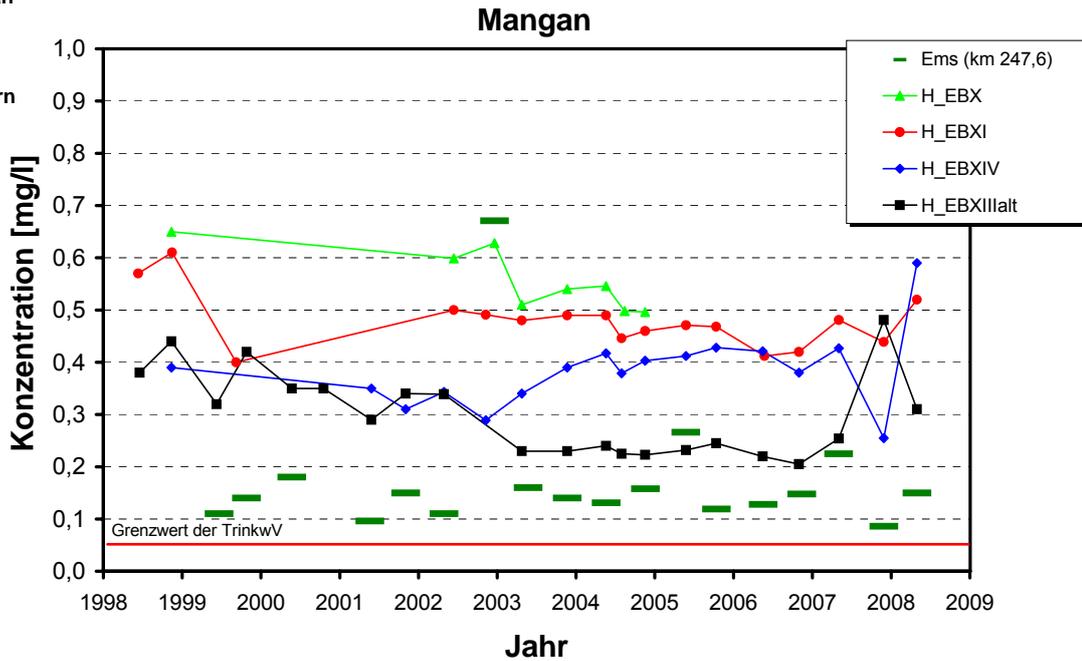


Abbildung 31: Entwicklung der Mangankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah

↓  
emsfern

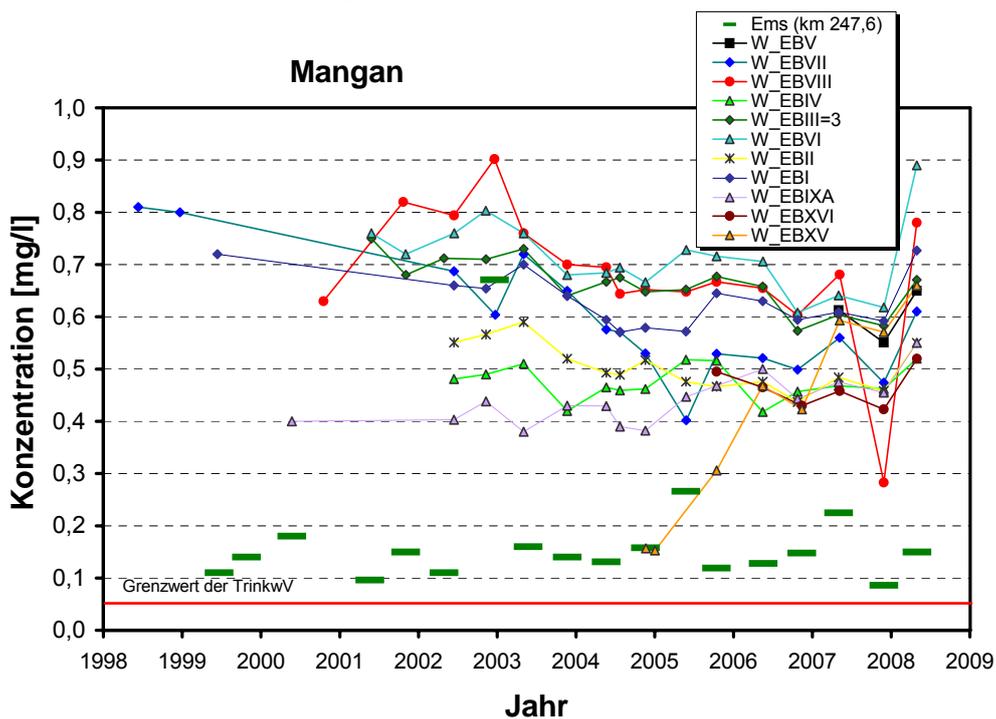


Abbildung 32: Entwicklung der Mangankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

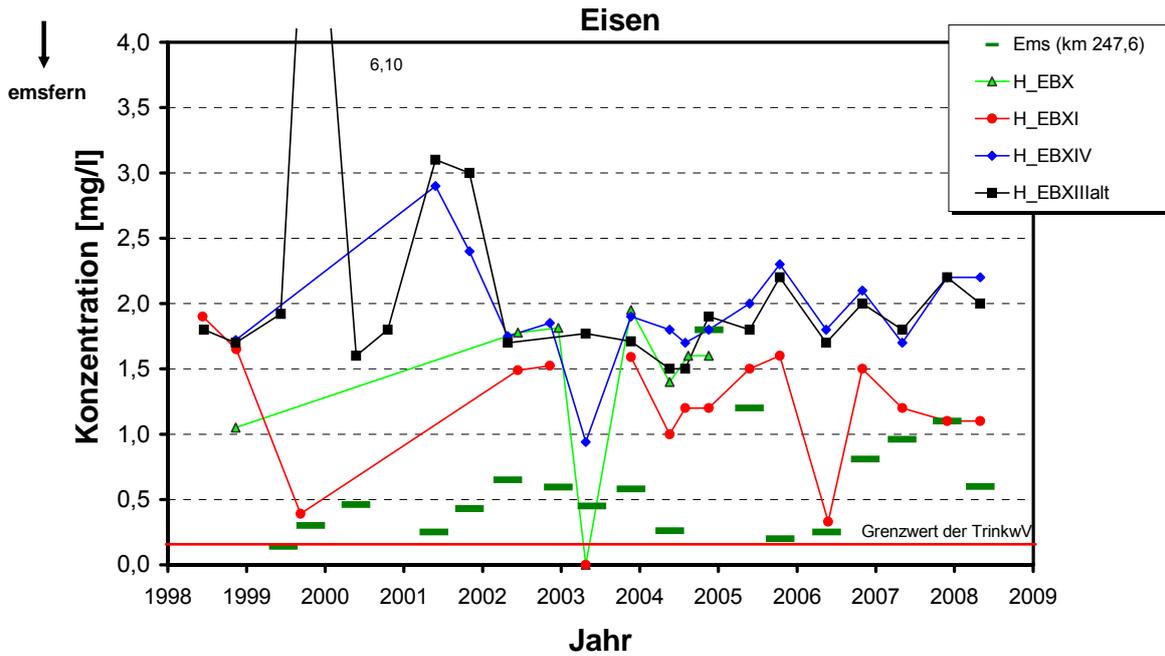


Abbildung 33: Entwicklung der Eisenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

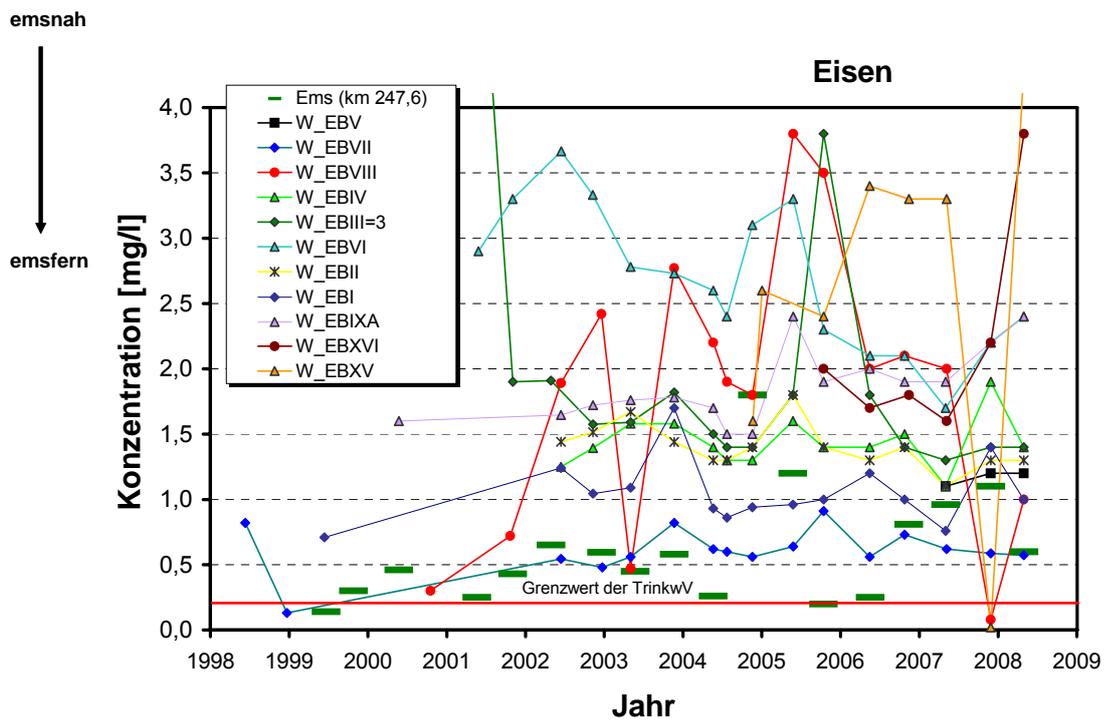


Abbildung 34: Entwicklung der Eisenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

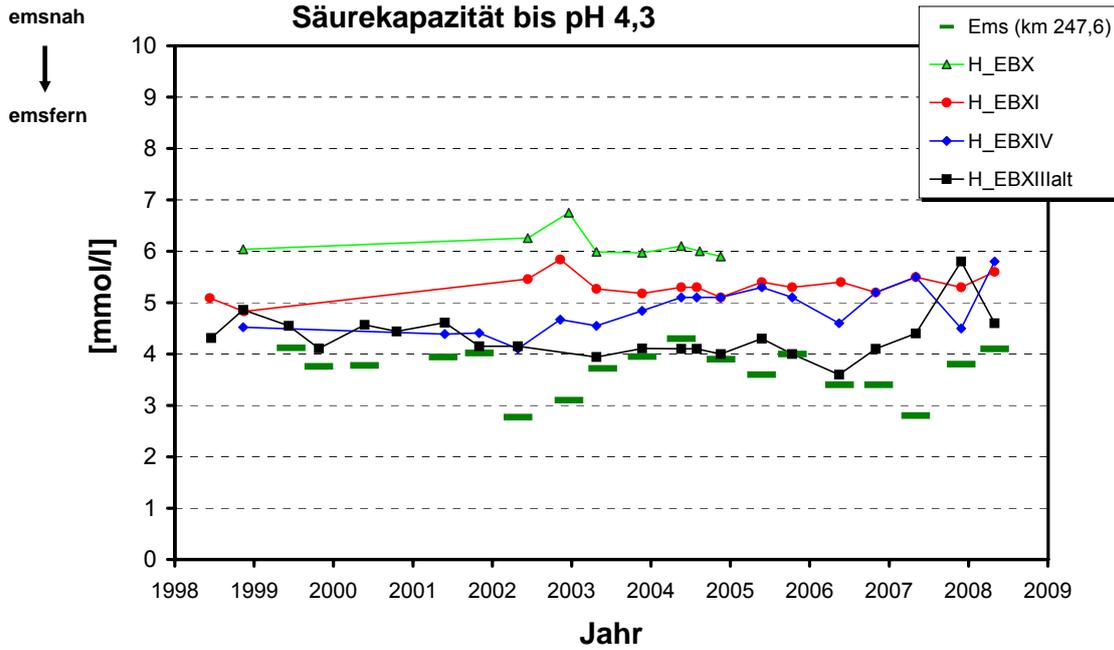


Abbildung 35: Entwicklung der Säurekapazität bis pH 4,3 im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

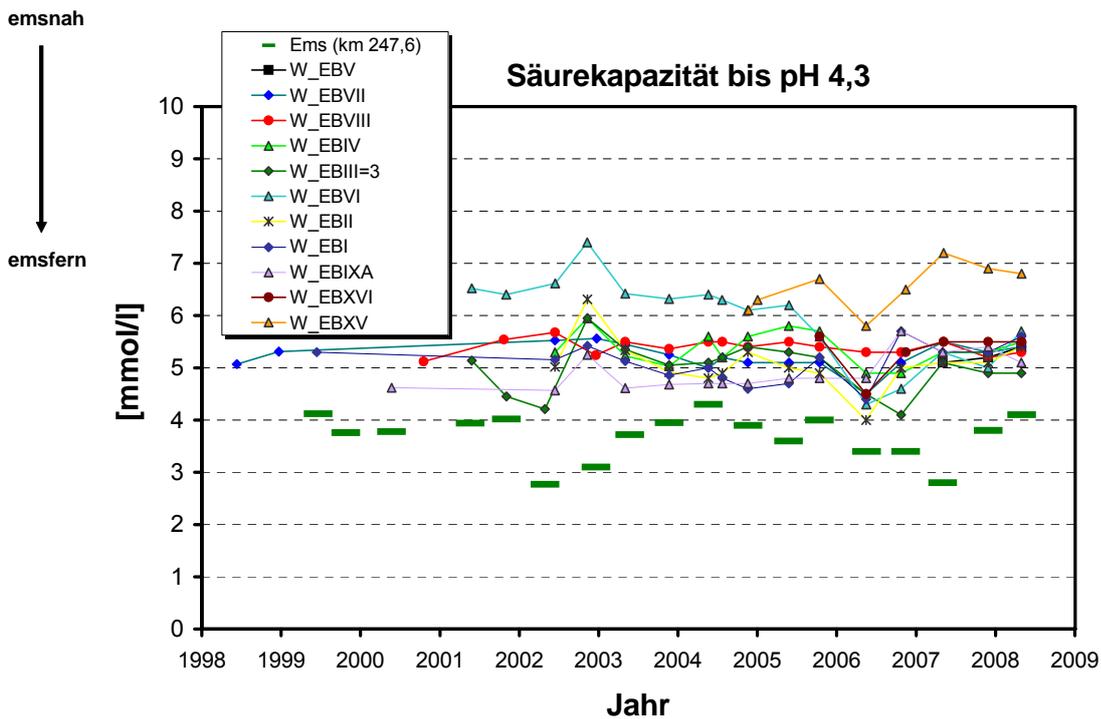


Abbildung 36: Entwicklung der Säurekapazität bis pH 4,3 im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

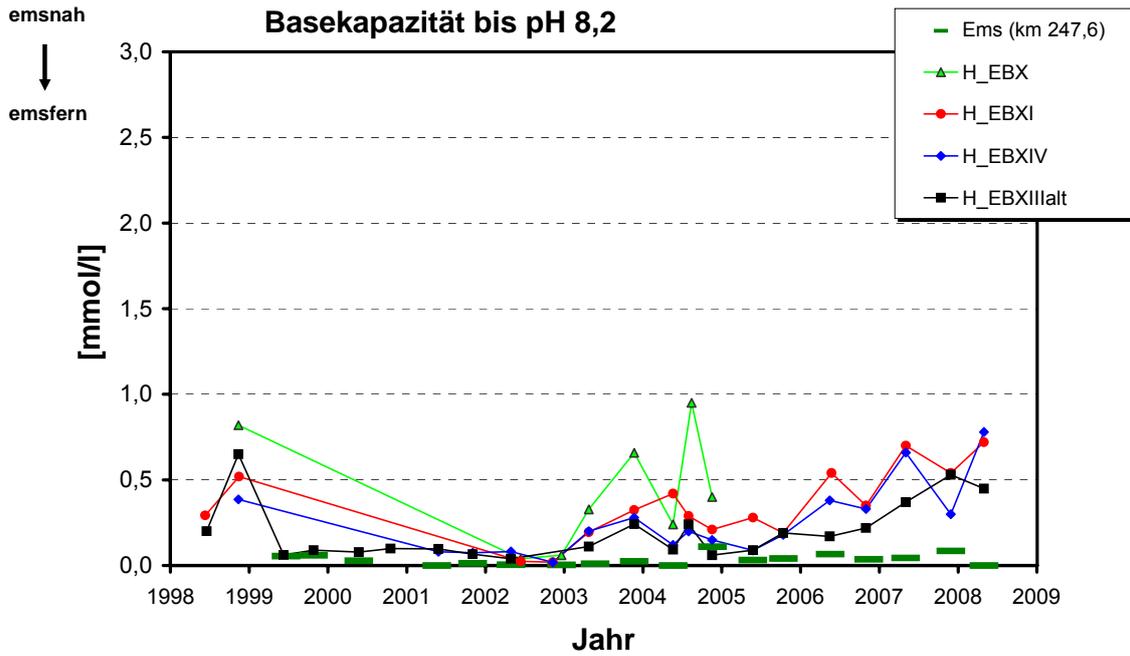


Abbildung 37: Entwicklung der Basekapazität bis pH 8,2 im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

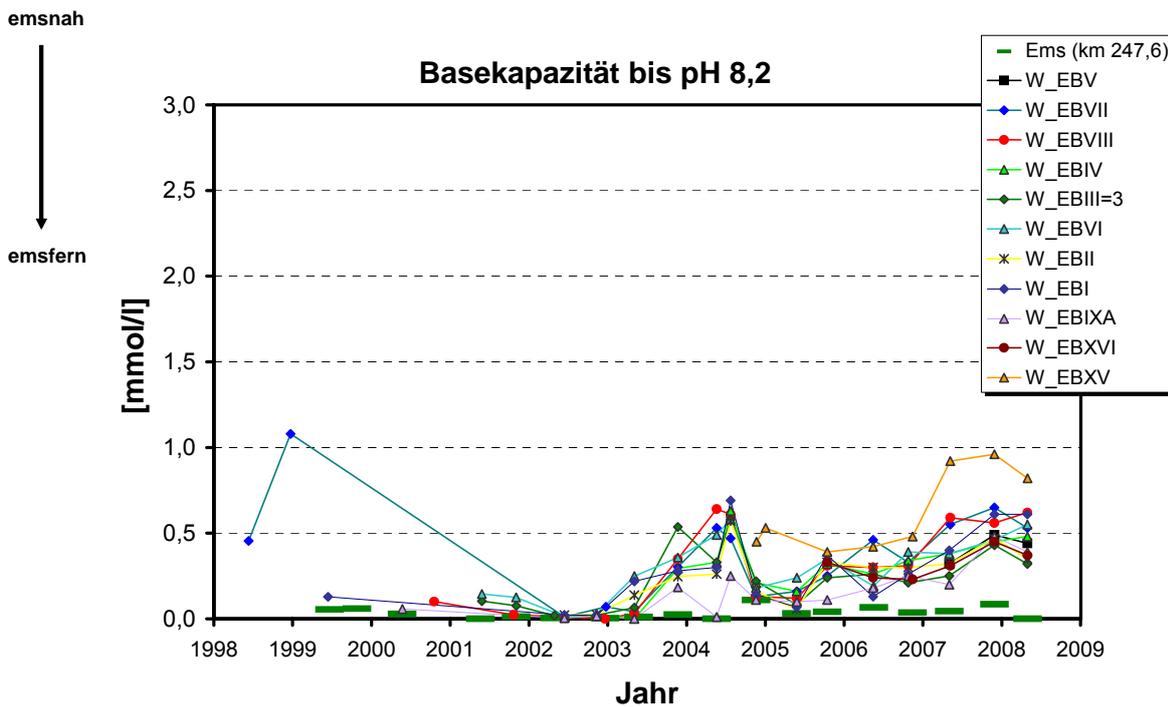


Abbildung 38: Entwicklung der Basekapazität bis pH 8,2 im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

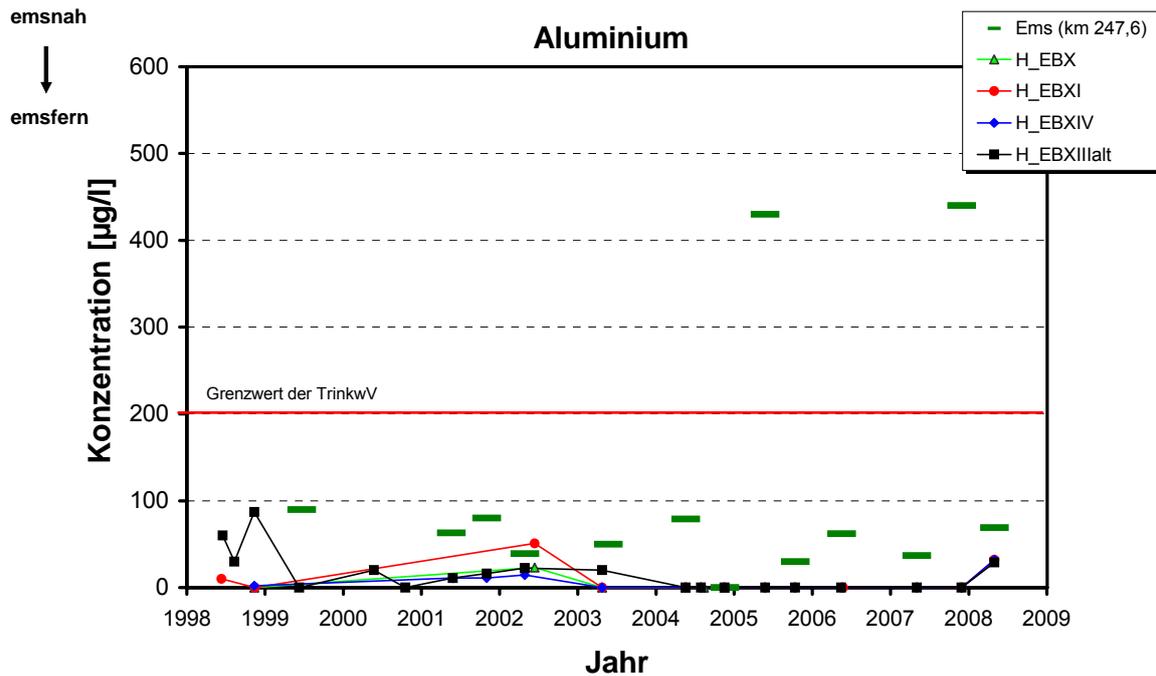


Abbildung 39: Entwicklung der Aluminiumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

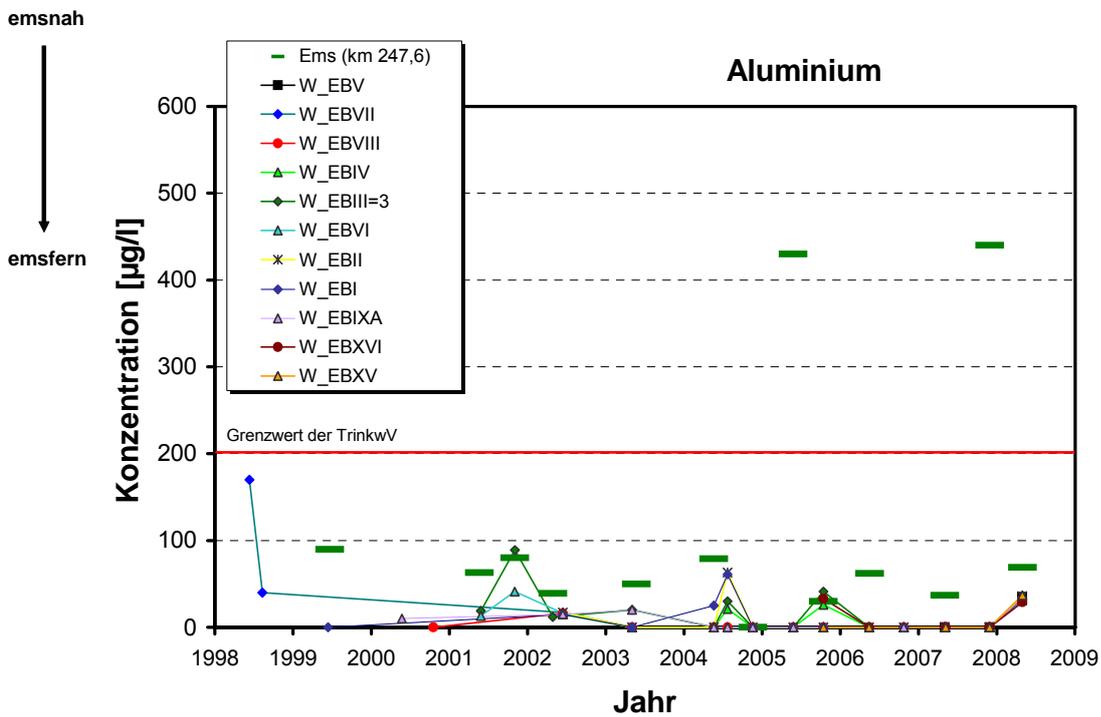


Abbildung 40: Entwicklung der Aluminiumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

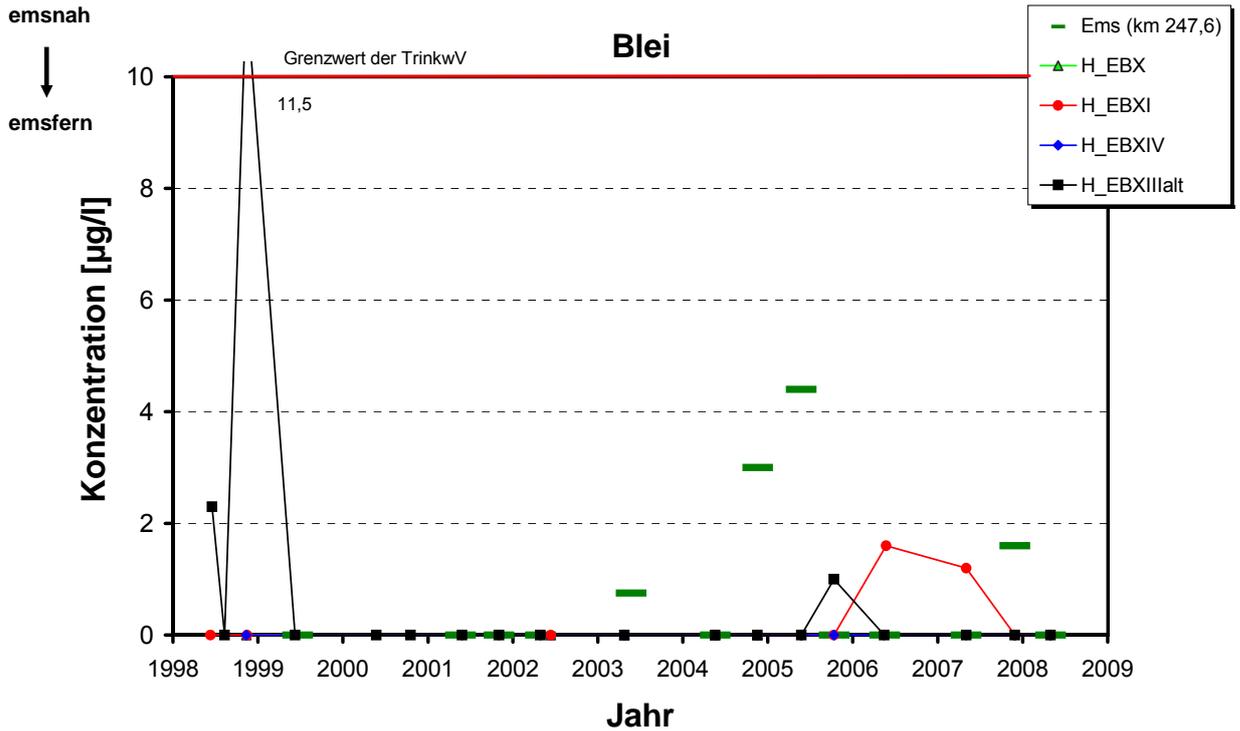


Abbildung 41: Entwicklung der Bleikonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

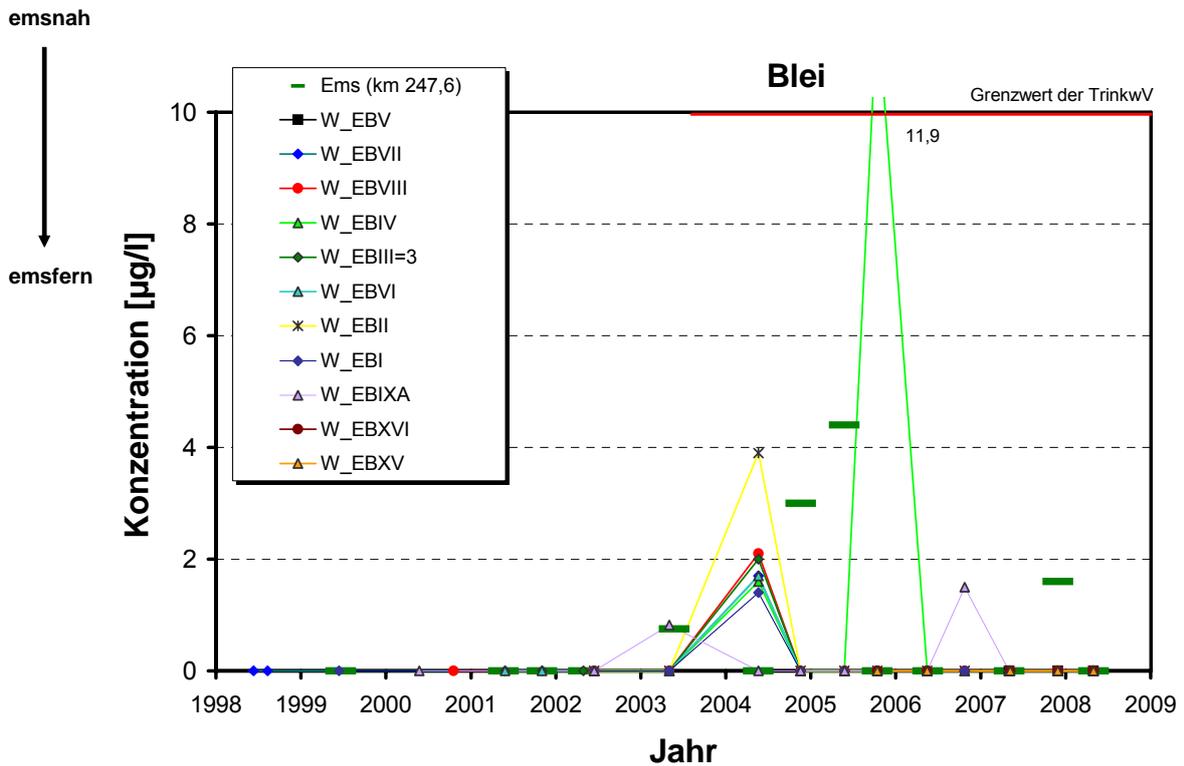


Abbildung 42: Entwicklung der Bleikonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

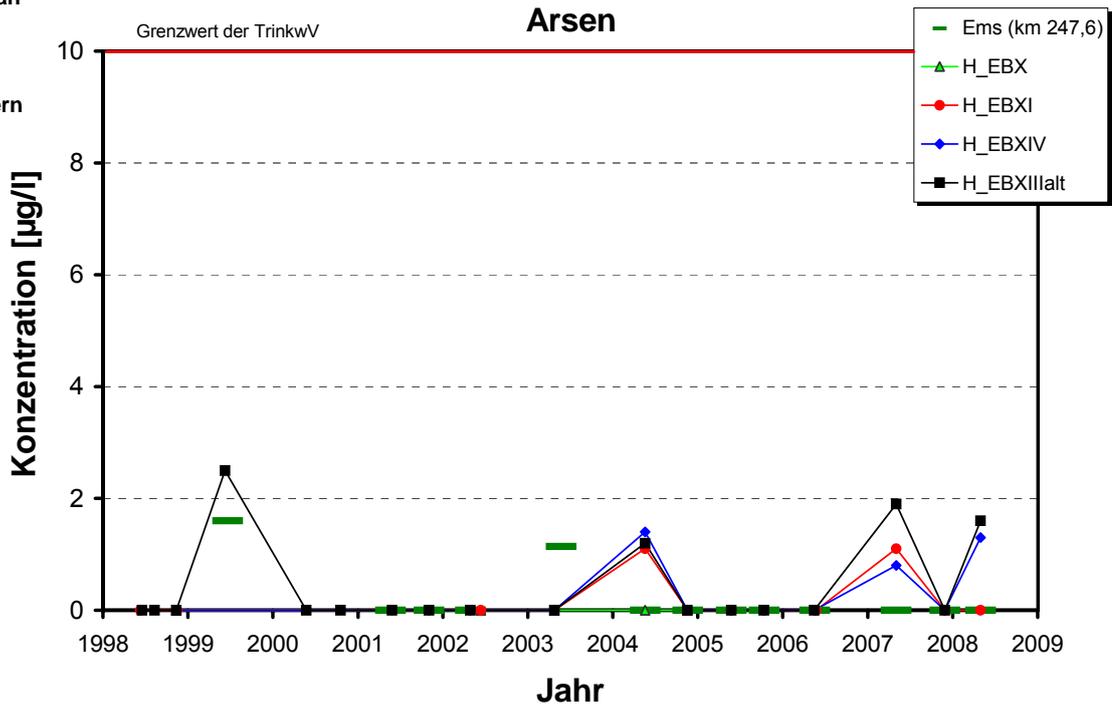


Abbildung 43: Entwicklung der Arsenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

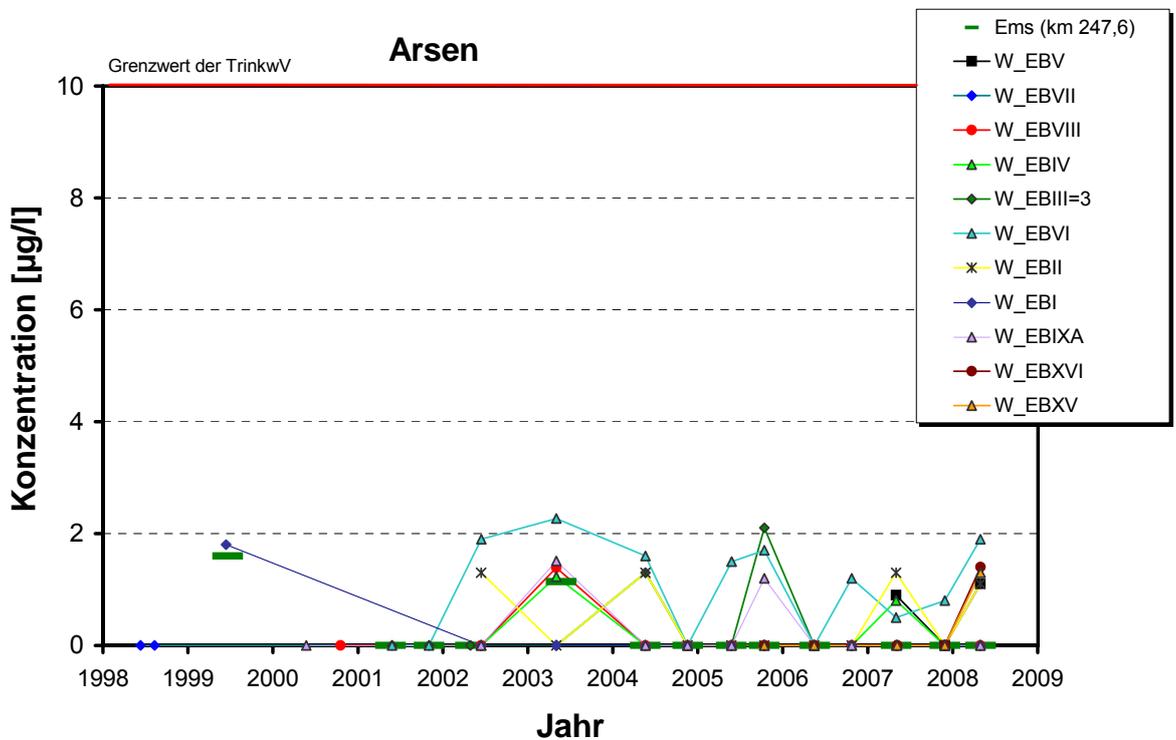


Abbildung 44: Entwicklung der Arsenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

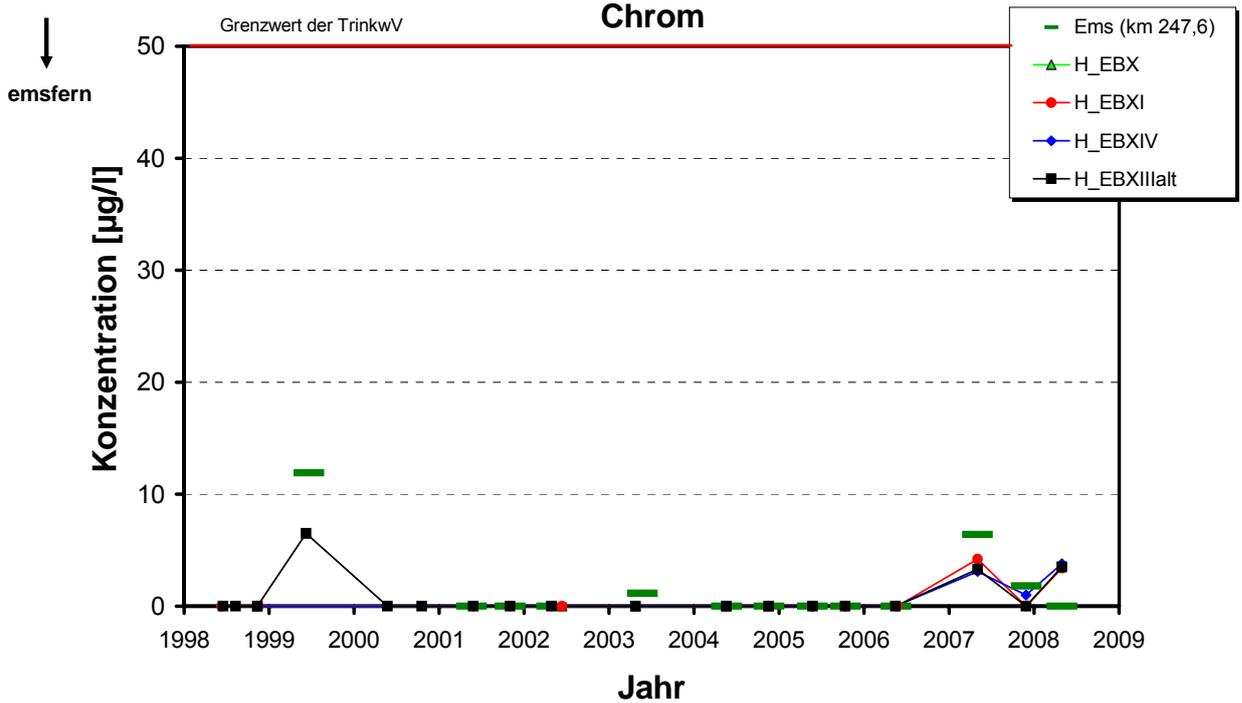


Abbildung 45: Entwicklung der Chromkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

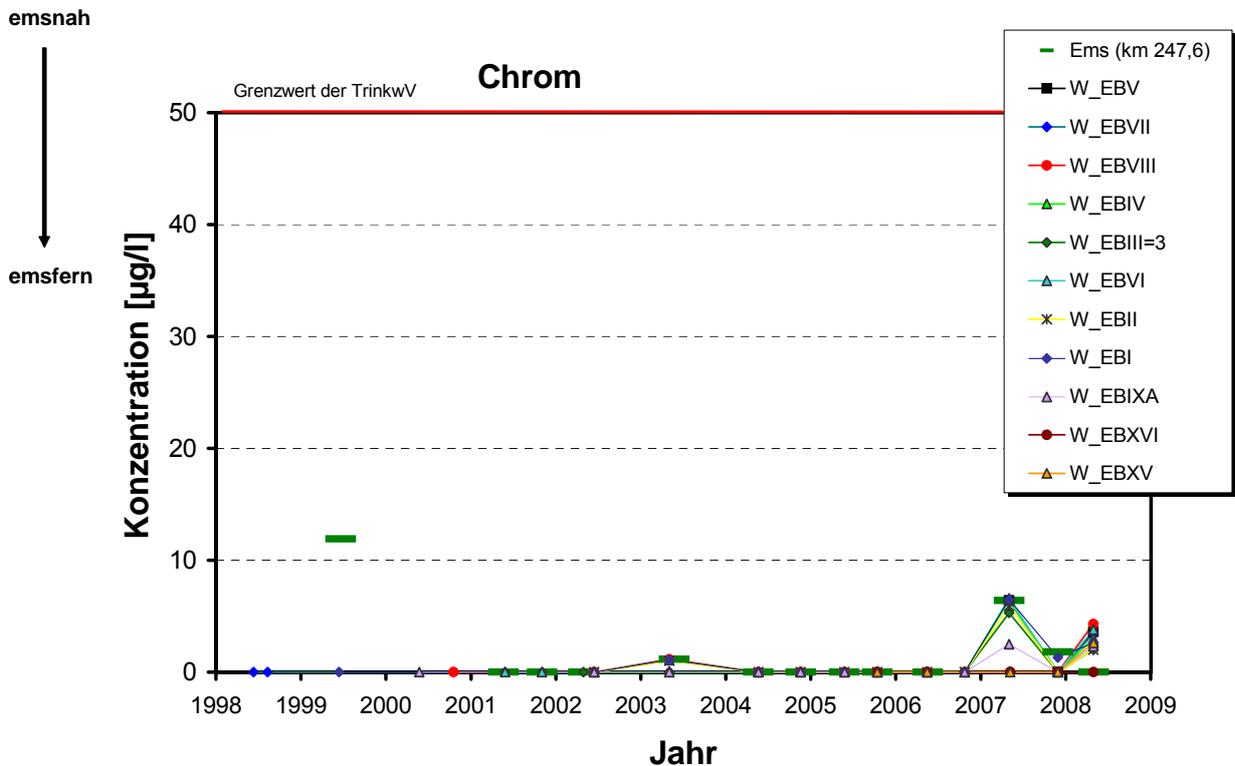


Abbildung 46: Entwicklung der Chromkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

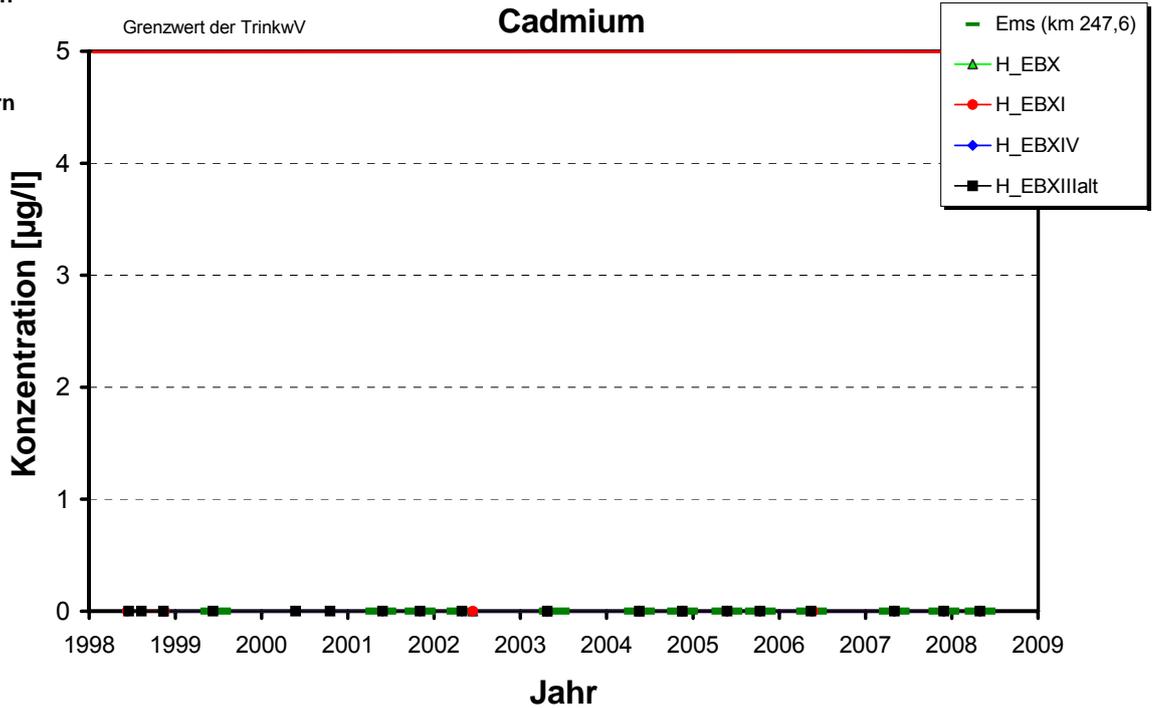


Abbildung 47: Entwicklung der Cadmiumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

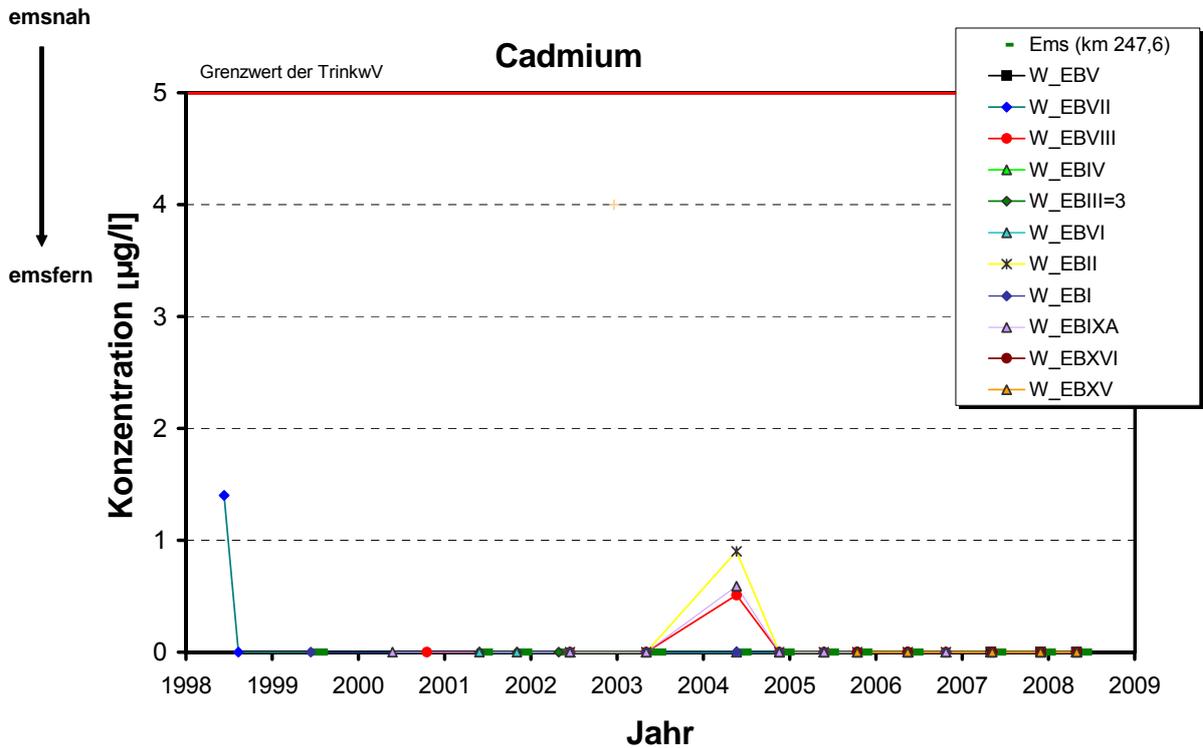


Abbildung 48: Entwicklung der Cadmiumkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

Anhang 2

Rohwasser Herbern und Wentrup - Parametergruppe II



emsnah  
↓  
emsfern

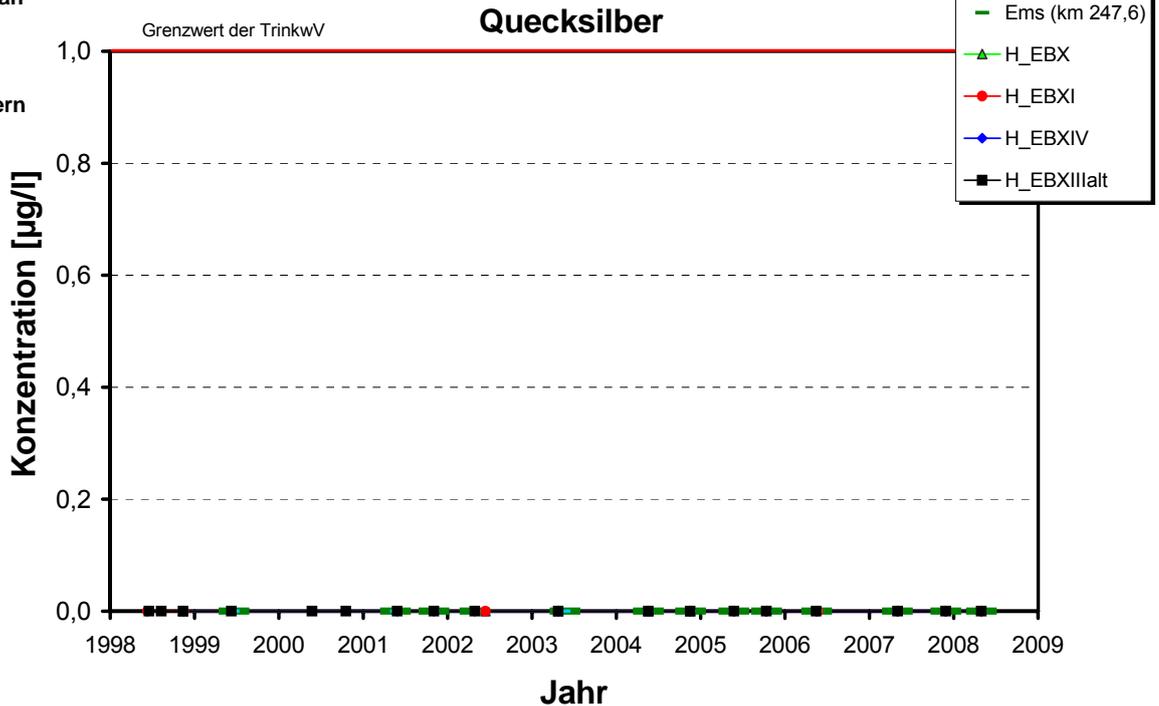


Abbildung 49: Entwicklung der Quecksilberkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

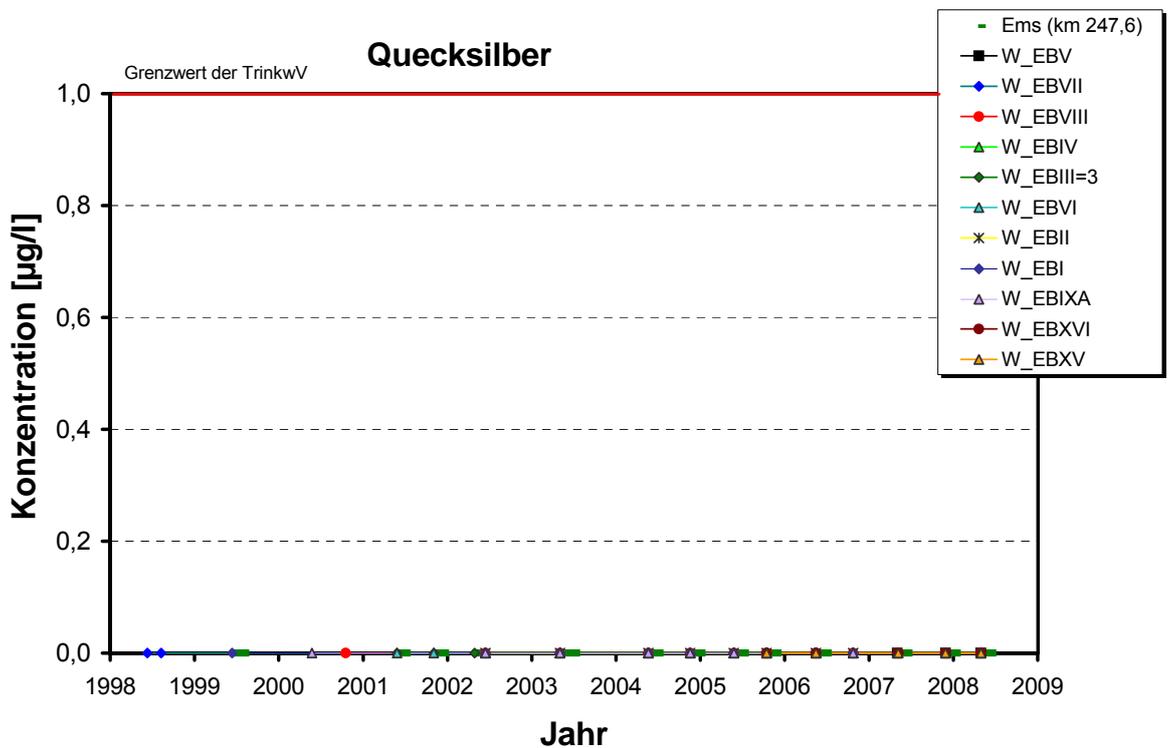


Abbildung 50: Entwicklung der Quecksilberkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

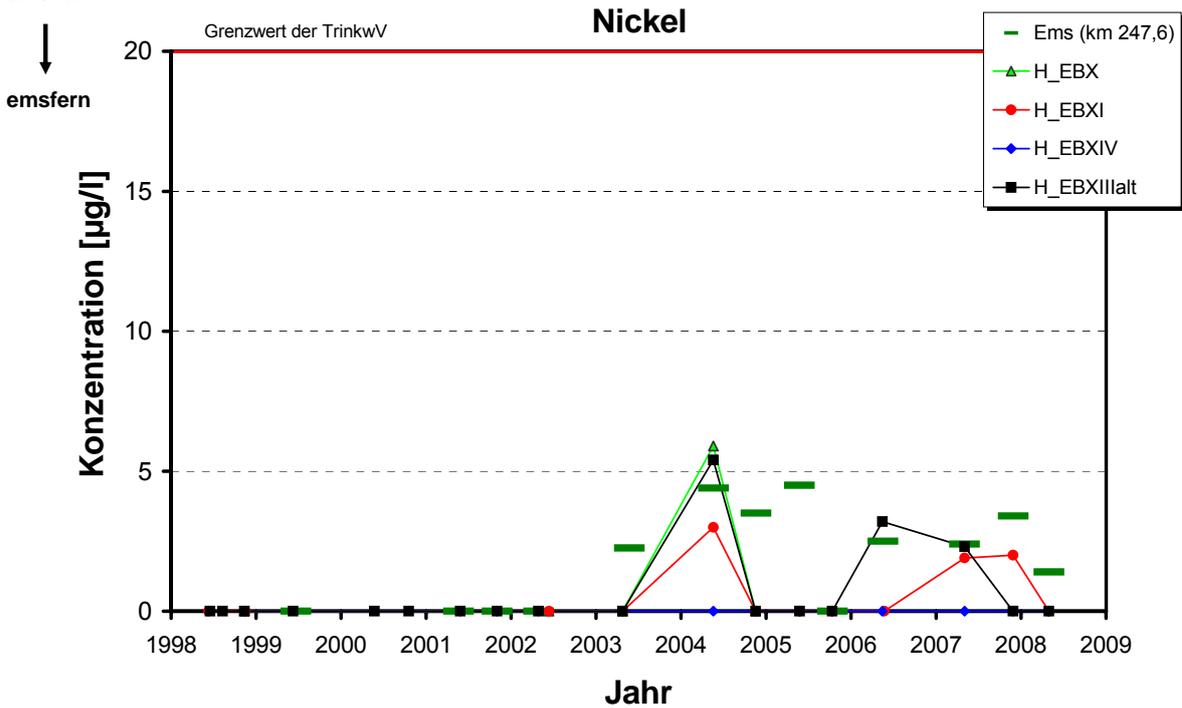


Abbildung 51: Entwicklung der Nickelkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

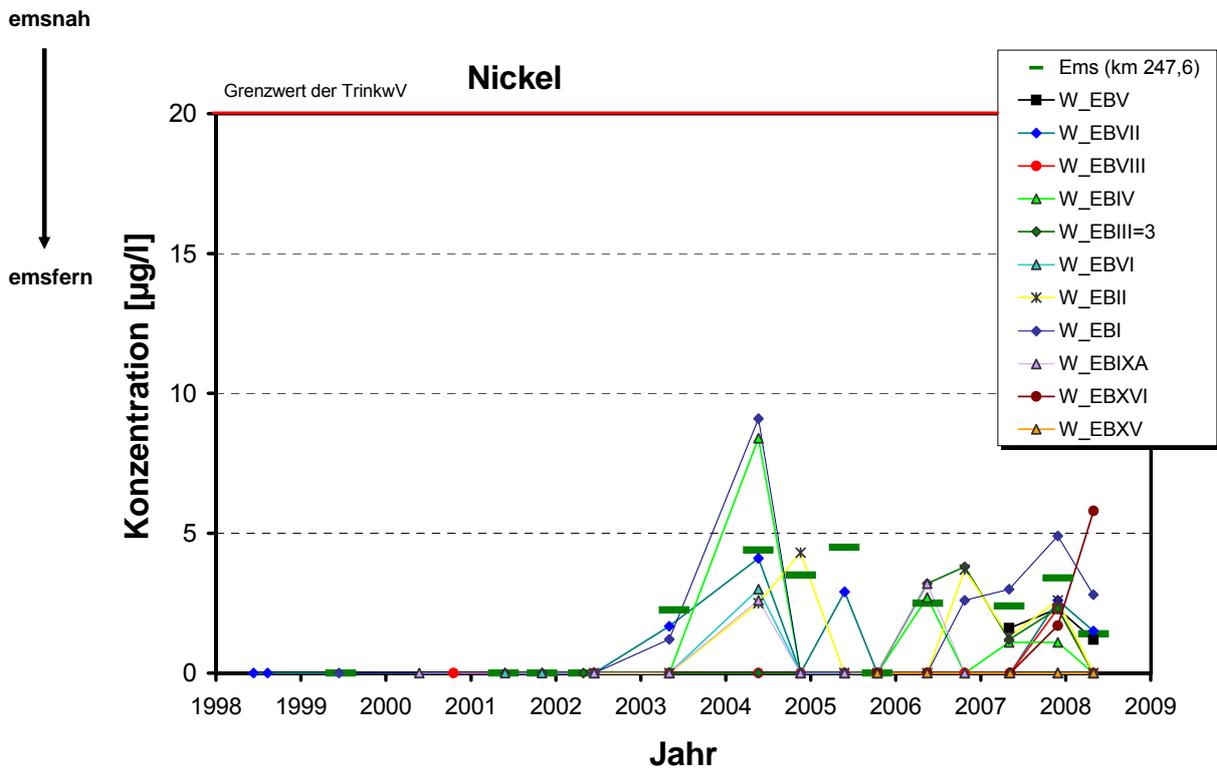


Abbildung 52: Entwicklung der Nickelkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

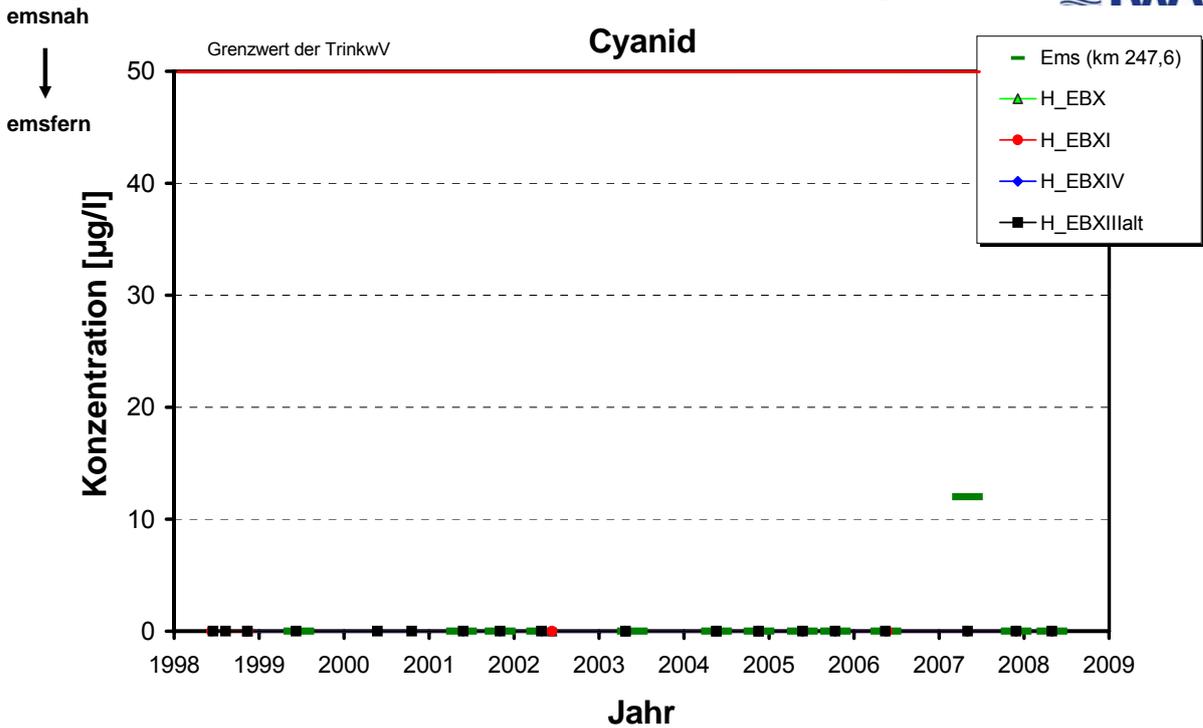


Abbildung 53: Entwicklung der Cyanidkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

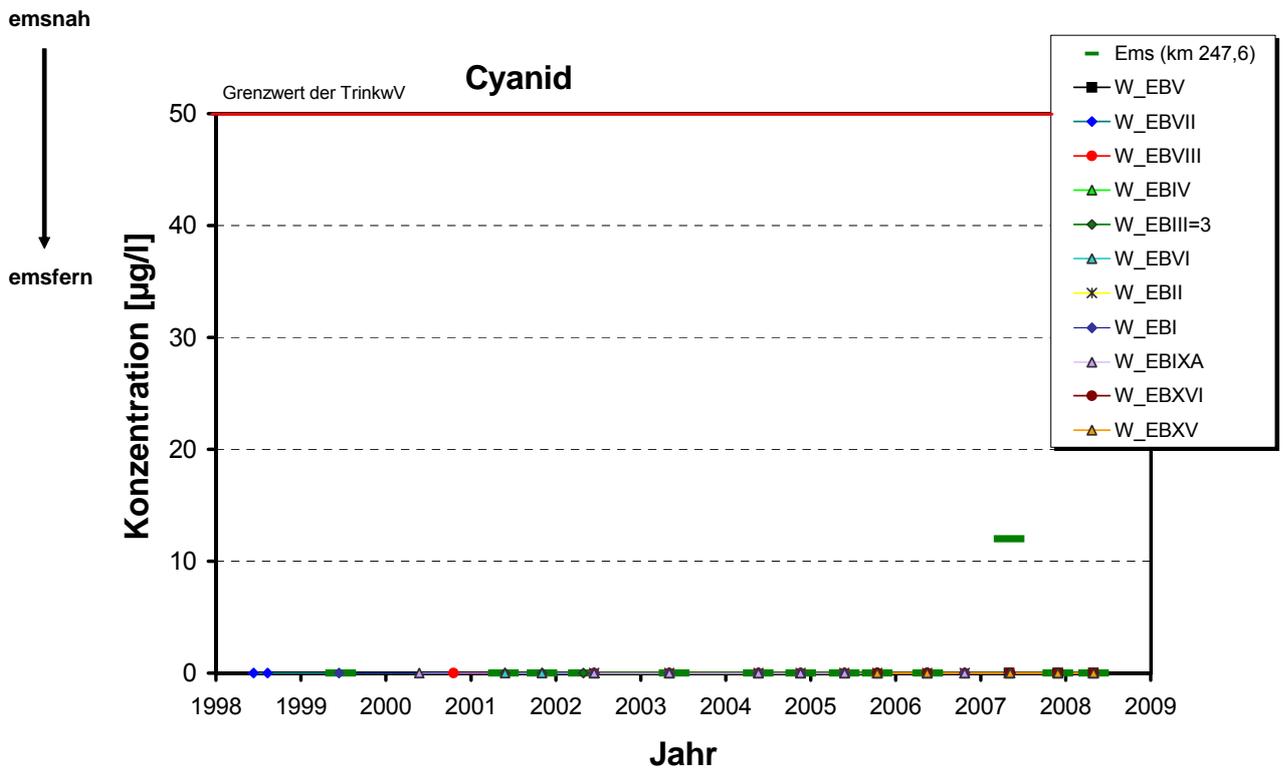


Abbildung 54: Entwicklung der Cyanidkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

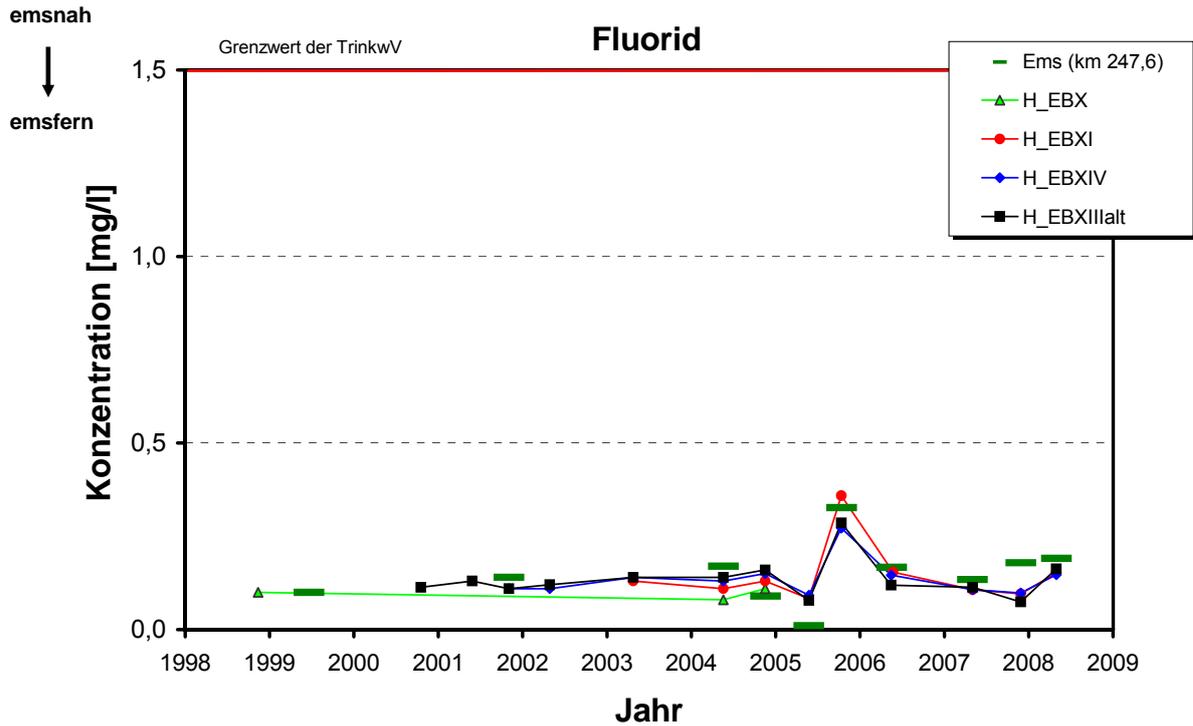


Abbildung 55: Entwicklung der Fluoridkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

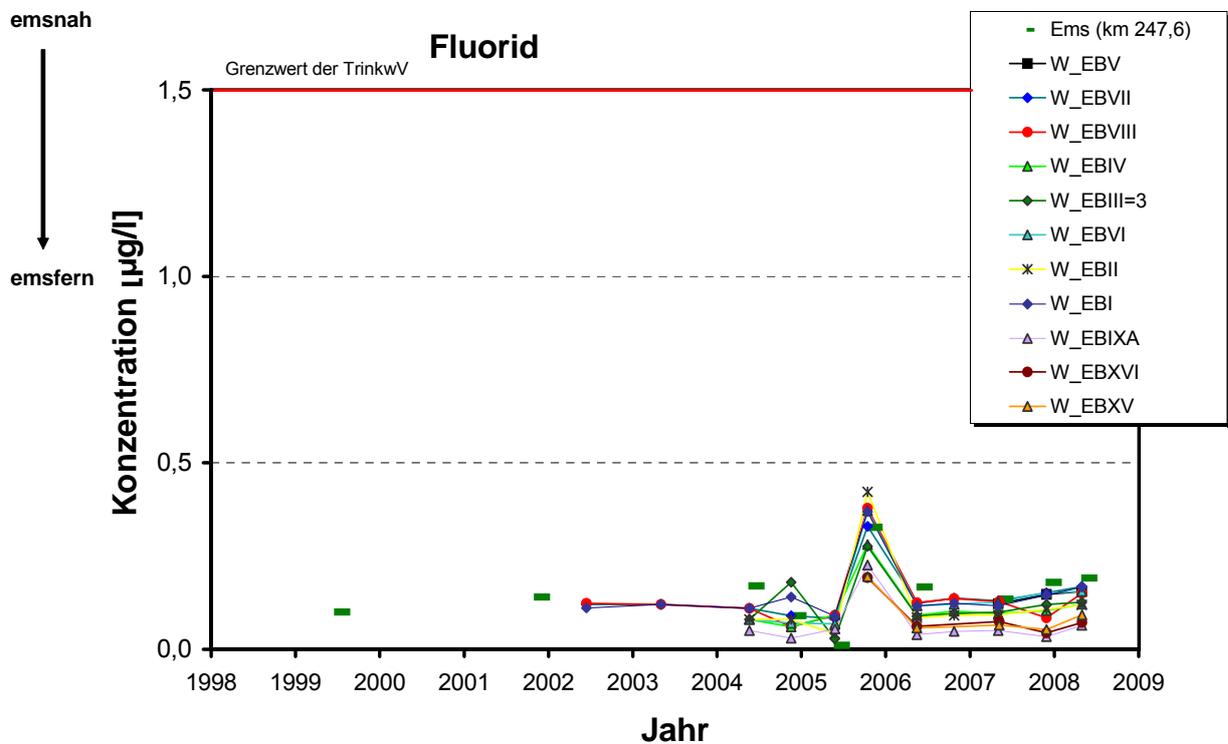


Abbildung 56: Entwicklung der Fluoridkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

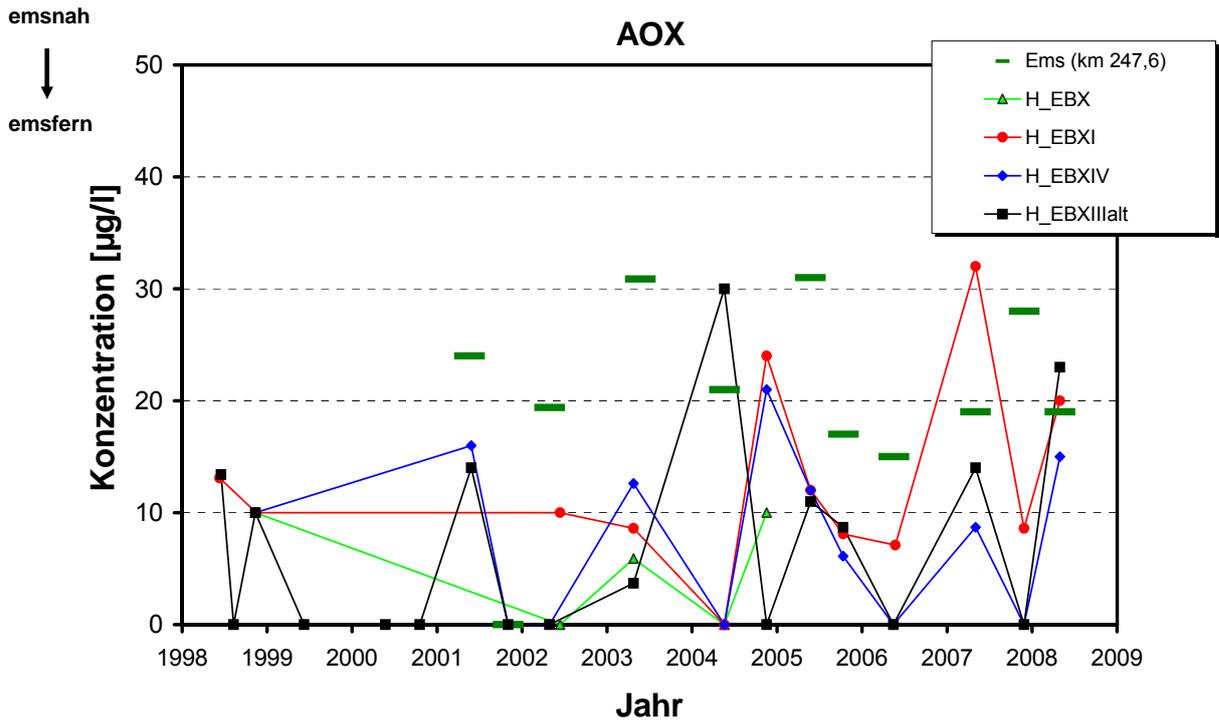


Abbildung 57: Entwicklung der AOX-Konzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

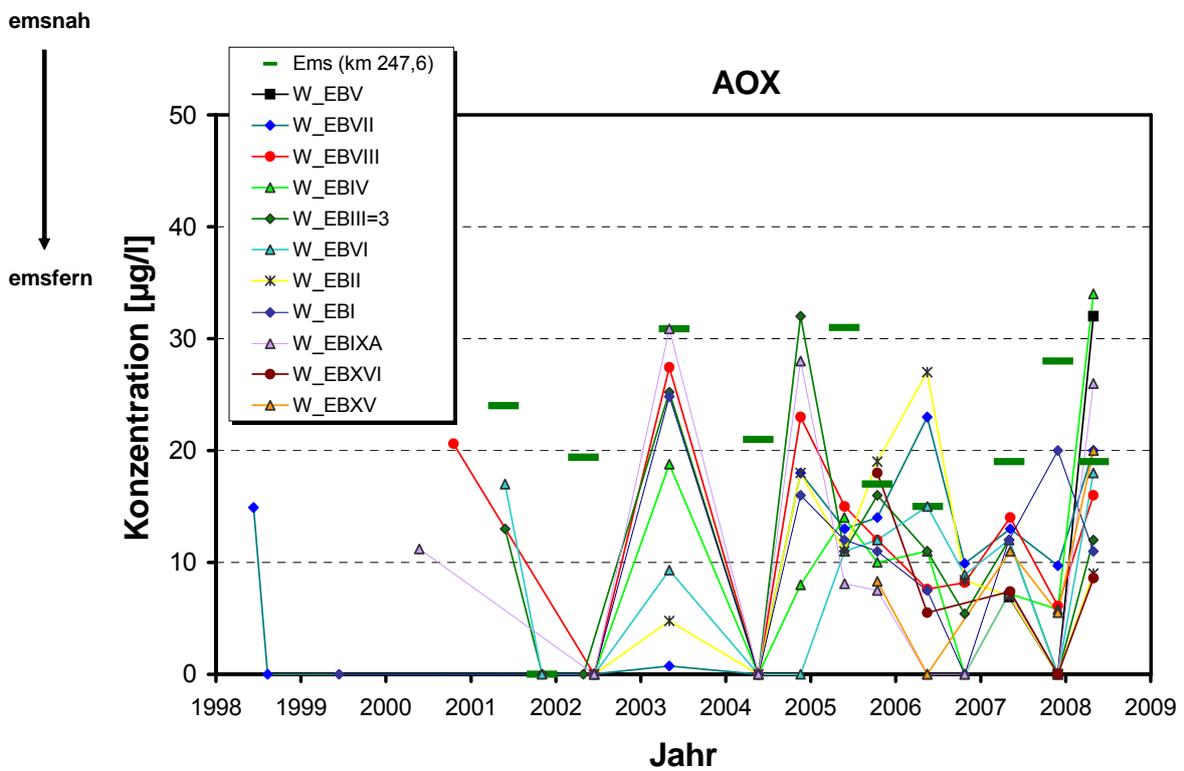


Abbildung 58: Entwicklung der AOX-Konzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

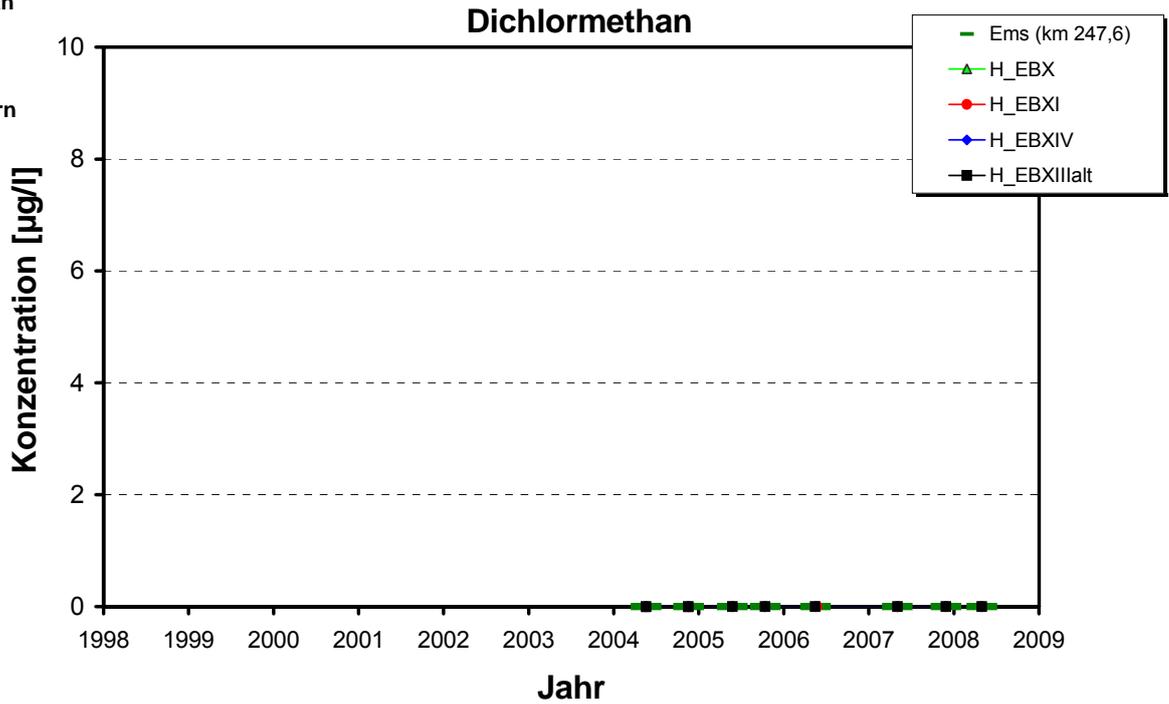


Abbildung 59: Entwicklung der Dichlormethankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

emsnah  
↓  
emsfern

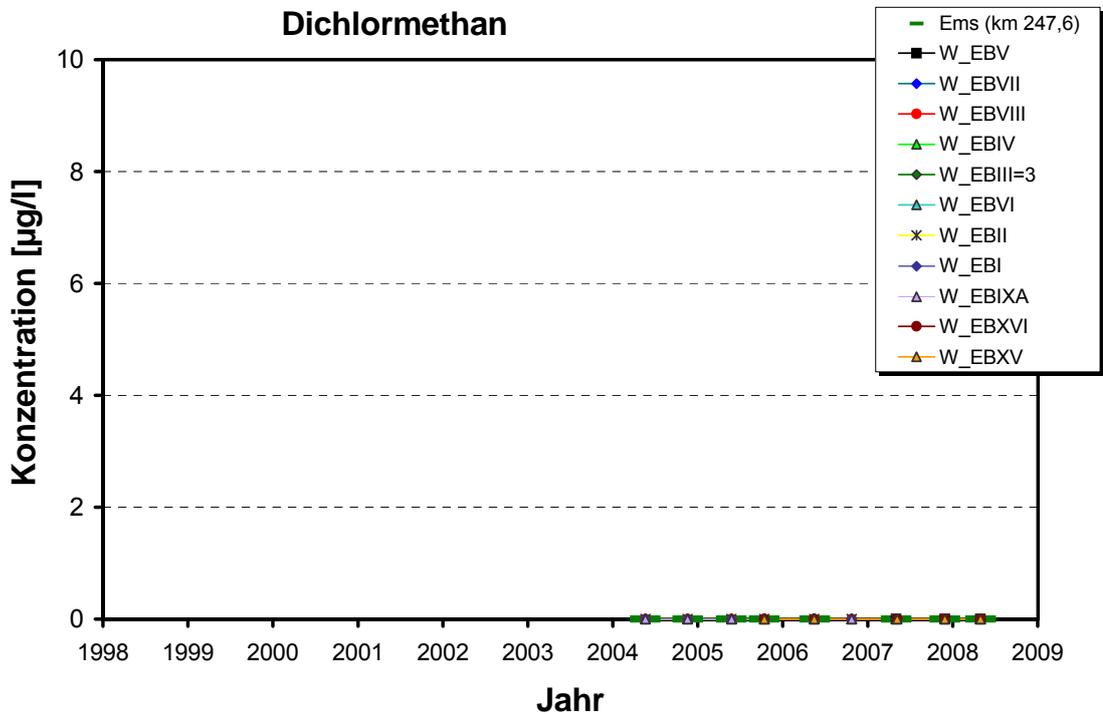


Abbildung 60: Entwicklung der Dichlormethankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

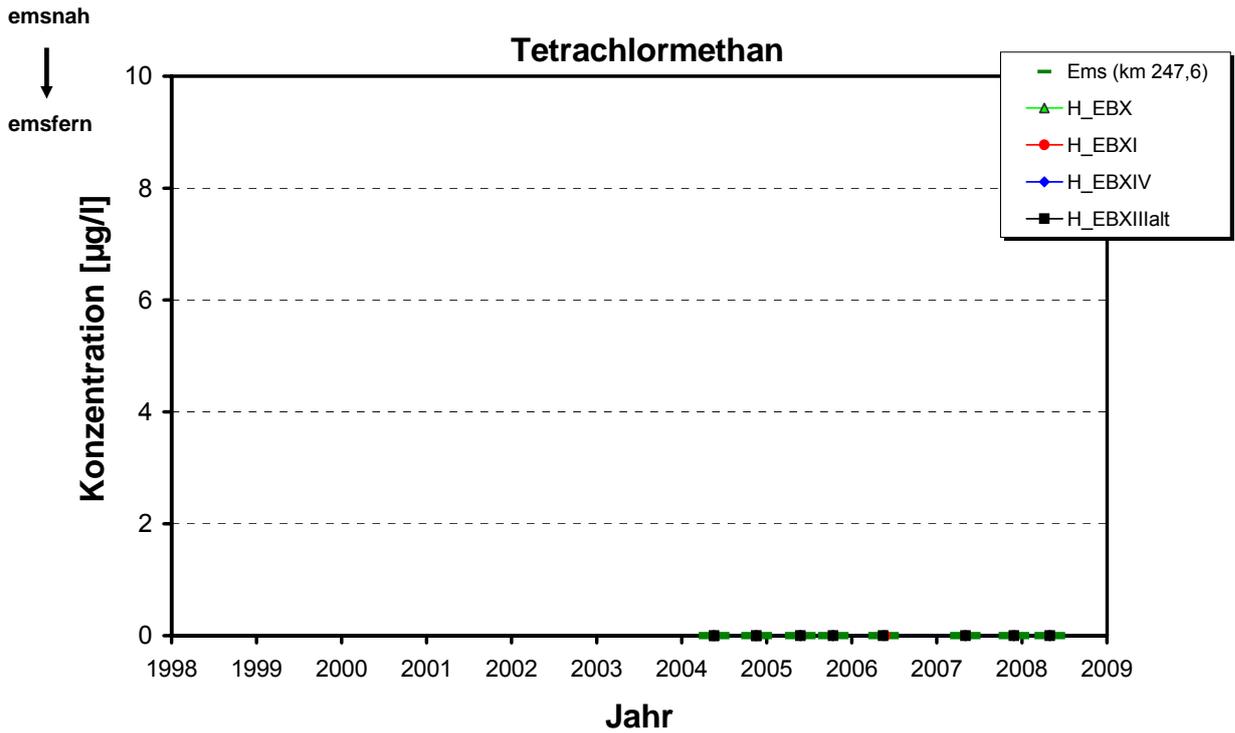


Abbildung 61: Entwicklung der Tetrachlormethankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

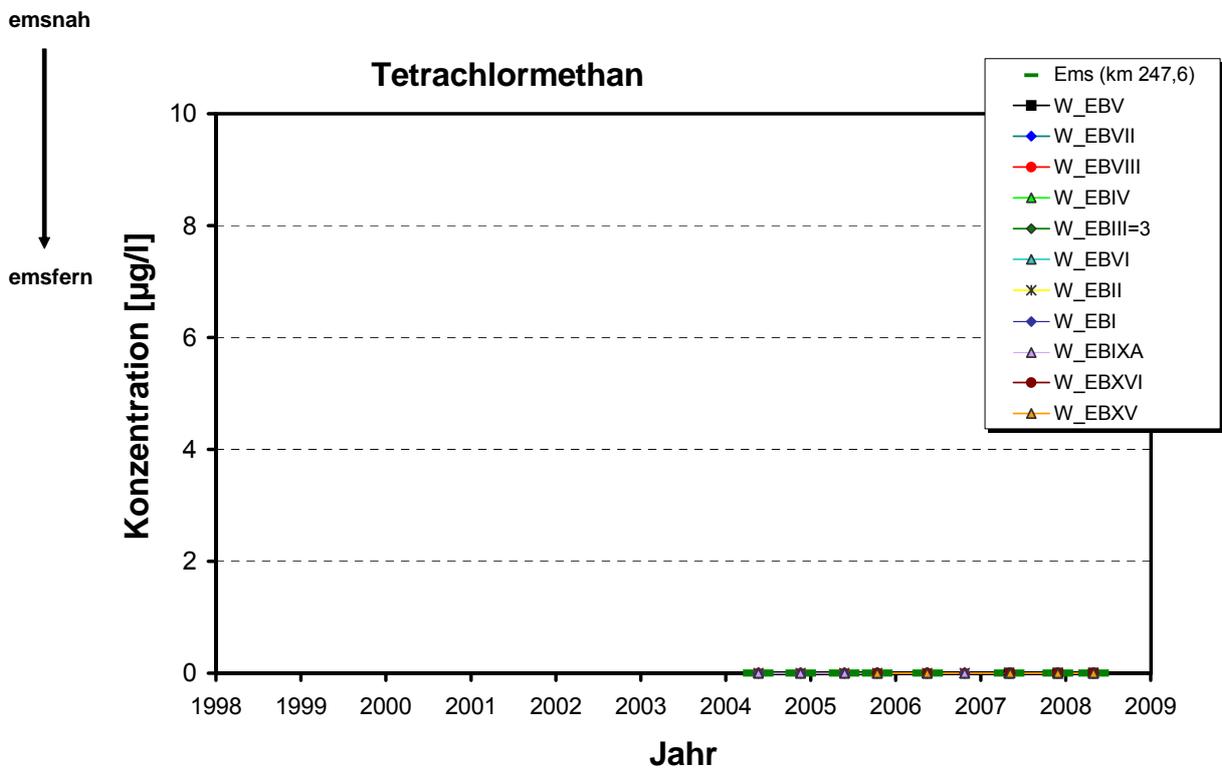


Abbildung 62: Entwicklung der Tetrachlormethankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

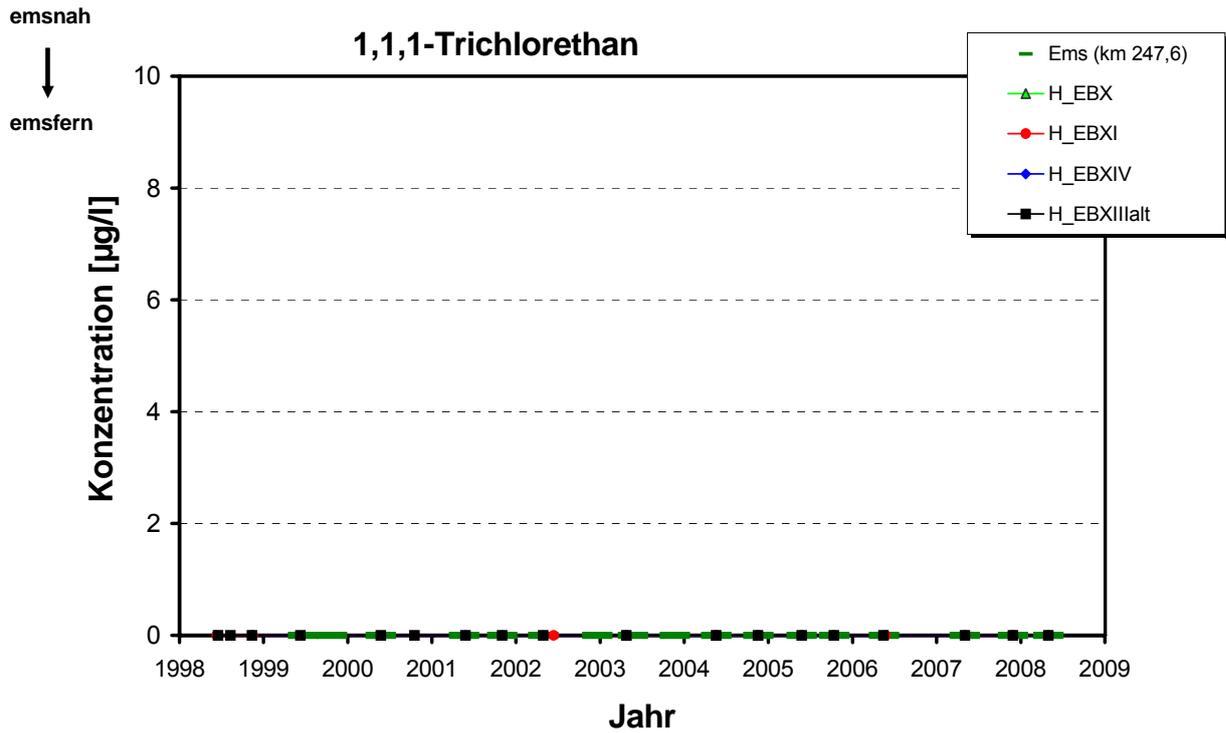


Abbildung 63: Entwicklung der 1,1,1-Trichlorethankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems **/8/ /14/**

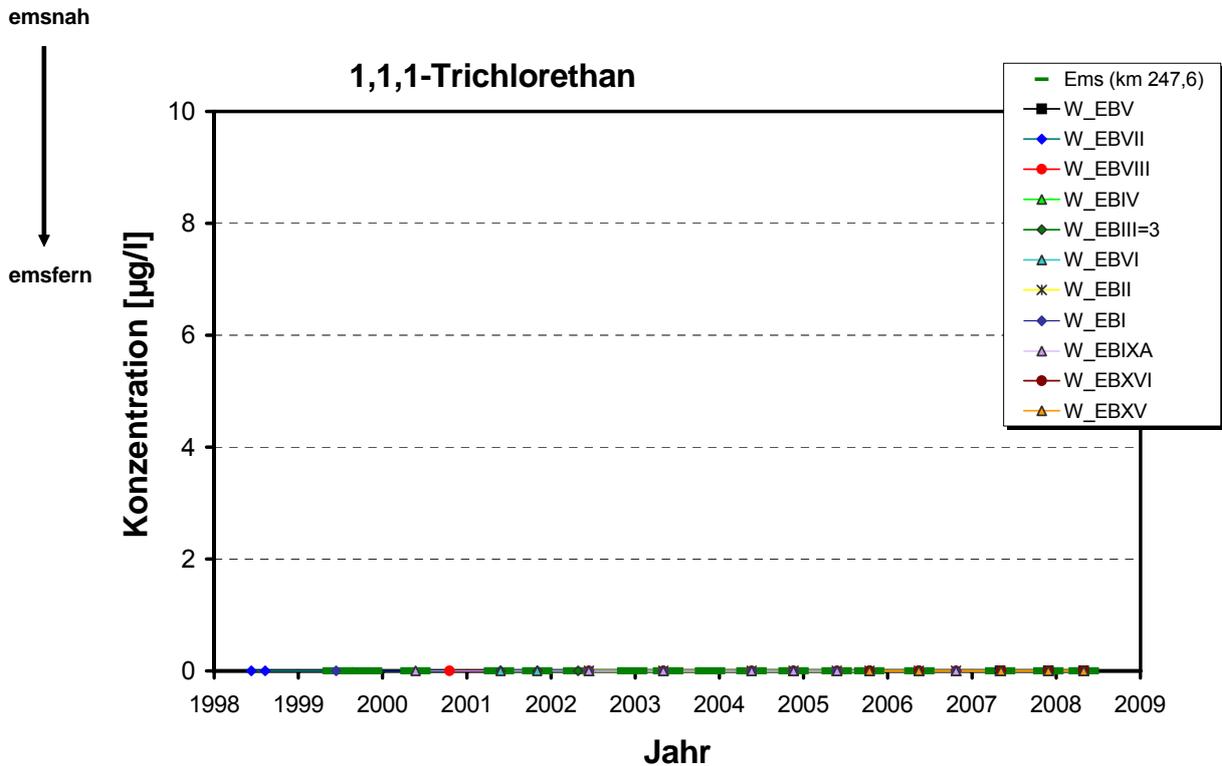


Abbildung 64: Entwicklung der 1,1,1-Trichlorethankonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems **/8/ /14/**

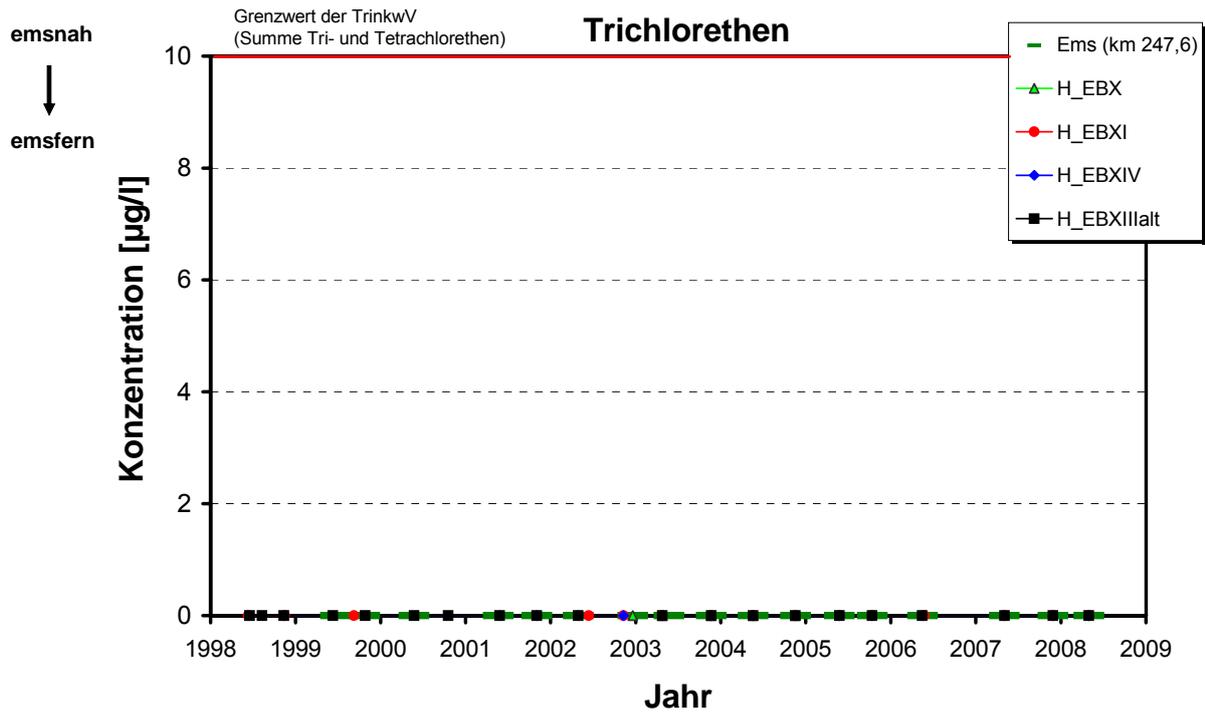


Abbildung 65: Entwicklung der Trichlorethenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

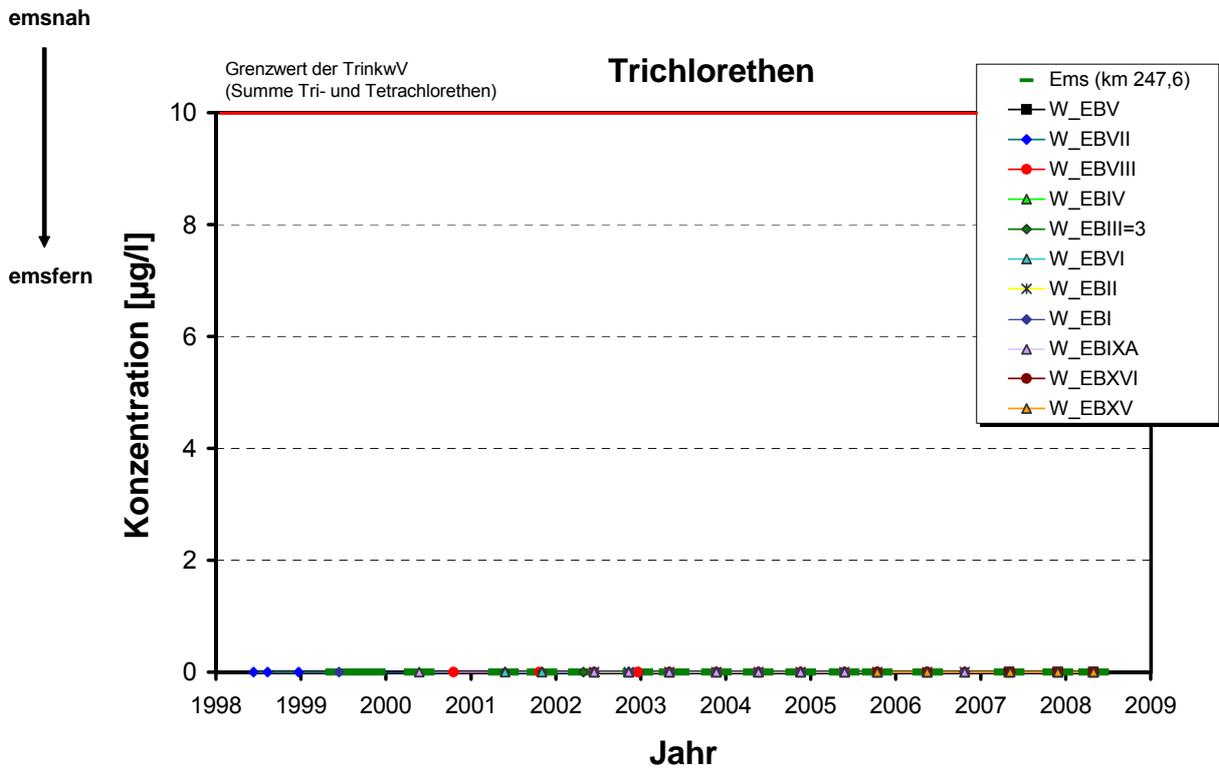


Abbildung 66: Entwicklung der Trichlorethenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

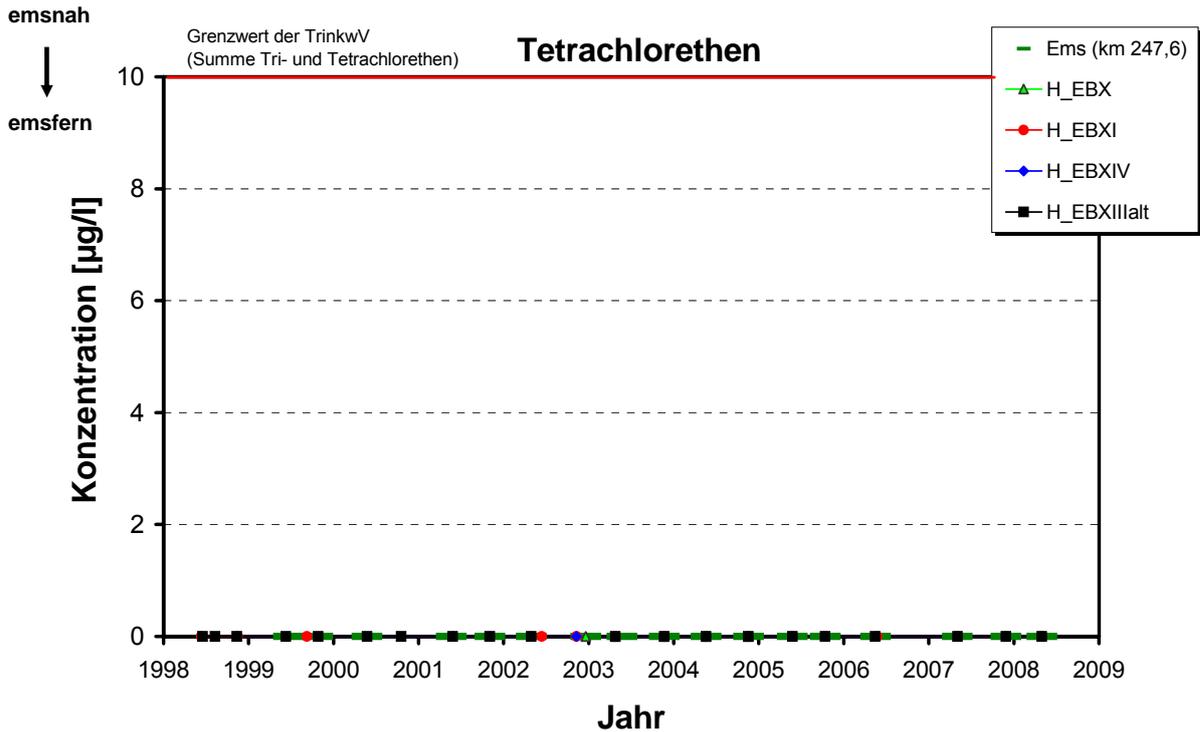


Abbildung 67: Entwicklung der Tetrachlorethenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

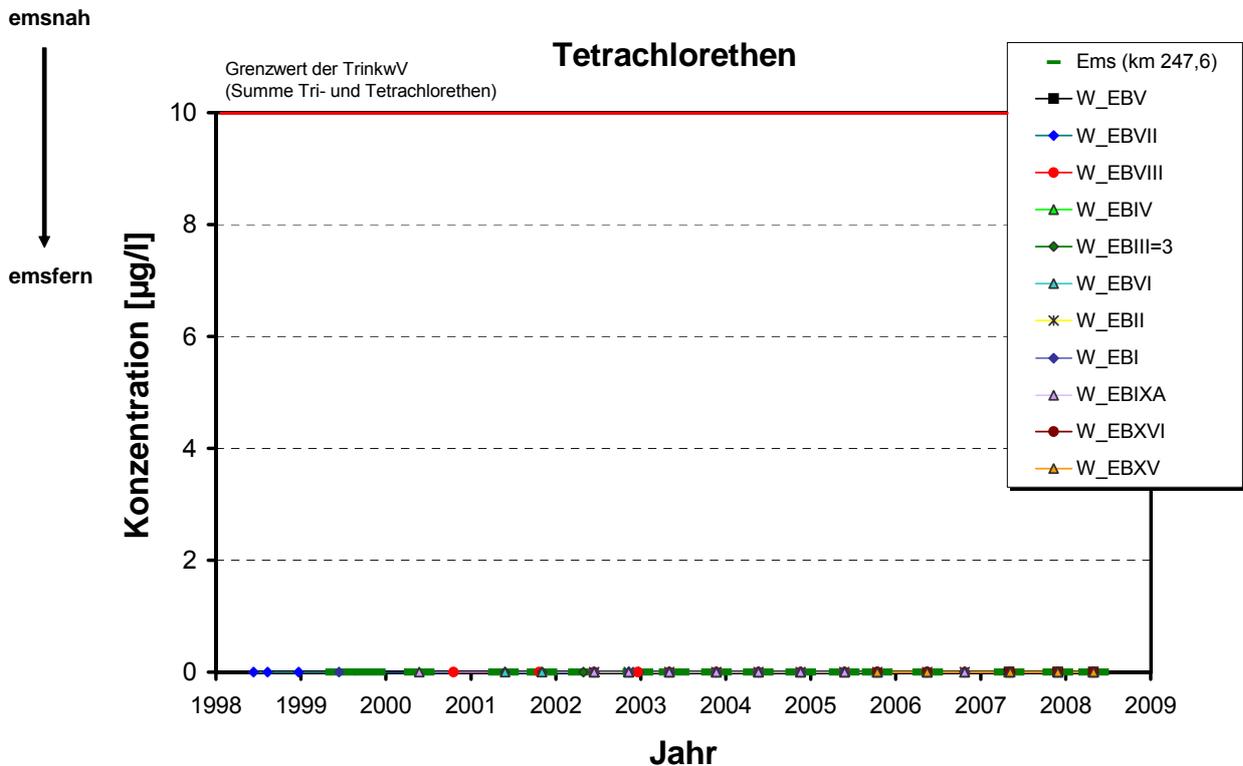


Abbildung 68: Entwicklung der Tetrachlorethenkonzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

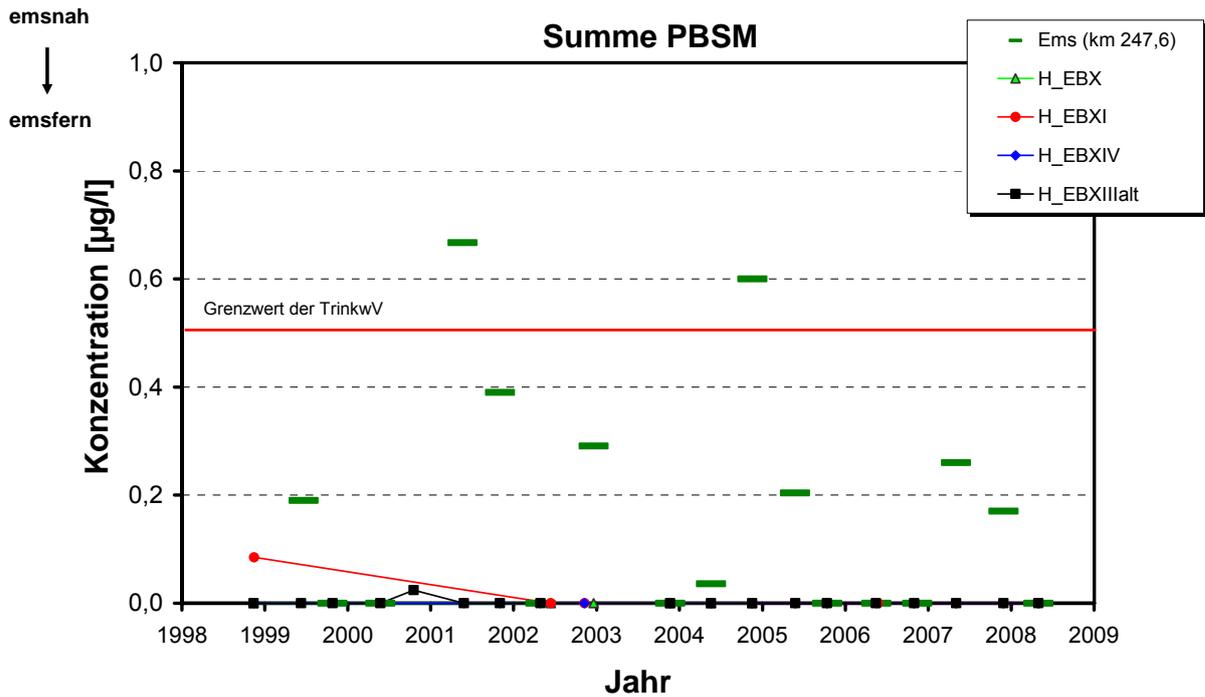


Abbildung 69: Entwicklung der Summe der PBM-Konzentration im Rohwasser der Gewinnung Herbern im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

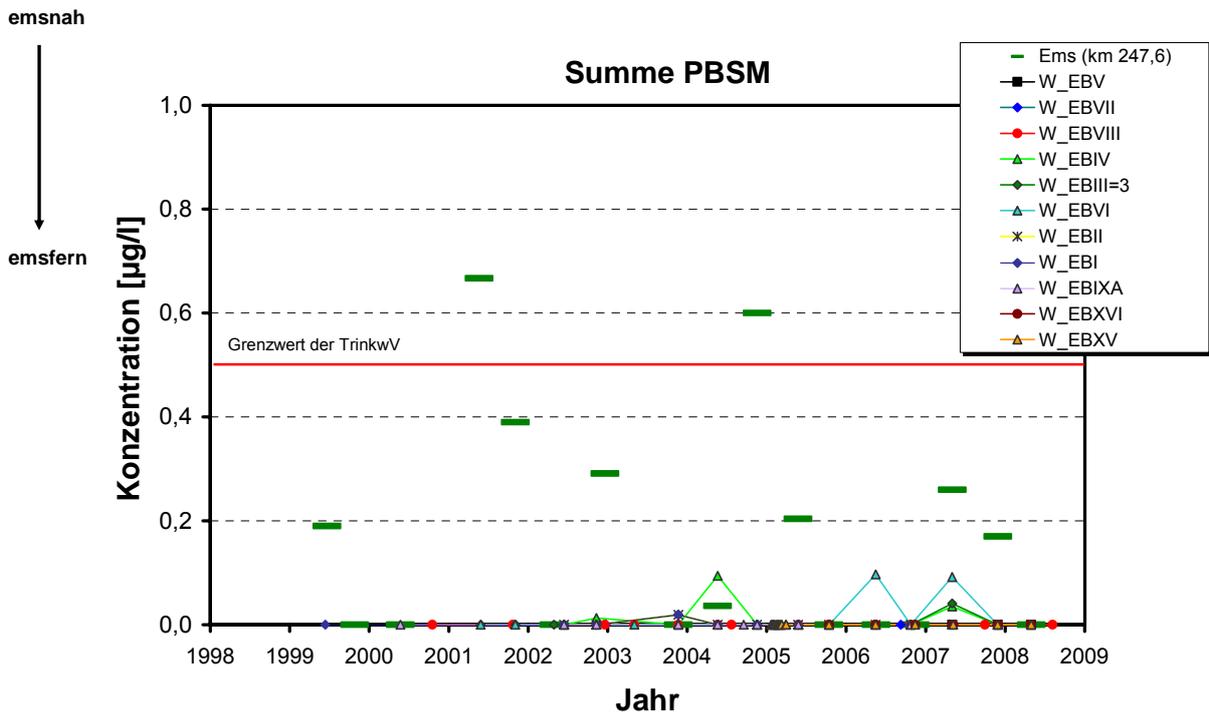


Abbildung 70: Entwicklung der Summe der PBM-Konzentration im Rohwasser der Gewinnung Wentrup im Vergleich zum Wasser der Ems /8/ /14/

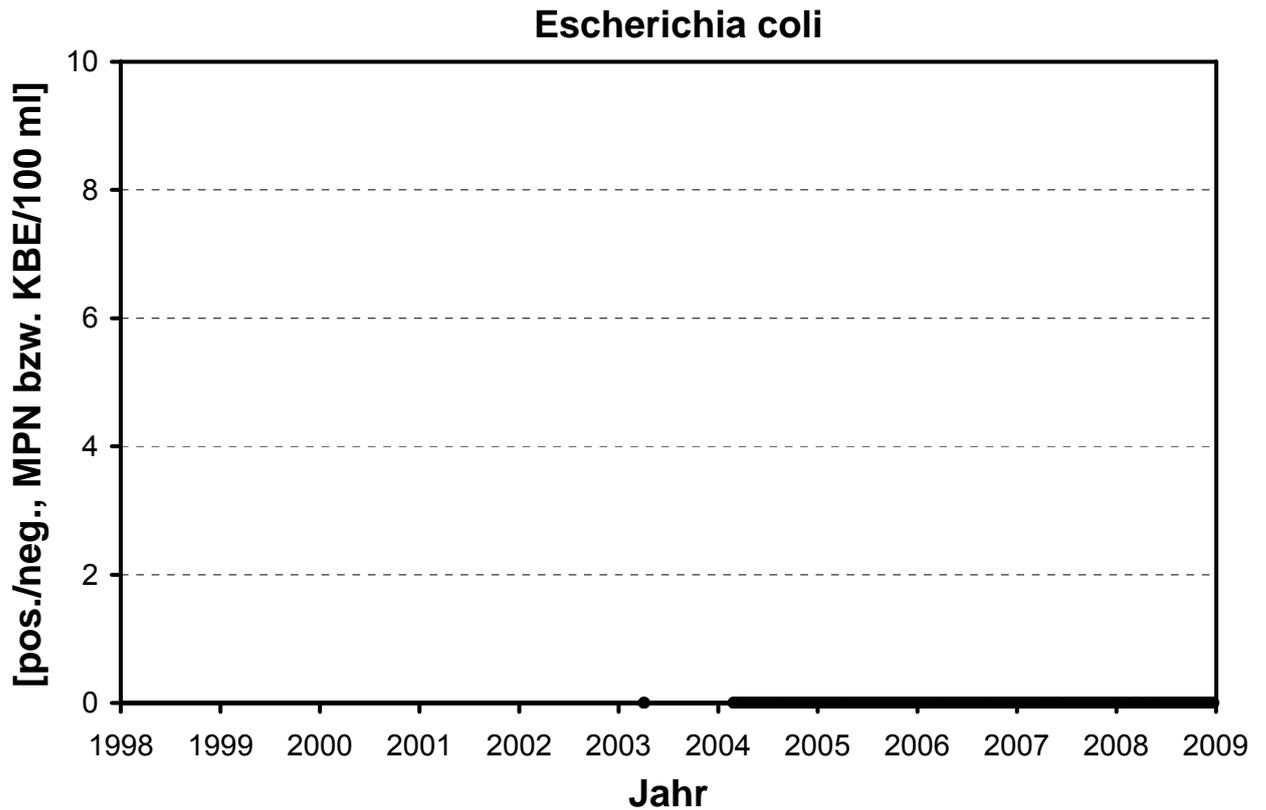


Abbildung 1: Escherichia coli im Trinkwasser

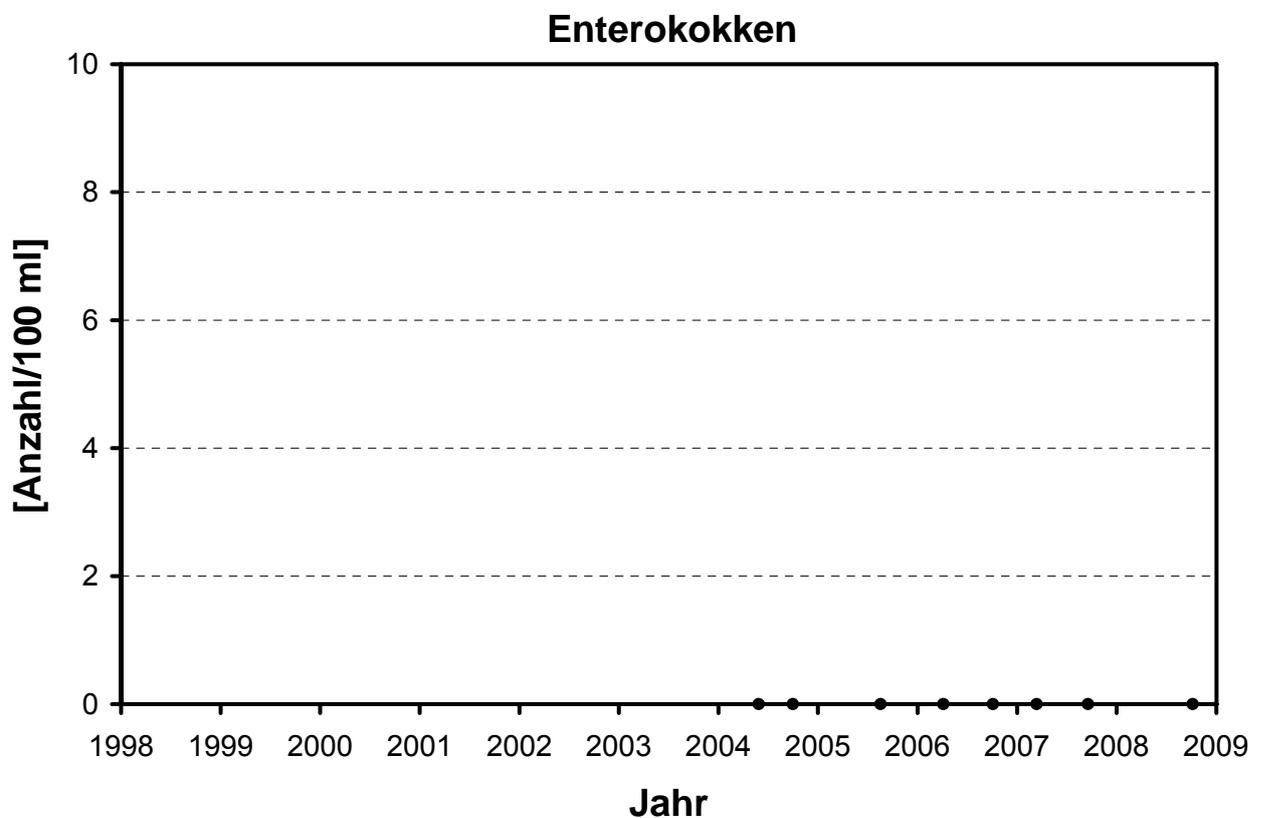


Abbildung 2: Enterokokken im Trinkwasser

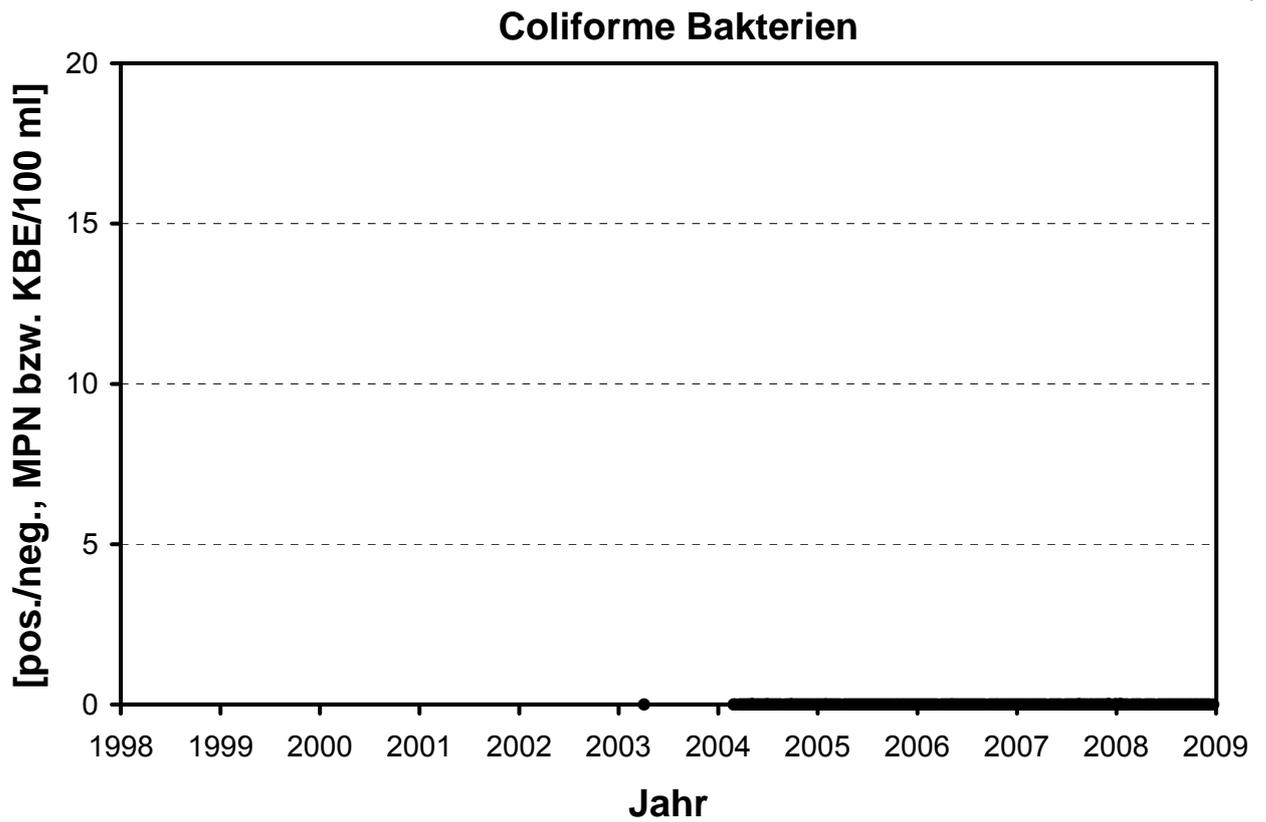


Abbildung 3: Coliforme Bakterien im Trinkwasser

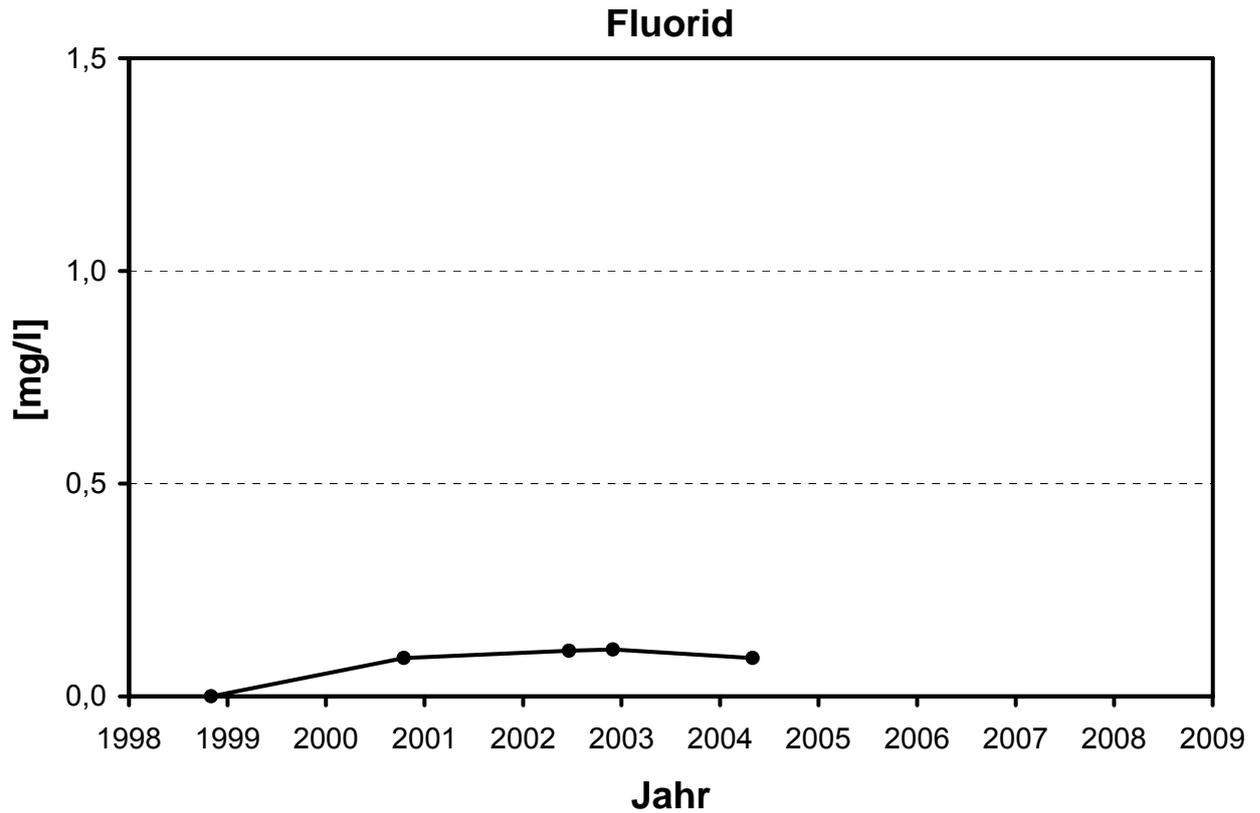


Abbildung 4: Entwicklung der Fluoridkonzentration im Trinkwasser

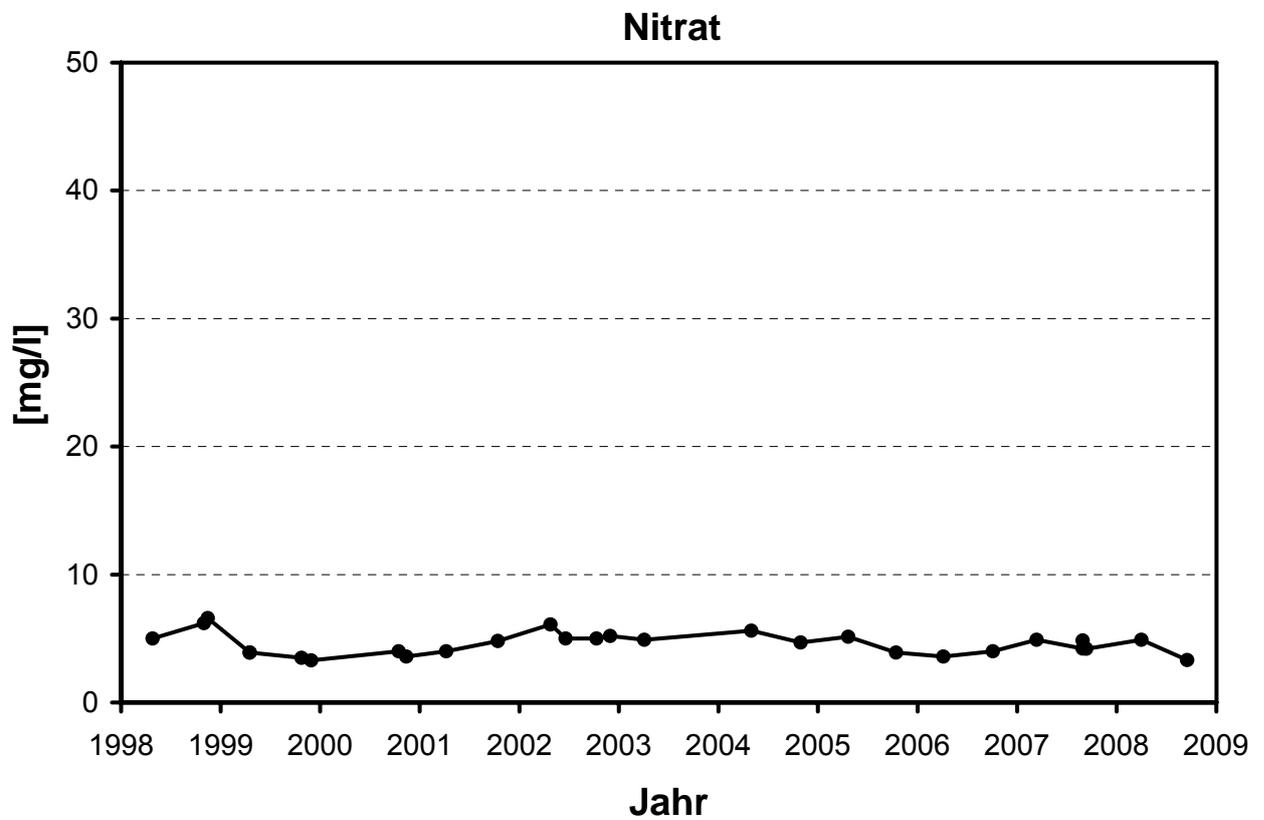


Abbildung 5: Entwicklung der Nitratkonzentration im Trinkwasser

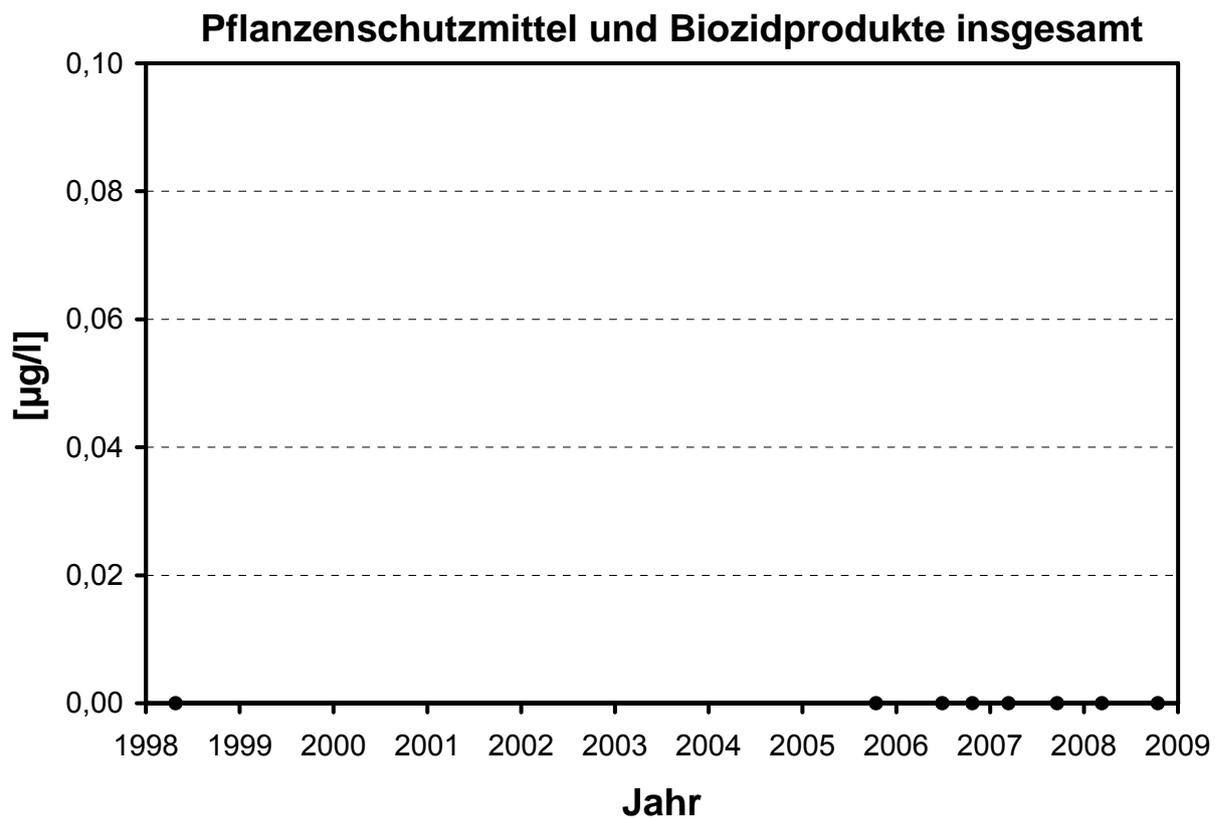


Abbildung 6: Entwicklung der PFSM-Konzentrationen im Trinkwasser

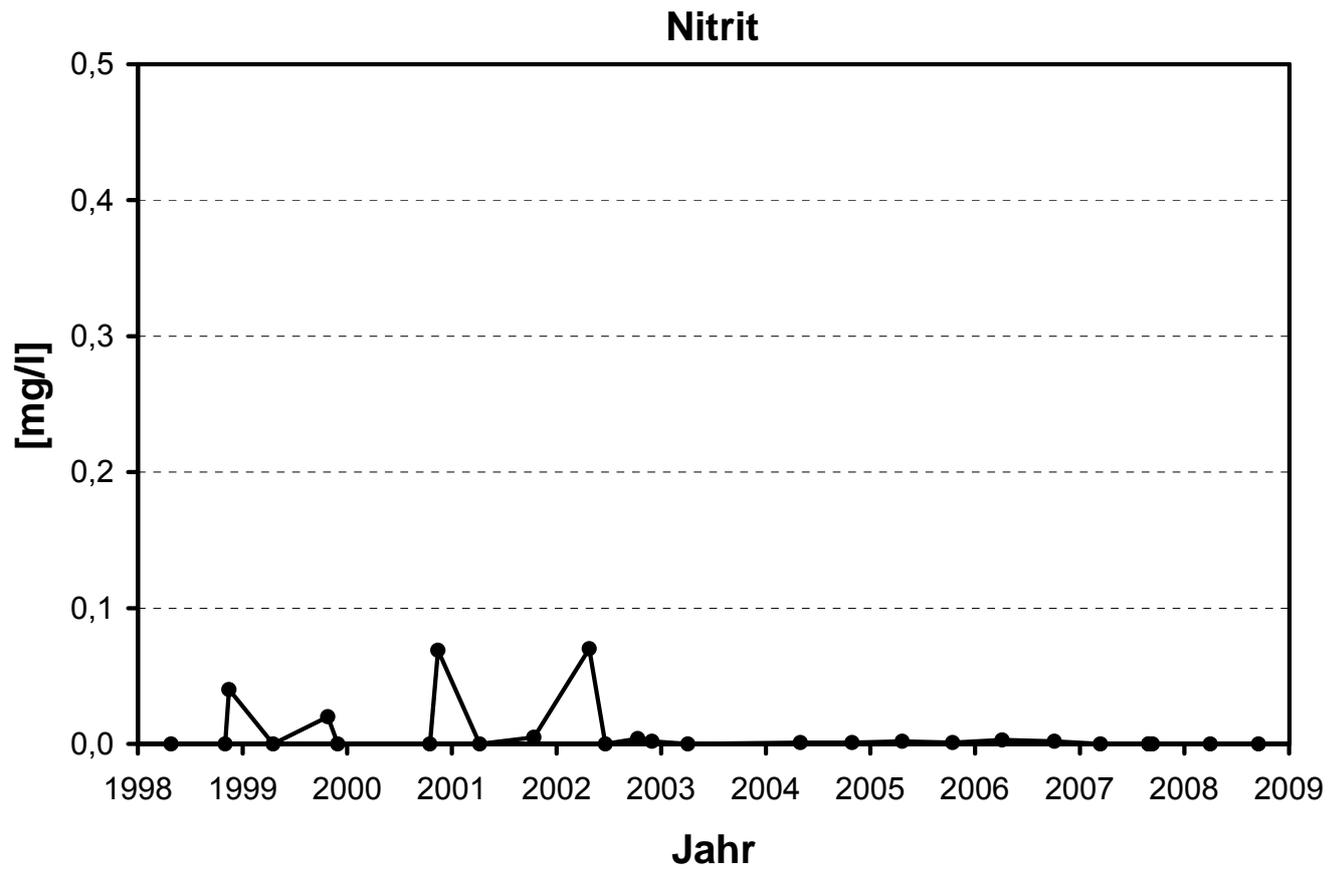


Abbildung 7: Entwicklung der Nitritkonzentration im Trinkwasser

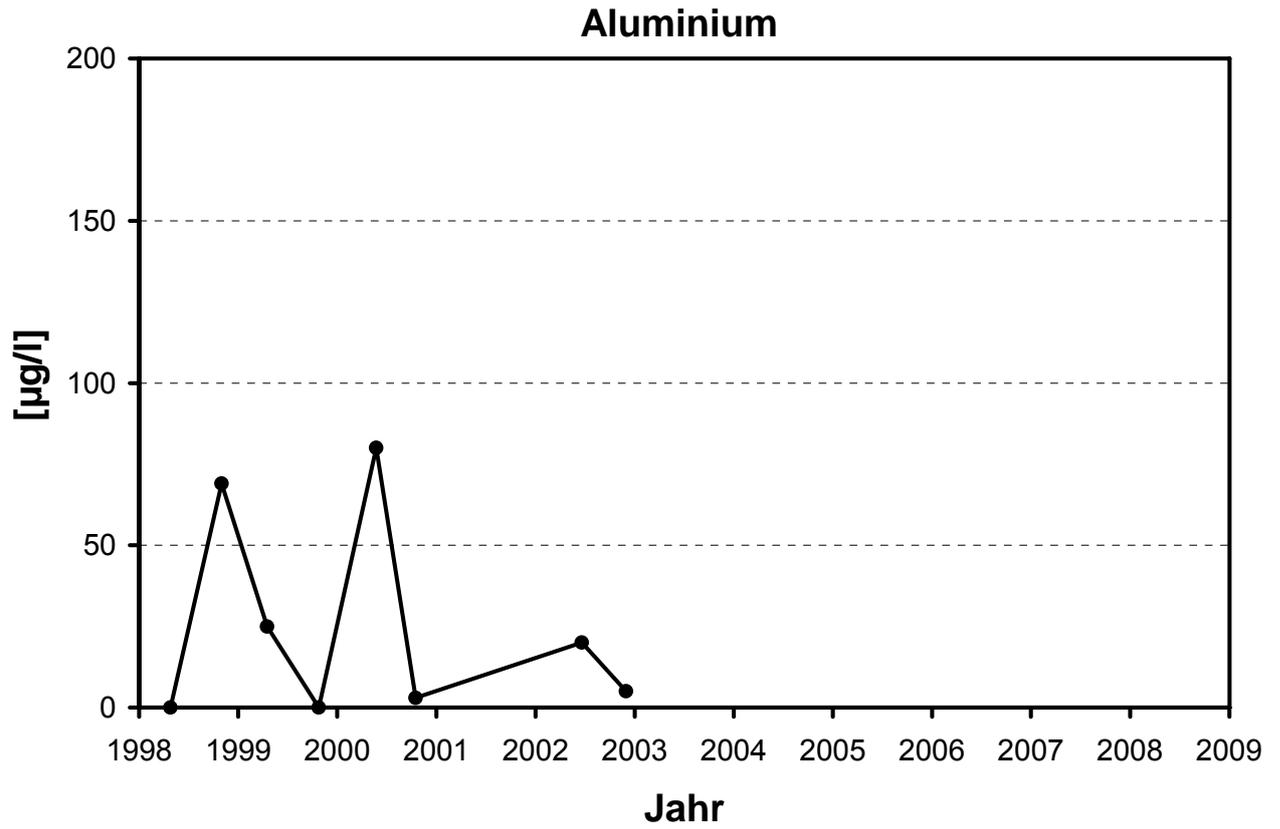


Abbildung 8: Entwicklung der Aluminiumkonzentration im Trinkwasser

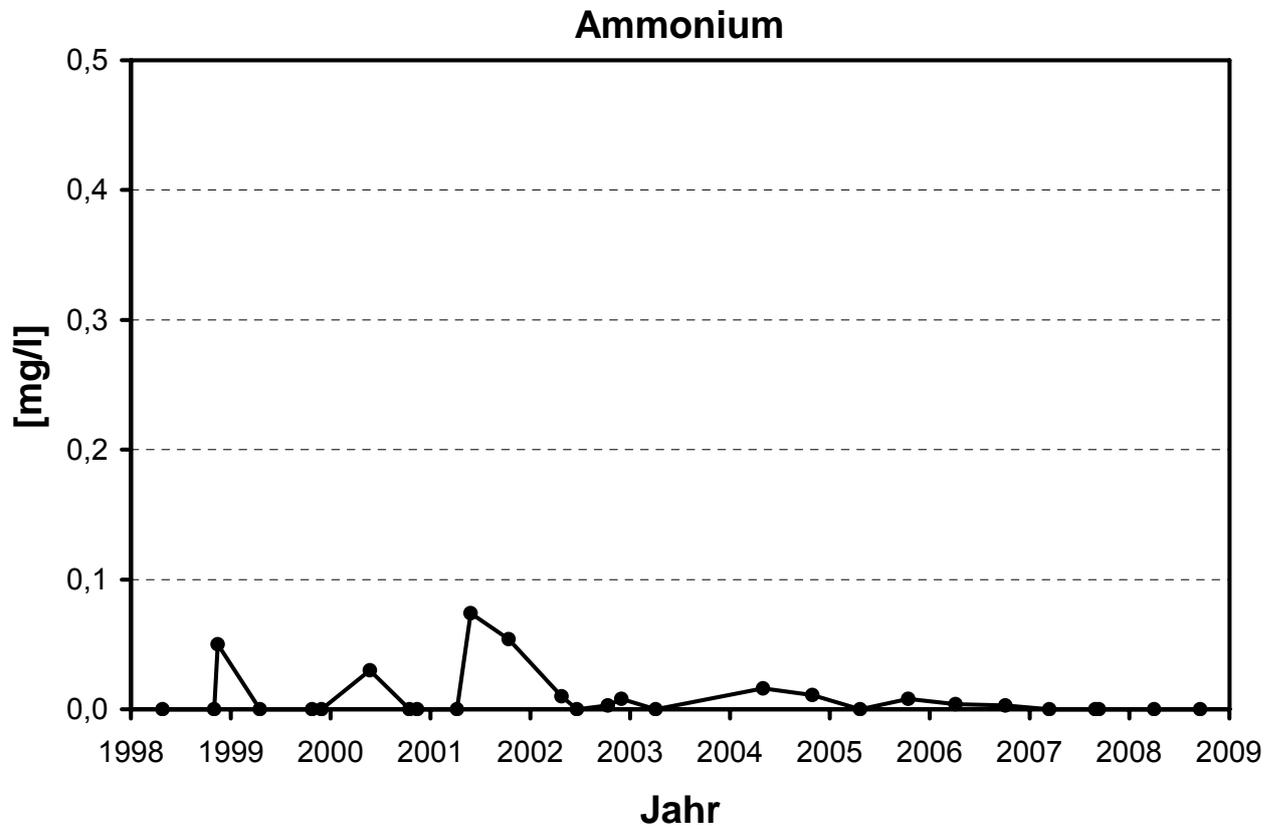


Abbildung 9: Entwicklung der Ammoniumkonzentration im Trinkwasser

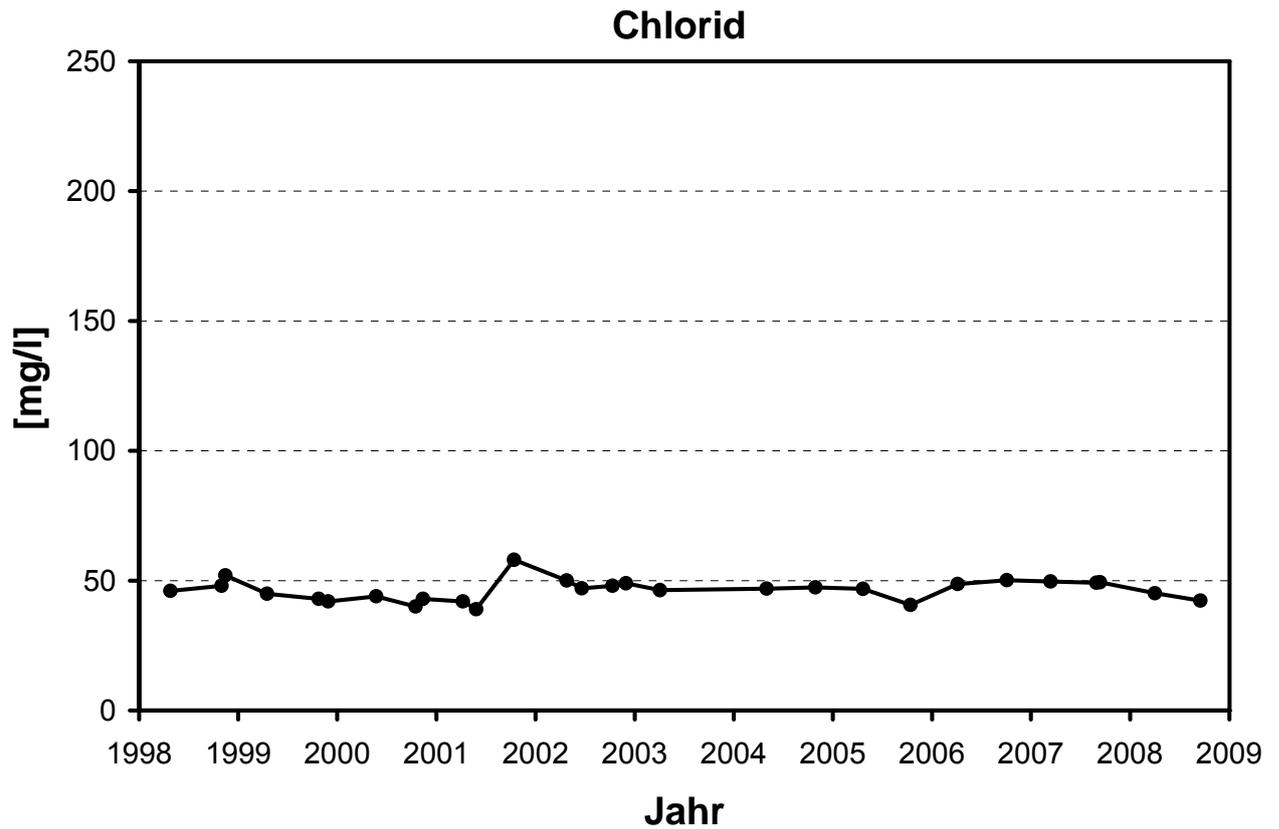


Abbildung 10: Entwicklung der Chloridkonzentration im Trinkwasser

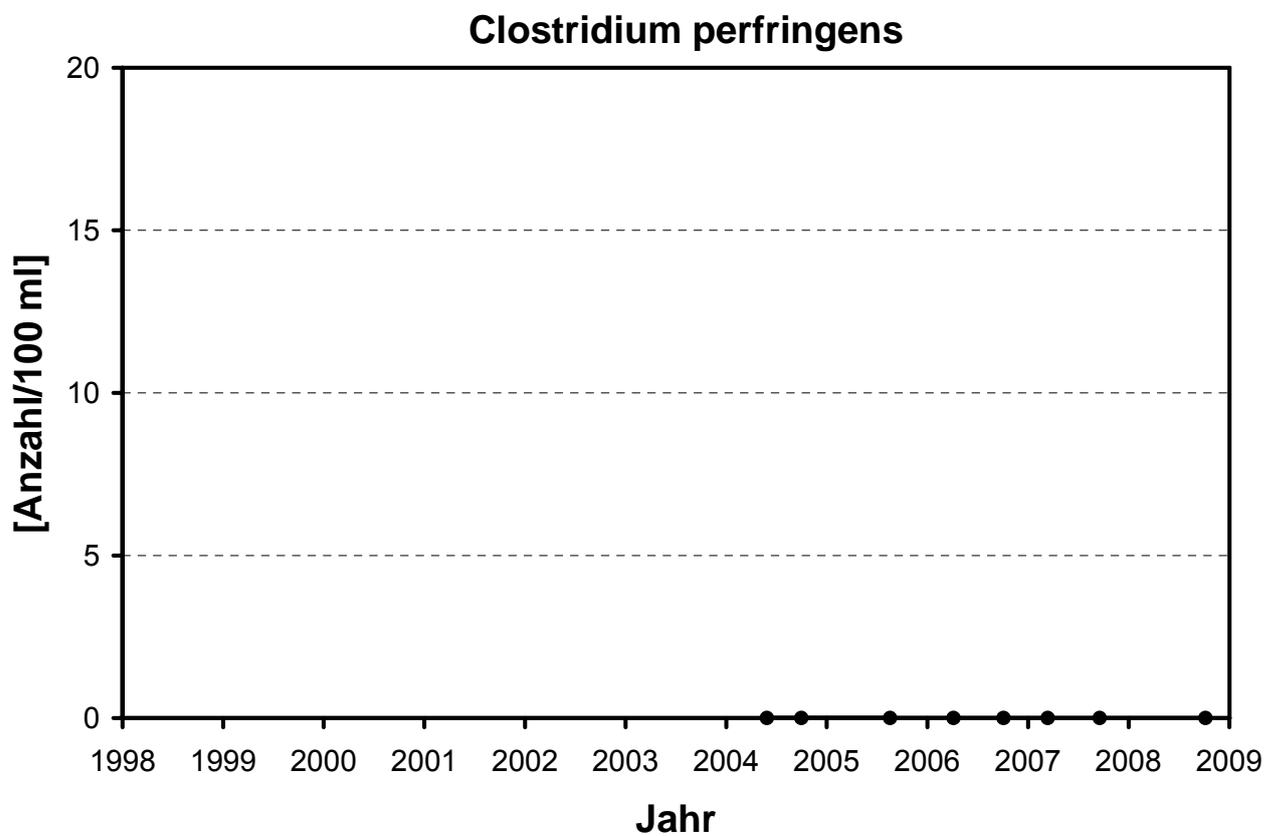


Abbildung 11: Entwicklung von Clostridium perfringens im Trinkwasser

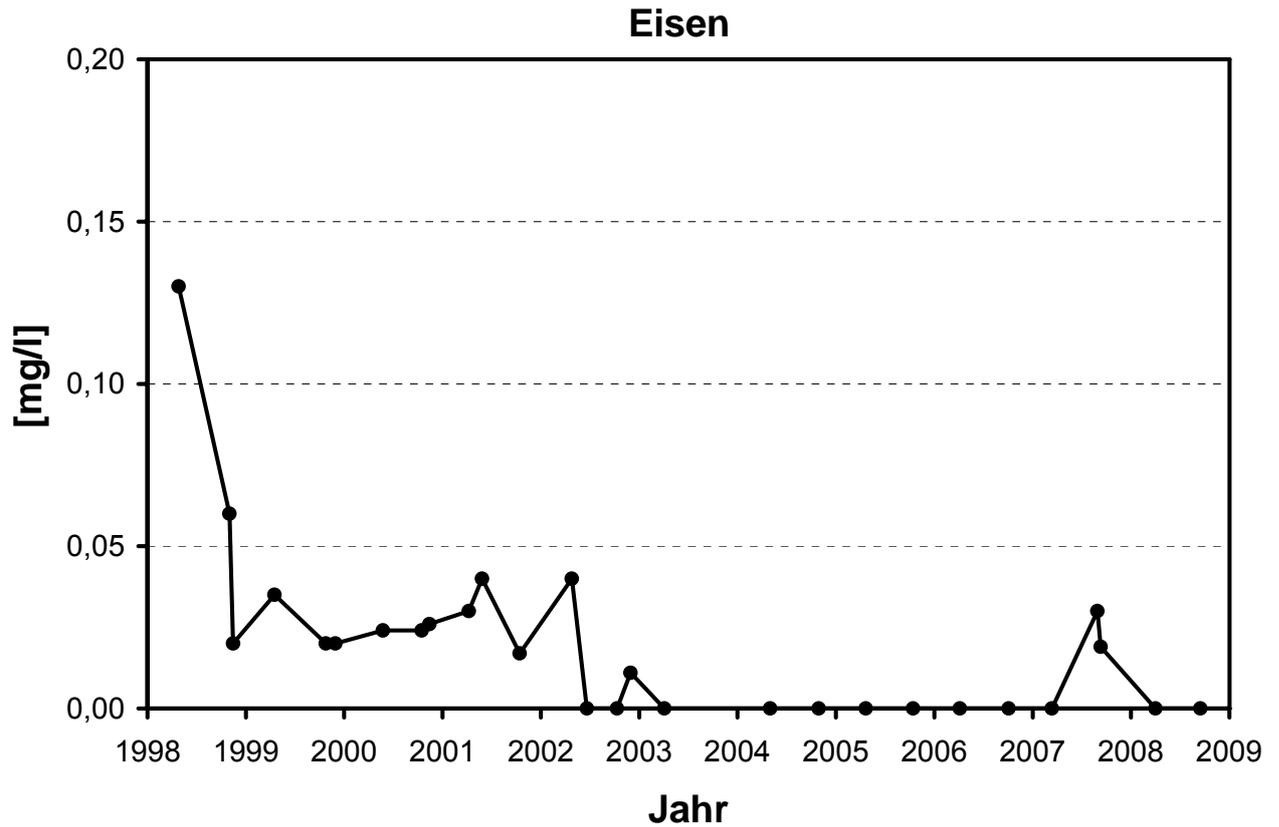


Abbildung 12: Entwicklung der Eisenkonzentration im Trinkwasser

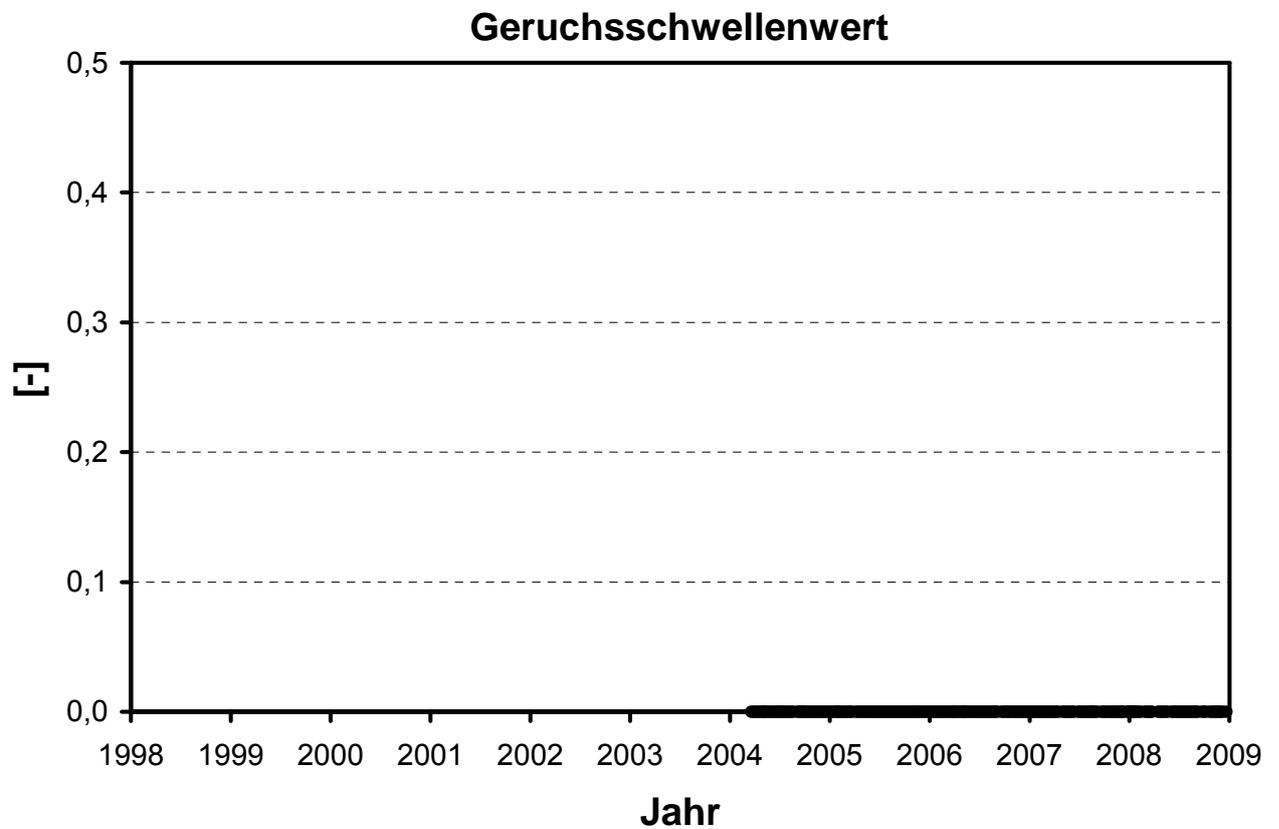


Abbildung 13: Entwicklung des Geruchsschwellenwertes im Trinkwasser

### Koloniezahl 22° C

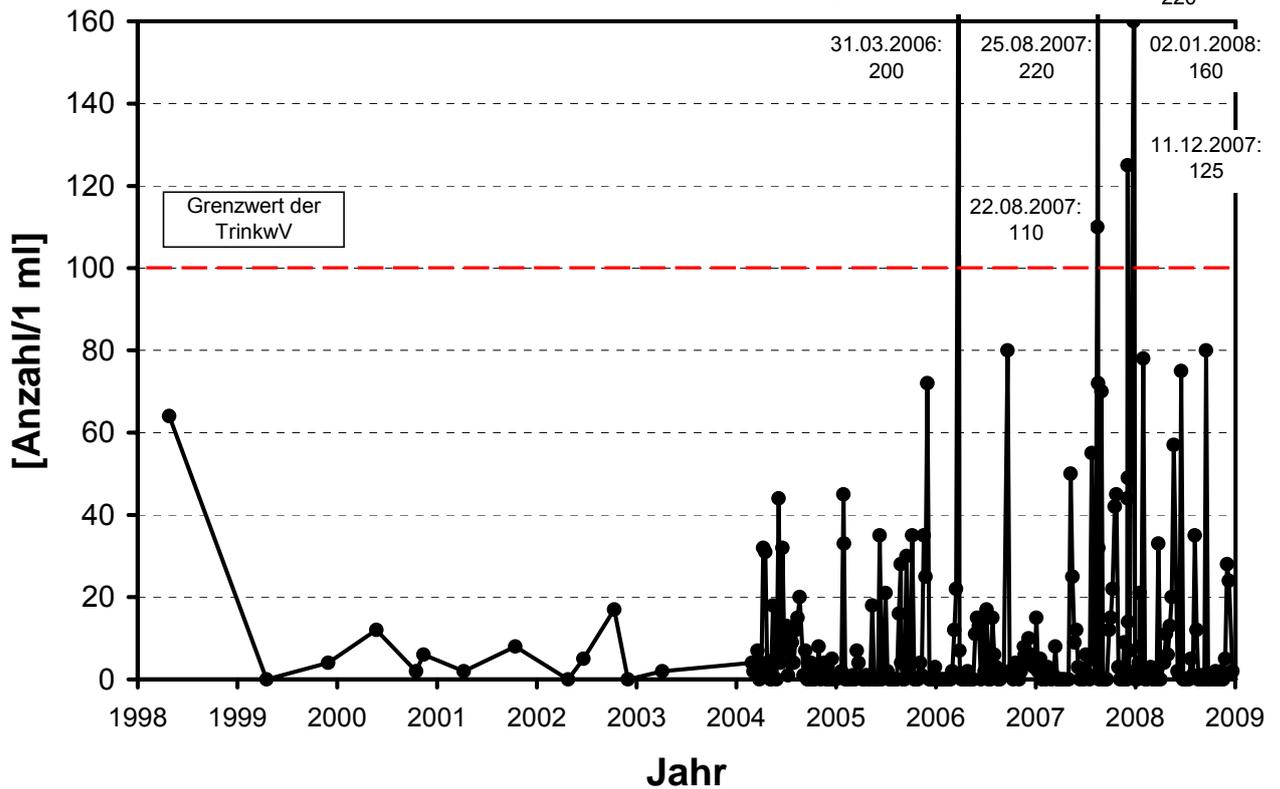


Abbildung 14: Entwicklung der Koloniezahl bei 22° C im Trinkwasser

### Koloniezahl 36° C

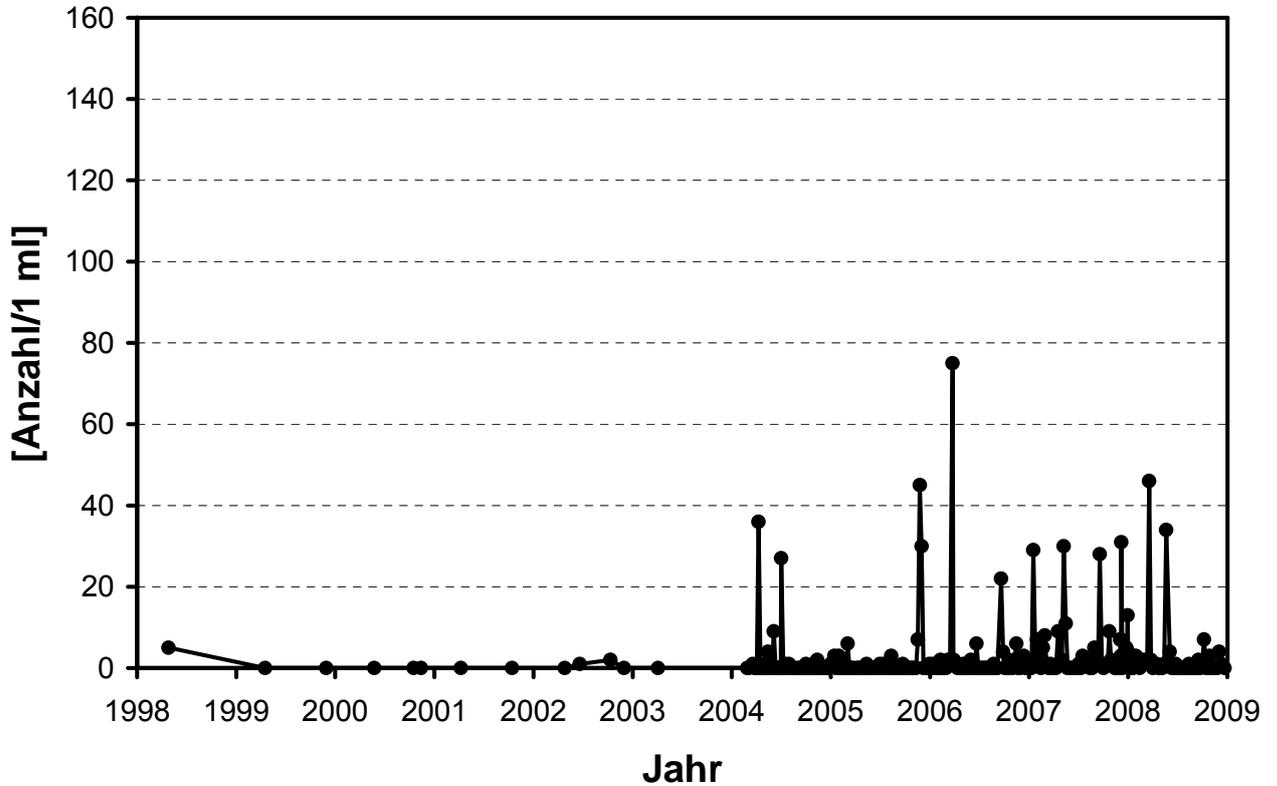


Abbildung 15: Entwicklung der Koloniezahl bei 36° C im Trinkwasser



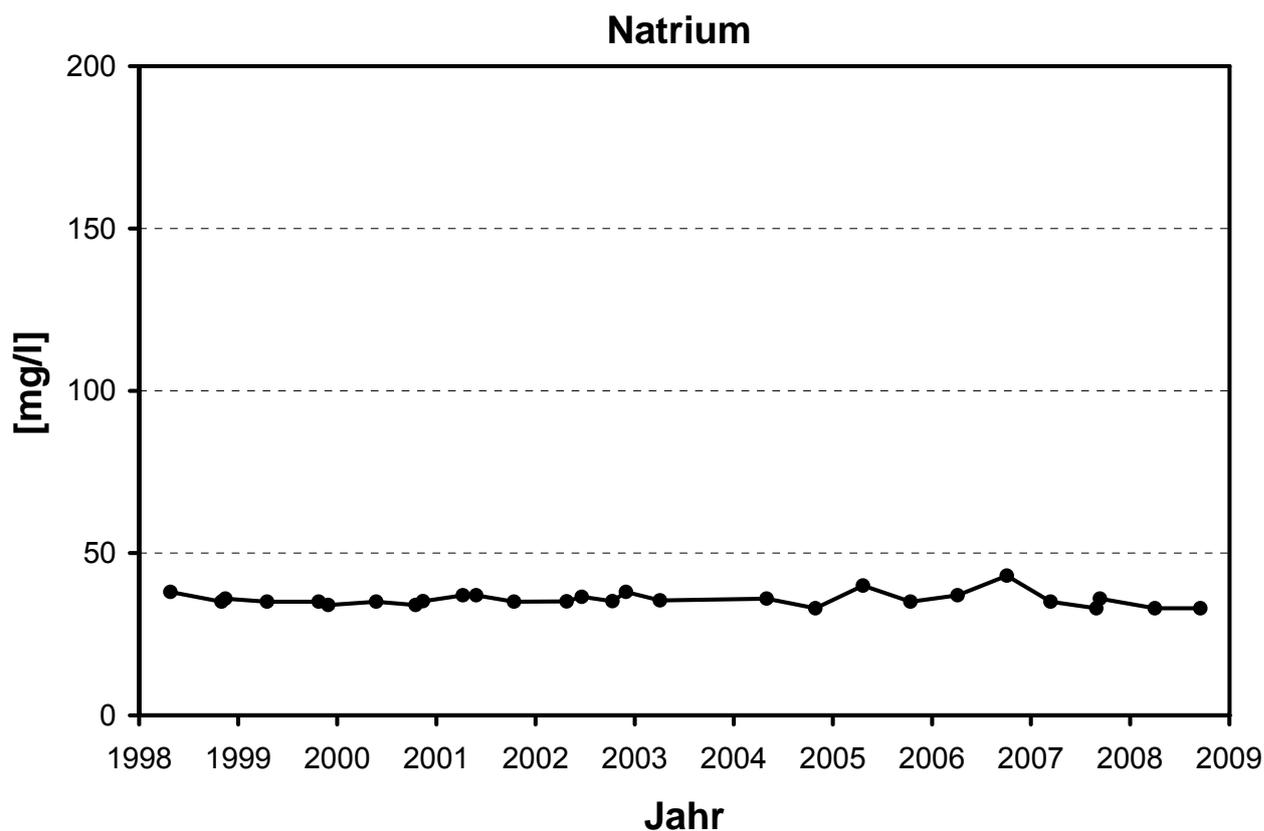


Abbildung 18: Entwicklung der Natriumkonzentration im Trinkwasser

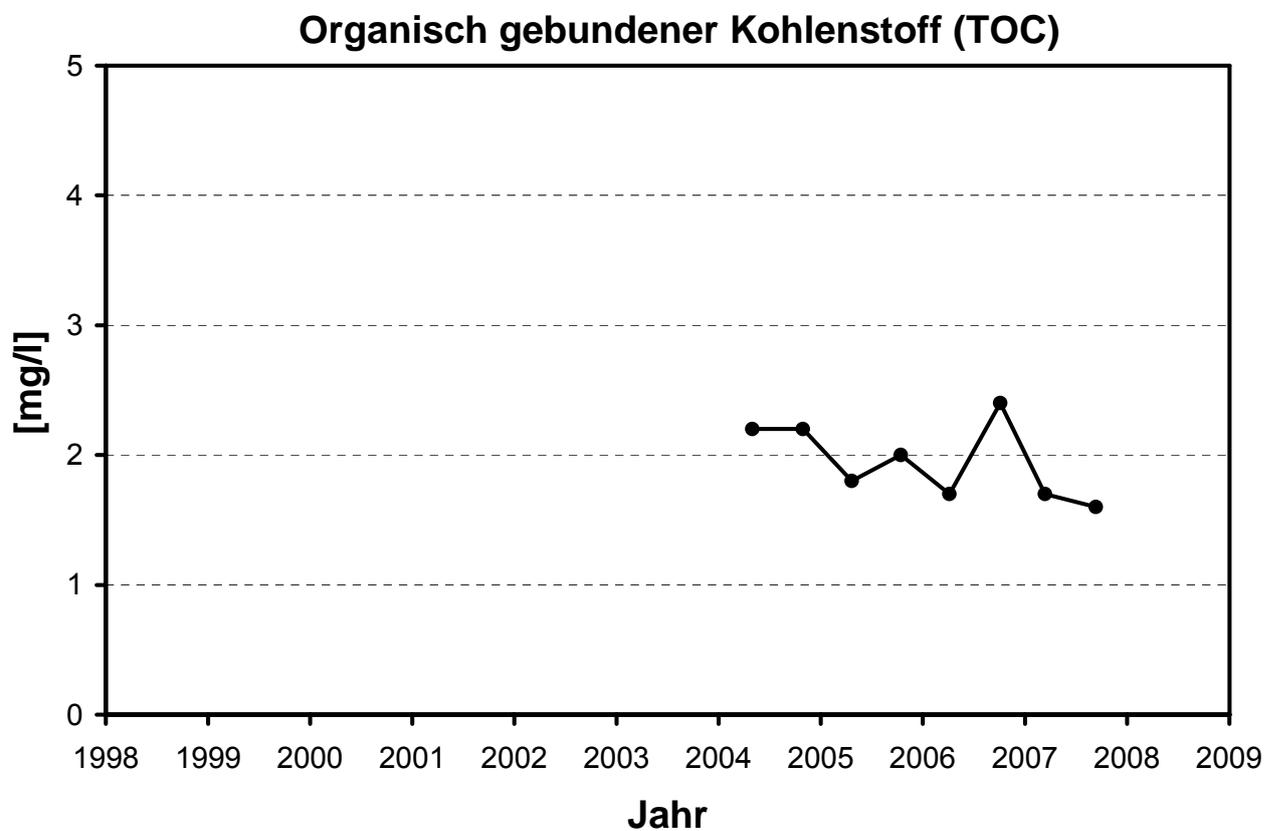


Abbildung 19: Entwicklung der TOC-Konzentration im Trinkwasser

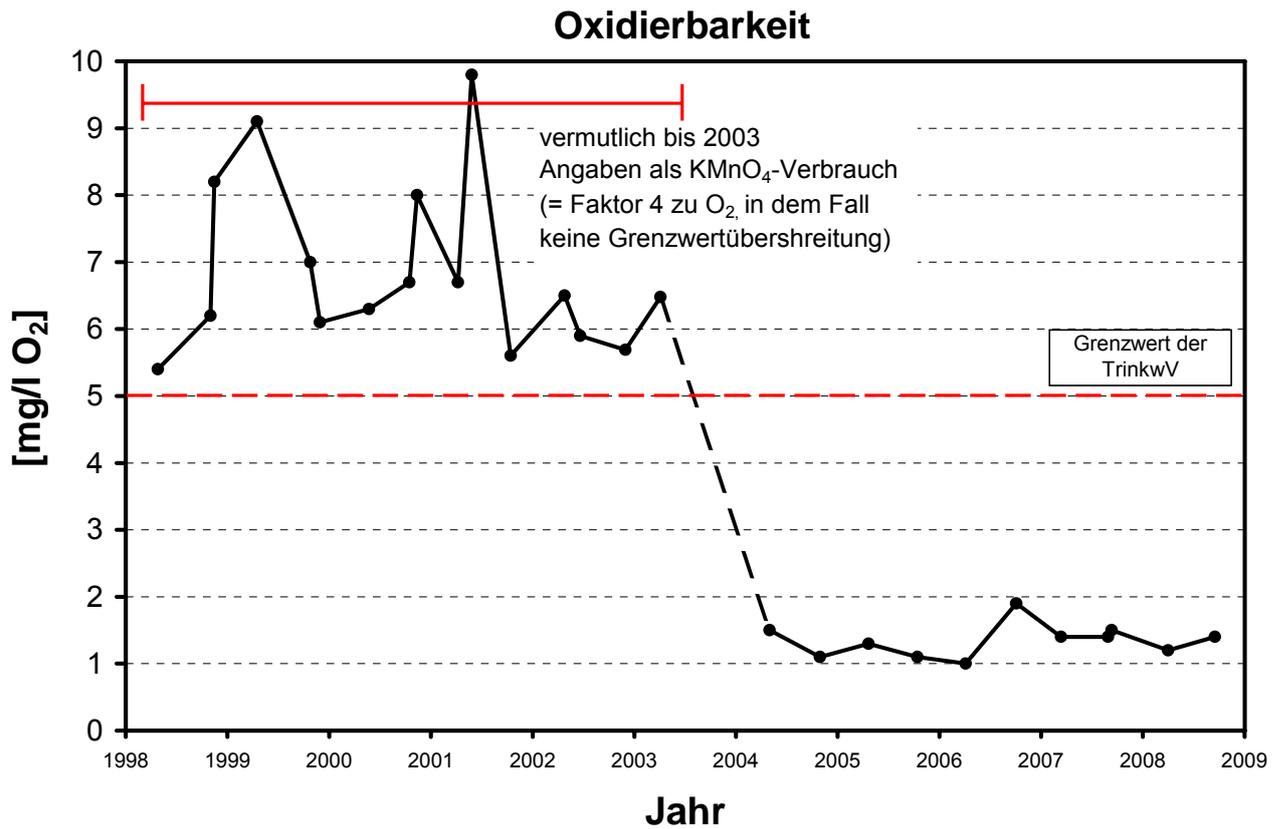


Abbildung 20: Entwicklung der Oxidierbarkeit im Trinkwasser

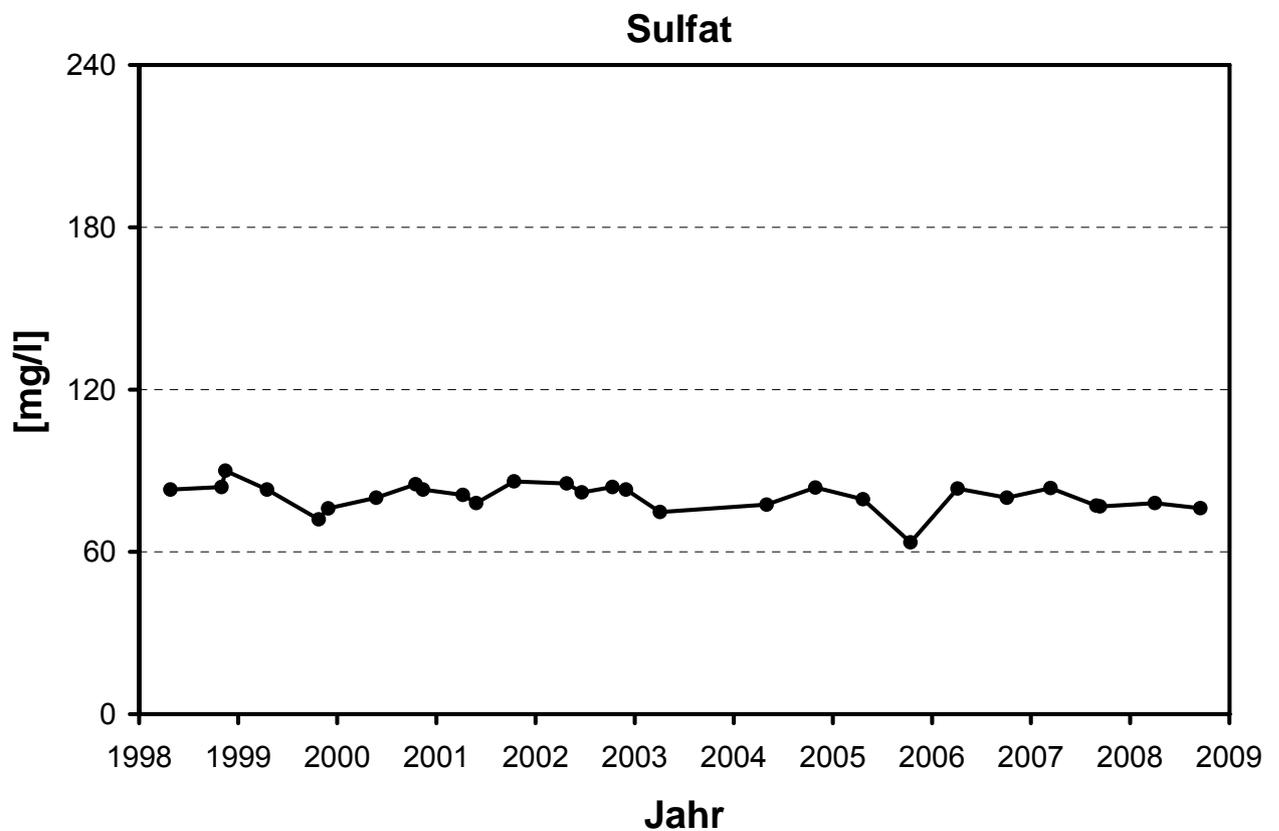


Abbildung 21: Entwicklung der Sulfatkonzentration im Trinkwasser

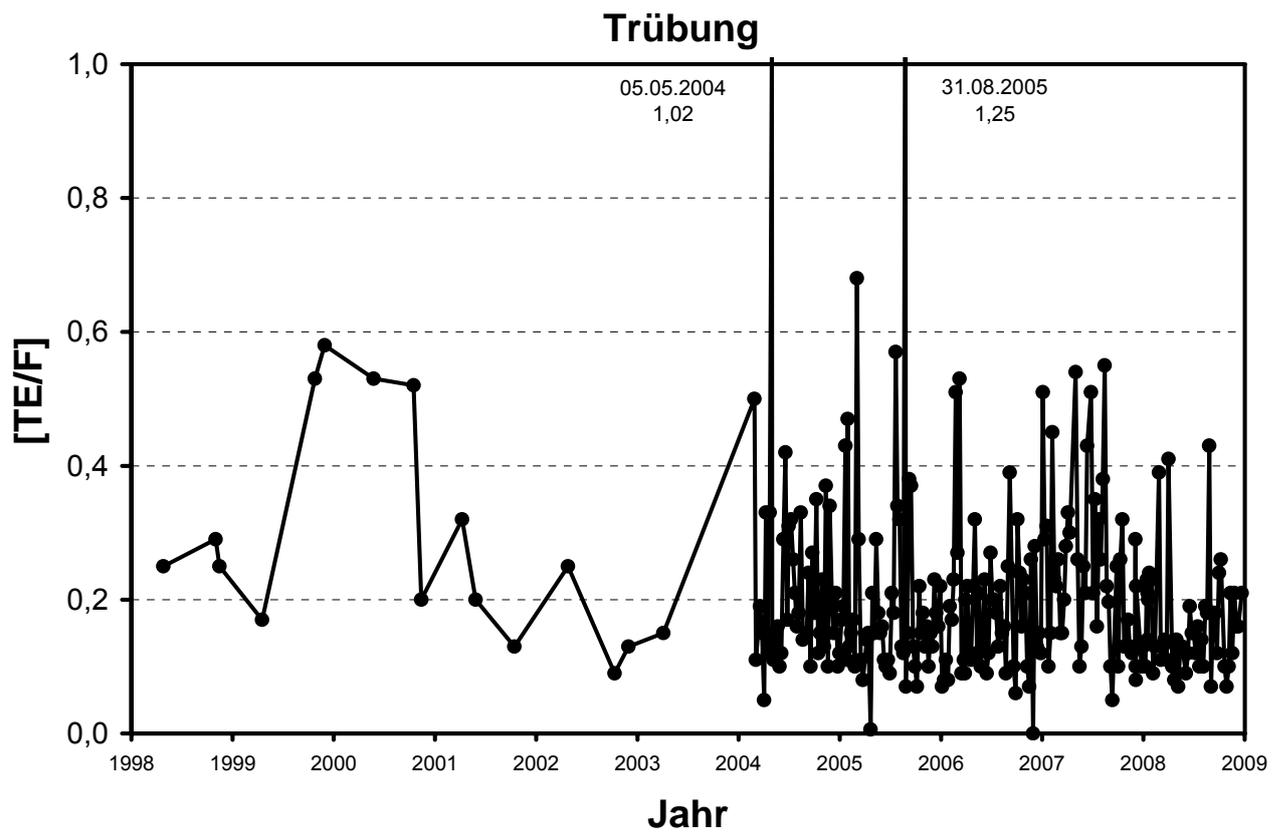


Abbildung 22: Entwicklung der Trübung im Trinkwasser

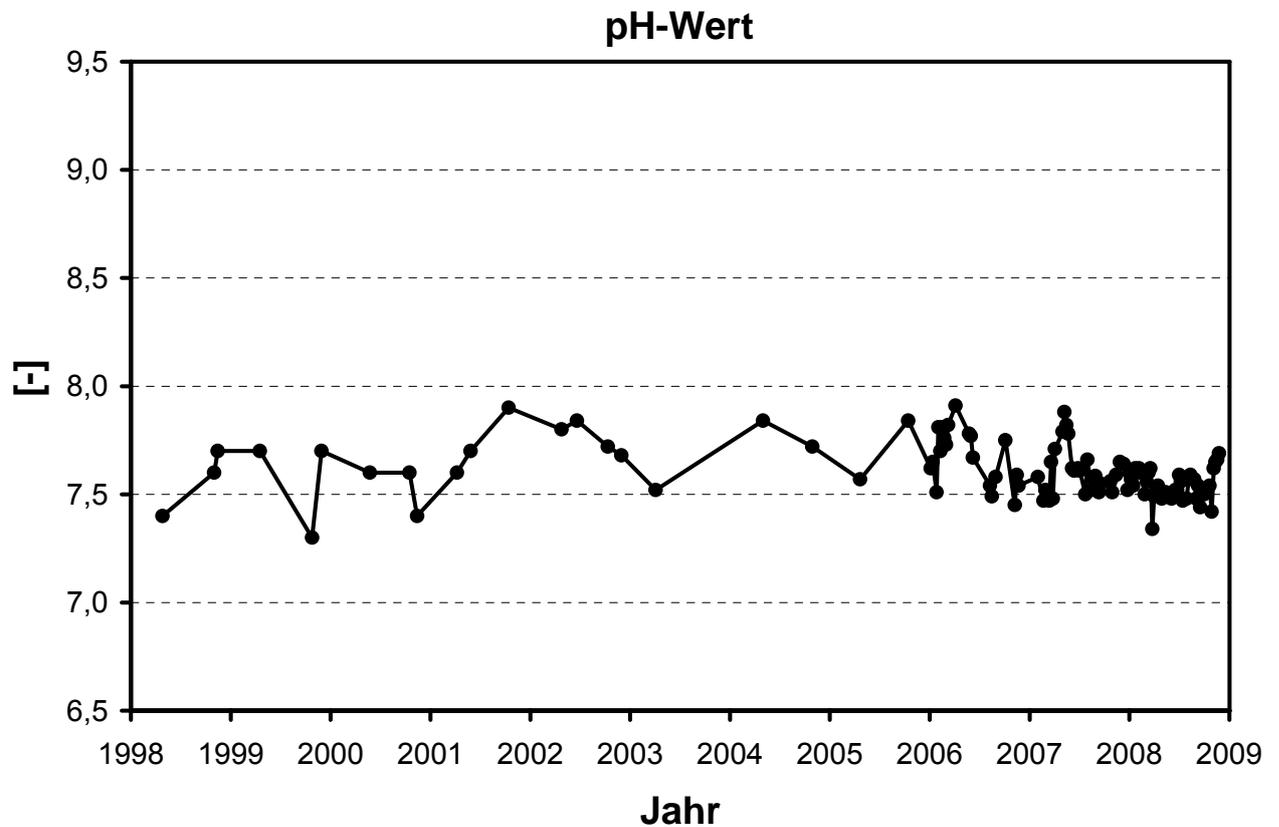


Abbildung 23: Entwicklung des pH-Wertes im Trinkwasser

