

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	1
Zusammenfassung	2
Fragestellung	6
TEIL A: Trendauswertungen für Nitrat im Grundwasser und für den Niederschlag / Untersuchung des Zusammenhangs zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser	8
A1 Grundlage: Trendauswertungen für Nitrat im Grundwasser	8
A2 Trendauswertungen für den Niederschlag	10
A2.1 Fragestellung	10
A2.2 Methodik	10
A2.3 Ergebnis	11
A3 Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser	13
A3.1 Fragestellung und Einleitung	13
A3.2 Methodik	13
A3.3 Modellergebnisse	19
A4.5 Diskussion	50
A4 Detailuntersuchung ausgew. Grundwassergebiete unter Einbeziehung d. Temperatur	51
TEIL B Untersuchung der Veränderungen von Sauerstoff-, Ammonium-, Nitrit- und Nitratgehalten im Grundwasser	56
B1 Aufgabenstellung	56
B2 Überschreitungen des Grundwasserswellenwertes für Nitrat, Ammonium und Nitrat bzw. Unterschreitungen von 2 mg/l Sauerstoffgehalt	57
B3 Trendentwicklung der Sauerstoffsättigung sowie von Nitrat, Ammonium und Nitrit	59
B3.1 Methodik	59
B3.2 Ergebnisse der Trendauswertung für Nitrat, Ammonium, Nitrit und der Sauerstoffsättigung für den Zeitraum 1.1.1997 bis 30.6.2003 für Grundwassergebiete in Österreich	60
B3.3 Messstellenbezogene Auswertungen	64
B3.4 Diskussion der Ergebnisse	81
Begriffsbestimmungen und Abkürzungen	83
Datengrundlage	84
Literaturverzeichnis	86
Tabellenverzeichnis	87
Abbildungsverzeichnis	89
Anhangverzeichnis	90

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wurde untersucht,

- ob Veränderungen in der Niederschlagsentwicklung in WGEV-Grundwassergebieten aufgetreten sind und wie stark diese sind,
- ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser festzustellen ist, bzw.
- ob Veränderungen der Sauerstoffgehalte im Grundwasser vorliegen, die Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen haben können.

Den Anstoß zu dieser Fragestellung gaben die Ergebnisse der Studie „Nitrat-Auswertung österreichischer Grundwassergebiete bis Mitte 2003“ (BMLFUW, 2004), die zeigten, dass ca. 21 % aller österreichischen Grundwassergebiete bezüglich Nitrat einen statistisch signifikanten Bruch der Trendlinie hin zu steigenden Werten aufweisen.

Im Rahmen der Niederschlagsanalyse in Grundwassergebieten wurden Trendlinien des Niederschlags auf Basis des gleitenden Mittelwertes mit einem Zeitfenster von drei Jahren von 1980 bis 2001 graphisch dargestellt. Darüber hinaus wurde die Veränderung der Niederschläge von 1990 bis 2000 berechnet. Zusammenfassend ergaben die Auswertungen, dass in zahlreichen Grundwassergebieten eine Zunahme der Herbstniederschlagssummen, eine Abnahme der Sommerniederschlagssummen bzw. eine Verschiebung der Sommerniederschlagssummen in den Herbst zu beobachten ist.

Der Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser wurde im Rahmen eines statistischen Modells mittels Impulsfunktionen untersucht. Es handelt sich dabei um einen „top down“-Ansatz, bei dem - ausgehend vom empirischen Befund - versucht wird, die ermittelten Trendbewegungen nachträglich anhand potentieller Ursachen zu erklären. Auf die dem Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser zugrunde liegenden Vorgänge und Mechanismen, die die Nitratauswaschung ins Grundwasser bedingen, wurde im Rahmen dieser Studie nicht eingegangen.

Impulsfunktionen beschreiben den funktionalen Zusammenhang zwischen einer Ursache einerseits (der Niederschlagssumme) und der Reaktion andererseits (veränderten Nitratkonzentrationen im Grundwasser) als Funktion der Zeit (d.h. der Reaktionszeit) je Grundwassergebiet. Sie wurden basierend auf Jahresniederschlagssummen ohne jahreszeitliche Differenz sowie unter alleiniger Berücksichtigung der Sommerniederschlagssummen bzw. der Herbst/Winterniederschlagssummen ermittelt. Darüber hinaus erlaubt das Kombinationsmodell, die Wirkung der Sommerniederschlagssummen bzw. der Herbst/Winterniederschlagssummen getrennt darzustellen. Impulsfunktionen beschreiben in der Theorie nur **vorhersagbare, systematische** Veränderungen der Nitratkonzentration.

Das statistische Modell bildete die Grundlage für eine statistische Analyse von 93 Porengrundwassergebieten in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien, für die sowohl Niederschlagsdaten als auch Nitratdaten zur Verfügung standen. Von diesen 93 Grundwassergebieten kamen aufgrund von getroffenen Einschränkungen 19 Grundwassergebiete zur Auswertung, von denen für 12 Grundwassergebiete insgesamt 24 statistisch signifikante Impulsfunktionen ermittelt wurden. Von diesen 12 Grundwassergebieten weisen 8 eine Aufwärtsentwicklung bezüglich Nitrat auf.

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die statistische Analyse der Daten nicht nur ein potentiell erklärtes Muster ergibt, sondern mehrere. Für folgende 5 Grundwassergebiete wurden mehrere statistisch signifikante Modelllösungen mit unterschiedlichem Impuls, Trend bzw. Reaktionszeit ermittelt:

- PG32240 Marchfeld (NÖ): 4 Modellkandidaten
- PG32250 Weinviertel Sonstige: 4 Modellkandidaten
- PG41260 Traun-Enns-Platte: 4 Modellkandidaten
- PG64000 Unteres Murtal: 2 Modellkandidaten
- PG92240 Marchfeld (W): 3 Modellkandidaten

Für 7 Grundwassergebiete wurden Einfachlösungen (d.h. 1 Modellkandidat) ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die unterschiedlichen, kürzer- und längerfristigen Trends im Niederschlag in Zusammenhang mit den Nitratgehalten im Grundwasser stehen. Die Modellanpassungen deuten auf unterschiedliche Wirkmechanismen hin bezüglich

- der Niederschläge (Sommer/Winter/Herbst-Niederschläge, Kombinationen),
- positivem bzw. negativem Impuls (steigende Niederschläge bewirken steigende bzw. sinkende Nitratgehalte im Grundwasser),
- unterschiedlichen Reaktionszeiten und
- systematischen versus temporären Impulsfunktionen (Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe und der Länge der Zeitreihen).

Die überwiegende Mehrheit der Modellanpassungen zeigt einen negativen linearen Trend, der möglicherweise auf die geänderte Bewirtschaftung zurückgeführt werden kann.

Aufgrund der teilweise nicht vorhandenen Eindeutigkeit der Zusammenhänge sind Rückschlüsse auf den kausalen Zusammenhang zwischen Niederschlag und Nitrat im Grundwasser im Rahmen des vorliegenden Berichts nicht möglich. Um eindeutige Lösungen zu erhalten, ist eine Absicherung der gewonnenen Erkenntnisse durch zusätzliche Untersuchungen erforderlich, und zwar:

- längere Zeitreihen für die Nitratkonzentrationen im Grundwasser,
- Berücksichtigung der (stand)örtlichen Gegebenheiten (Abgrenzung von ähnlichen Teilgebieten),

- Ermittlung der mittleren Verweilzeit des Grundwassers (über Grundwassergebiete und Tiefenprofile) und
- Berücksichtigung von Nutzungsdaten.

Um festzustellen, ob neben dem Einfluss des Niederschlages auch - speziell für die Herbstmonate - ein Einfluss der Temperatur festzustellen ist, erfolgt für drei ausgewählte Grundwassergebiete die Anpassung des oben beschriebenen Impulsmodells um eine Variante, welche neben der Niederschlagsmenge auch die Temperatur berücksichtigt. Dabei wurde angenommen, dass die Wirkung des Niederschlages sowie der Temperatur außerhalb der Herbstmonate (Oktober – Dezember) vernachlässigbar ist.

Die Festlegung der Parameter der Impulsfunktion erfolgt in einem iterativen Algorithmus durch Minimierung der Summe der Residuenquadrate. Dabei zeigt sich, dass häufig mehrere unterschiedliche Lösungen möglich sind. Insbesondere bei kurzen Zeitreihen ist keine eindeutige Festlegung der Parameter möglich.

Die Ergebnisse der kombinierten Betrachtung von Niederschlag und Temperatur führen zu dem Schluss, dass zwar nicht ausgeschlossen ist, dass die Temperatur in Verbindung mit dem Niederschlag eine deutliche Wirkung hat. Allerdings stellt sich heraus, dass die berechneten Modelle die Konzentrationsschwankungen nicht in der erwarteten Weise erklären. Dies hängt einerseits damit zusammen, dass die Wirkung feucht-warmer Herbstmonate nur in sehr grober Weise durch einen Ja-Nein-Indikator berücksichtigt werden konnte. Eine flexiblere Anpassung würde weitaus bessere Ergebnisse erwarten lassen.

Andererseits lässt die verfügbare Datenbasis eine komplexere Modellierung nicht zu, da in diesem Falle eine noch weitergehende Überbestimmung und statistische Uneindeutigkeit unvermeidlich wäre. Um genauere Aussagen treffen zu können, ist die Einbeziehung längerer Zeitreihen bzw. die Berücksichtigung lokaler Unterschiede erforderlich. Das zweite Problem bei der Analyse von kombinierten Temperatur-Niederschlagseffekten besteht darin, dass die zeitliche Auflösung nicht ausreicht, um festzustellen, ob die Niederschläge tatsächlich bei hohen bzw. niedrigen Temperaturen auftreten. So ist von einer hohen Fehlerrate auszugehen, welche die Modellanpassung zusätzlich erschwert. Eine verbesserte Modellanpassung würde schließlich neben der Einbeziehung der Herbstniederschläge auch die Berücksichtigung der Niederschläge der anderen Jahreszeiten erfordern. Dies jedoch würde ebenfalls eine erheblich umfangreichere Datenbasis erforderlich machen.

Im vorliegenden Bericht wurde zusätzlich zu den Auswertungen zu Niederschlag und Nitrat im Grundwasser ein möglicher Zusammenhang zwischen Veränderungen der Sauerstoffgehalte und Nitratkonzentrationen im Grundwasser untersucht.

Zum einen wurde die Anzahl der Messwerte des Sauerstoffgehalts in Österreich, die eine Konzentration von 2 mg/l unterschreiten, sowie die Anzahl der Messwerte für Nitrit- und Ammonium- und Nitratkonzentrationen, die den Grundwasserswellenwert überschreiten, zur Gesamtanzahl der Messwerte pro Kalenderjahr berechnet und graphisch dargestellt.

Aus dem Verlauf der Über- bzw. Unterschreitungen der graphischen Darstellung lässt sich kein Zusammenhang der Entwicklung der genannten Parameter erkennen. Auffällig ist allerdings, dass der Anteil jener Messwerte, die eine Sauerstoffkonzentration von 2 mg/l unterschreiten, zur Gesamtanzahl der Messwerte kontinuierlich ansteigt, und zwar von 7,6 % im Jahr 1992 bis 18,5 % im Jahr 2002.

Darüber hinaus wurde die Trendentwicklung von Nitrat (mg/l), Sauerstoffsättigung (%), Ammonium (mg/l) und Nitrit (mg/l) in den 158 Grundwassergebieten in Österreich berechnet. Ein möglicher Zusammenhang der Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium bzw. Nitrat mit der Trendentwicklung der Grundwassergebiete bezüglich Nitrat kann darin bestehen, dass ein Wiederanstieg von Nitrat durch einen Anstieg der Sauerstoffsättigung und in Folge einer Oxidation von Ammonium bzw. Nitrit zu Nitrat verursacht wird. Die Ergebnisse der Auswertungen zeigen, dass bei den 5 Grundwassergebieten mit Aufwärtstrend bezüglich Nitrat kein derartiger Zusammenhang abzuleiten ist; einerseits weil v.a. für die Parameter Ammonium und Nitrit die Anzahl der Messwerte unter der Bestimmungs (BG)- bzw. Nachweisgrenze (NG) zu hoch war, sodass keine Berechnung durchgeführt werden konnte, andererseits durch die Ergebnisse der Trendentwicklung der Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit. Die Betrachtung der Trendentwicklungen für die 26 Grundwassergebiete mit einem Wiederanstieg der Nitratkonzentrationen (d.h. Bruch in der Trendlinie nach oben) zeigte, dass in keinem dieser Gebiete eine Aufwärtsentwicklung bezüglich der Sauerstoffsättigung aufgetreten ist. Im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel ist ein Abwärtstrend bezüglich Nitrit aufgetreten. Im Grundwassergebiet PG31850 Ybbstal-Urtal ist ein Abwärtstrend für Ammonium aufgetreten.

Mit dem Auftraggeber wurde vereinbart, ausgehend von den Auswertungen auf der Betrachtungsebene der Grundwassergebiete auch auf das Verhalten einzelner ausgewählter Messstellen einzugehen. Für die Grundwassergebiete PG13180 Seewinkel, PG41260 Traun-Enns-Platte und PG32240 Marchfeld (NÖ) wurden dazu exemplarisch messstellenbezogene Auswertungen durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden Zustand und zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen der Messstellen in den ausgewählten Grundwassergebieten berechnet. Die Art der Messstelle wurde anhand der derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdaten ermittelt. Für jene Messstellen, die eine Aufwärtsentwicklung für Nitrat aufweisen (Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurden Zeitreihen für die Parameter Sauerstoffgehalt, Ammonium-, Nitrit- und Nitratkonzentrationen sowie Wassertemperatur und ph-Wert erstellt.

Es stellte sich heraus, dass die einzelnen Messstellen sowohl bezüglich Zustand (ermittelt durch den Mittelwert im zweijährigen Beobachtungszeitraum) als auch Trend sehr heterogen sind. Für die meisten Messstellen gilt, dass kein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ersichtlich ist. In den wenigen Fällen, in denen ein Zusammenhang der Entwicklung möglich scheint, unterscheiden sich die Konzentrationsniveaus der Parameter beträchtlich.

Fragestellung

Das Umweltbundesamt wurde seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft beauftragt, zu untersuchen, ob

- Veränderungen in der Niederschlagsentwicklung aufgetreten sind und wie stark diese sind und
- ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser festzustellen ist (beides **Berichtsteil A**), bzw.
- Veränderungen der Sauerstoffgehalte im Grundwasser vorliegen, die Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen haben können (**Berichtsteil B**).

Den Anstoß zu dieser Fragestellung gaben die Ergebnisse der Studie „Nitrat-Auswertung österreichischer Grundwassergebiete bis Mitte 2003“ (BMLFUW, 2004), die zeigten, dass ca. 21 % aller österreichischen Grundwassergebiete bezüglich Nitrat einen statistisch signifikanten Bruch der Trendlinie hin zu steigenden Werten aufweisen. Diese Entwicklung war bei insgesamt 33 von 158 ausgewerteten Grundwassergebieten in Österreich anzutreffen, 15 davon liegen in Niederösterreich (siehe Kapitel A1). Diese Ergebnisse deuten auf eine systematische Änderung einer Einflussgröße auf die Nitratkonzentrationen im Grundwasser in Teilen Österreichs hin.

Die Verlagerung von Nitrat in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone ist ein komplexer Prozess, der durch viele Faktoren wie Landbewirtschaftung, Klima, Bodeneigenschaften u.a. beeinflusst wird.

Da in den letzten Jahren verstärkt Programme und Maßnahmen entwickelt wurden, die einen Eintrag von Nitrat ins Grundwasser vermindern sollen, wird davon ausgegangen, dass der Wiederanstieg von Nitratkonzentrationen im Grundwasser auf Ursachen unabhängig von der Bewirtschaftungsweise zurückgeführt werden muss. Das Klima spielt eine maßgebliche Rolle bei der Fragestellung „Nitrat im Grundwasser“ und ist überregional wirksam. Im vorliegenden Bericht wurde deshalb der Niederschlag als zentrales Klimaelement herausgegriffen und einer statistischen Analyse unterzogen.

Einzelne Aspekte zu dieser Fragestellung wurden in der Studie „Analyse der Ursachen für das Sinken von Nitratbefruchtungen im Grundwasser (wpa & IKT, 2003) behandelt, insbesondere die Frage der Entwicklung der Sickerwassermenge und der Nitratfrachten und – Konzentrationen im Sickerwasser. Eine großräumige Betrachtung der Niederschlagsentwicklung auf Basis von Grundwassergebieten und des Zusammenhangs zwischen Niederschlag und Nitratkonzentrationen im Grundwasser wurde bislang allerdings nicht durchgeführt.

Zur Fragestellung, ob Veränderungen im Grundwasser vorliegen, die Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen haben können, wurden Trendauswertungen für die Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit durchgeführt und ein möglicher Zusammenhang mit der Trendentwicklung der Grundwassergebiete bezüglich Nitrat geprüft. Die Ergebnisse sind in Berichtsteil B dargestellt. Mit dem Auftraggeber wurde darüber hinaus vereinbart, ausgehend von den Auswertungen auf der Betrachtungsebene der Grundwassergebiete auch auf das Verhalten einzelner ausgewählter Messstellen einzugehen. Für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) wurden exemplarisch messstellenbezogene Trendauswertungen für Nitrat durchgeführt. Für jene Messstellen, bei denen eine Aufwärtsentwicklung für Nitrat festgestellt wurde, wurden graphische Darstellungen der Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Sauerstoffgehalt, Grundwassertemperatur und ph-Wert erstellt und ein möglicher Zusammenhang verbal diskutiert.

TEIL A: Trendauswertungen für Nitrat im Grundwasser und für den Niederschlag / Untersuchung des Zusammenhangs zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser

A1 Grundlage: Trendauswertungen für Nitrat im Grundwasser ¹

Nach ersten Hinweisen, dass Nitratkonzentrationen im Grundwasser in der jüngeren Vergangenheit in einigen Grundwassergebieten wieder ansteigen, wurde im Bericht „Nitrat-Auswertung österreichischer Grundwassergebiete bis Mitte 2003“ (BMLFUW, 2004) geprüft, ob es diesbezüglich bereits Auswirkungen auf das Trendverhalten in Grundwassergebieten gibt bzw. ob diese Veränderungen systematisch auftreten.

Die Ergebnisse der Trendauswertungen haben gezeigt, dass in ca. 21 % der ausgewerteten Grundwassergebiete (GWG) Österreichs (d.h. 33 von insgesamt 158 ausgewerteten Grundwassergebieten) im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ein statistisch signifikanter Bruch in der Trendlinie hin zu steigenden Werten zu verzeichnen ist. 45 % dieser Gebiete (d.h. 15 GWG) liegen in Niederösterreich. Betrachtet man die Bundesländer Niederösterreich, Wien, Burgenland und Steiermark im Vergleich zu den Bundesländern Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Oberösterreich und Kärnten, so stellt sich heraus, dass 82 % der Grundwassergebiete, die einen signifikanten Bruch in der Trendlinie hin zu steigenden Werten aufweisen, in den ersteren Bundesländern liegen.

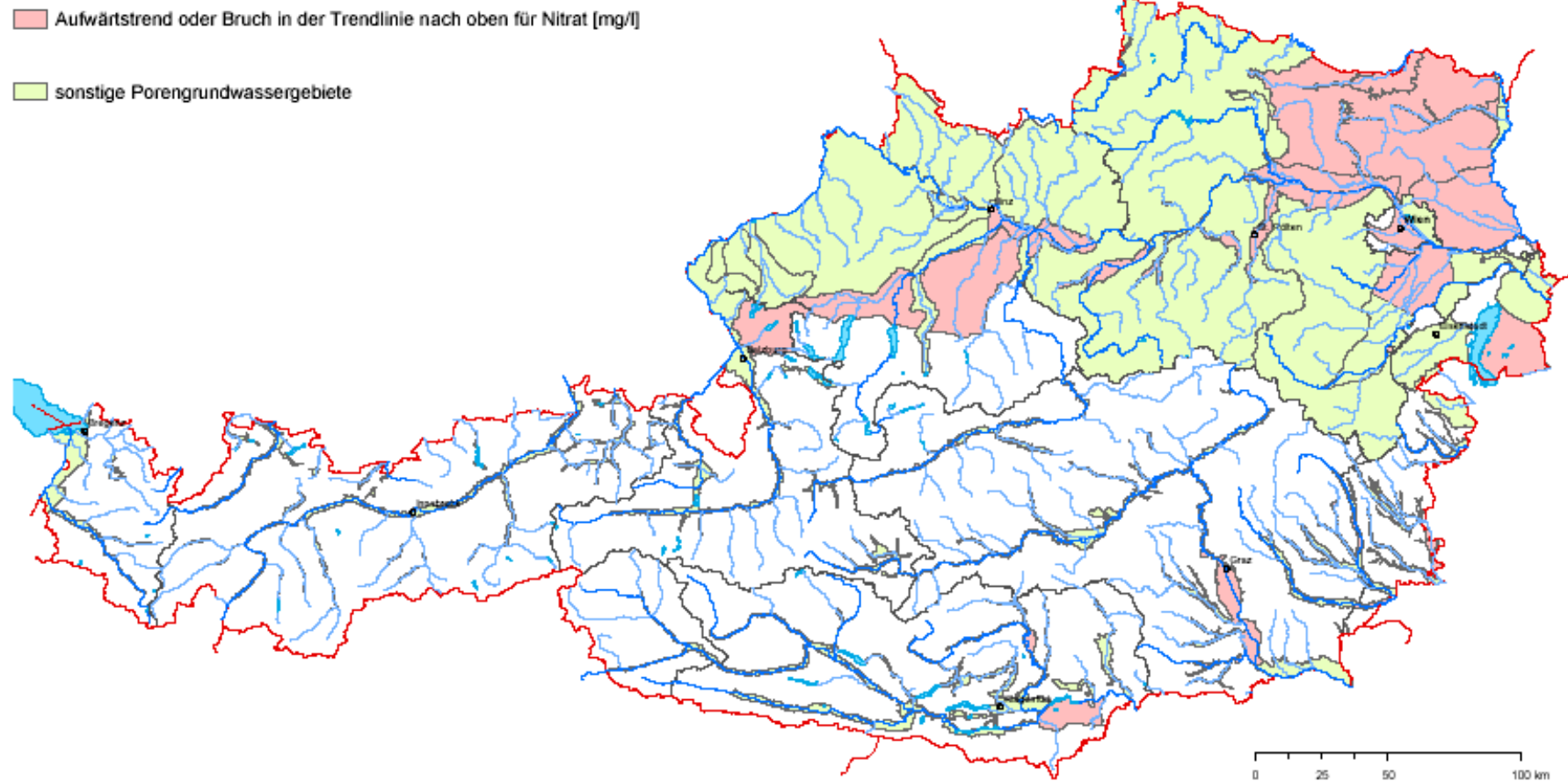
Abbildung 1 illustriert jene Grundwassergebiete Österreichs, bei denen ein statistisch signifikanter Bruch in der Trendlinie hin zu steigenden Werten bzw. ein Aufwärtstrend im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 aufgetreten ist.

Diese Ergebnisse zeigen, dass sich die Konzentrationen im Grundwasser bezüglich Nitrat geändert haben. Sie deuten auf eine systematische Änderung einer Einflussgröße auf die Nitratkonzentrationen im Grundwasser in Teilen Österreichs hin.

Die Verlagerung von Nitrat in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone ist ein komplexer Prozess, der durch viele Faktoren wie Landbewirtschaftung, Klima, Bodeneigenschaften u.a. beeinflusst wird. Da in den letzten Jahren verstärkt Programme und Maßnahmen entwickelt wurden, die einen Eintrag von Nitrat ins Grundwasser vermindern sollen, wird davon ausgegangen, dass der Wiederanstieg von Nitratkonzentrationen in Grundwassergebieten auf Ursachen unabhängig von der Bewirtschaftungsweise zurückgeführt werden muss. Das Klima spielt eine maßgebliche Rolle bei der Fragestellung „Nitrat im Grundwasser“ und ist überregional wirksam. Im folgenden Kapitel wurde deshalb der Niederschlag als zentrales Klimaelement herausgegriffen und einer statistischen Analyse unterzogen.

¹ aus dem Bericht „Nitrat-Auswertung österreichischer Grundwassergebiete bis Mitte 2003“ (BMLFUW, 2004)

Abbildung 1: Trendauswertung für Nitrat in Grundwassergebieten (Auswertzeitraum 1.1.1997 bis 30.6.2003)



Quelle: Wassergüte in Österreich, Wasserwirtschaftskataster im BMLFUW, Ämter der Landesregierungen

Kartographie: G. Eisenkölb & Irene Zieritz, September 2004 (Projektnummer 2403)

umweltbundesamt

A2 Trendauswertungen für den Niederschlag

A2.1 Fragestellung

Basierend auf den Ergebnissen von Trendauswertungen für Nitrat, die auf eine systematische Änderung einer Einflussgröße auf die Nitratkonzentrationen im Grundwasser deuten, wurde der Niederschlag als eine mögliche Einflussgröße auf Nitratkonzentrationen im Grundwasser herausgegriffen und einer statistischen Analyse unterzogen. Es wurde untersucht, ob Veränderungen in der Niederschlagsentwicklung auftreten und wie stark diese sind. Darüber hinaus wurde geprüft, ob Entwicklungen des Niederschlags auf Jahreszeiten bezogen werden können. Eine Einschränkung des Untersuchungsgebiets auf die Grundwassergebiete in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien wurde mit dem Auftraggeber vereinbart.

A2.2 Methodik

In einem ersten Schritt wurden der langfristige Verlauf der monatlichen Niederschlagssummen und Trendlinien basierend auf dem gleitenden Mittel mit einem Zeitfenster von 3 Jahren von 1980 bis 2001 graphisch dargestellt.

Darüber hinaus wurden in einem zweiten Schritt die Veränderungen der Niederschlagssummen von 1990 bis 2000 geprüft.

Verlauf der Niederschläge von 1980 bis 2001

Um zu überprüfen, wie sich die Niederschläge von 1980 bis 2001 entwickelt haben, wurden für jedes Grundwassergebiet Trendlinien des Niederschlags auf Basis des gleitenden Mittels mit einem Zeitfenster von drei Jahren erstellt.

Die monatlichen Niederschlagssummen der Niederschlagsmessstellen wurden dazu über die Grundwassergebiete gemittelt und anschließend über den Zeitraum eines Jahres aufsummiert. Die Trendanalyse wurde sowohl für die Jahresniederschlagssummen als auch für die Zeiträume April bis August (Sommerniederschlagssummen), September bis Dezember (Herbstniederschlagssummen) sowie Januar bis März (Winterniederschlagssummen) durchgeführt. Graphische Darstellungen der Trendlinien je Grundwassergebiet befinden sich in Anhang 2.

Prüfung der Veränderungen der Niederschläge von 1990 bis 2000

Die Prüfung der Veränderungen der Niederschläge von 1990 bis 2000 erfolgte auf Basis eines erweiterten varianzanalytischen Verfahrens, bei dem die Differenz der Mittelwerte zwischen 1990 und 2000 anhand einer Prüfgröße untersucht wurde. Der zeitliche Verlauf der Ganglinien zwischen 1990 und 2000 wurde bei dem gewählten Verfahren berücksichtigt. Diese Analyse wurde sowohl für die Jahresniederschlagssummen als auch für die Niederschlagssummen in den Zeiträumen April bis August (Sommerniederschlagssummen), September bis Dezember (Herbstniederschlagssummen) sowie Januar bis März (Winterniederschlagssummen) durchgeführt. Die Angabe der Veränderungen der Niederschläge erfolgt in Prozent; z.B. bedeutet eine Veränderung von 27 %, dass eine Zunahme des Niederschlags von 1990 bis 2000 um 27 % festgestellt wurde.

A2.3 Ergebnis

Die statistische Analyse des Niederschlags zeigte, dass jahreszeitlich differenzierte Veränderungen der Niederschlagsentwicklung von 1990 bis 2000 in einem Großteil der untersuchten Grundwassergebiete aufgetreten waren. Diese Veränderungen belaufen sich hauptsächlich auf eine Abnahme der Sommerniederschlagssummen bzw. eine Zunahme der Herbst/Winterniederschlagssummen.

So wurde in 12 der insgesamt 93 ausgewerteten Grundwassergebiete von 1990 bis 2000 sowohl eine Abnahme des Sommerniederschlags von mehr 20 % als auch eine Zunahme der Herbst/Winterniederschlagssummen von mehr als 20 % im Zeitraum von 1990 bis 2000 festgestellt. In 13 Grundwassergebieten sinkt ausschließlich der Sommerniederschlag um mehr als 20 %, in 51 Grundwassergebieten steigen ausschließlich die Herbst/Winterniederschlagssummen um mehr als 20 %. In einem Grundwassergebiet wurde sowohl eine Zunahme des Sommerniederschlags um mehr als 20 % als auch eine Zunahme der Herbstniederschlags um mehr als 20 % festgestellt. Eine Zunahme der Sommerniederschlagssummen von mehr als 20 % in Kombination mit einer Abnahme der Herbst/Winterniederschlagssummen um mehr als 20 % wurde in keinem der Grundwassergebiete festgestellt. Für 7 der insgesamt 93 Grundwassergebiete war aufgrund der Datengrundlage keine Auswertung möglich.

Abbildung 2 illustriert jene Grundwassergebiete der ausgewählten Bundesländer, bei denen die Veränderungen der Niederschläge zwischen 1990 und 2000 20 % überschreiten. In Anhang 3 finden sich die tabellarischen Ergebnisse der Auswertung der relativen Veränderungen der Niederschlagssummen je Grundwassergebiet von 1990 bis 2000.

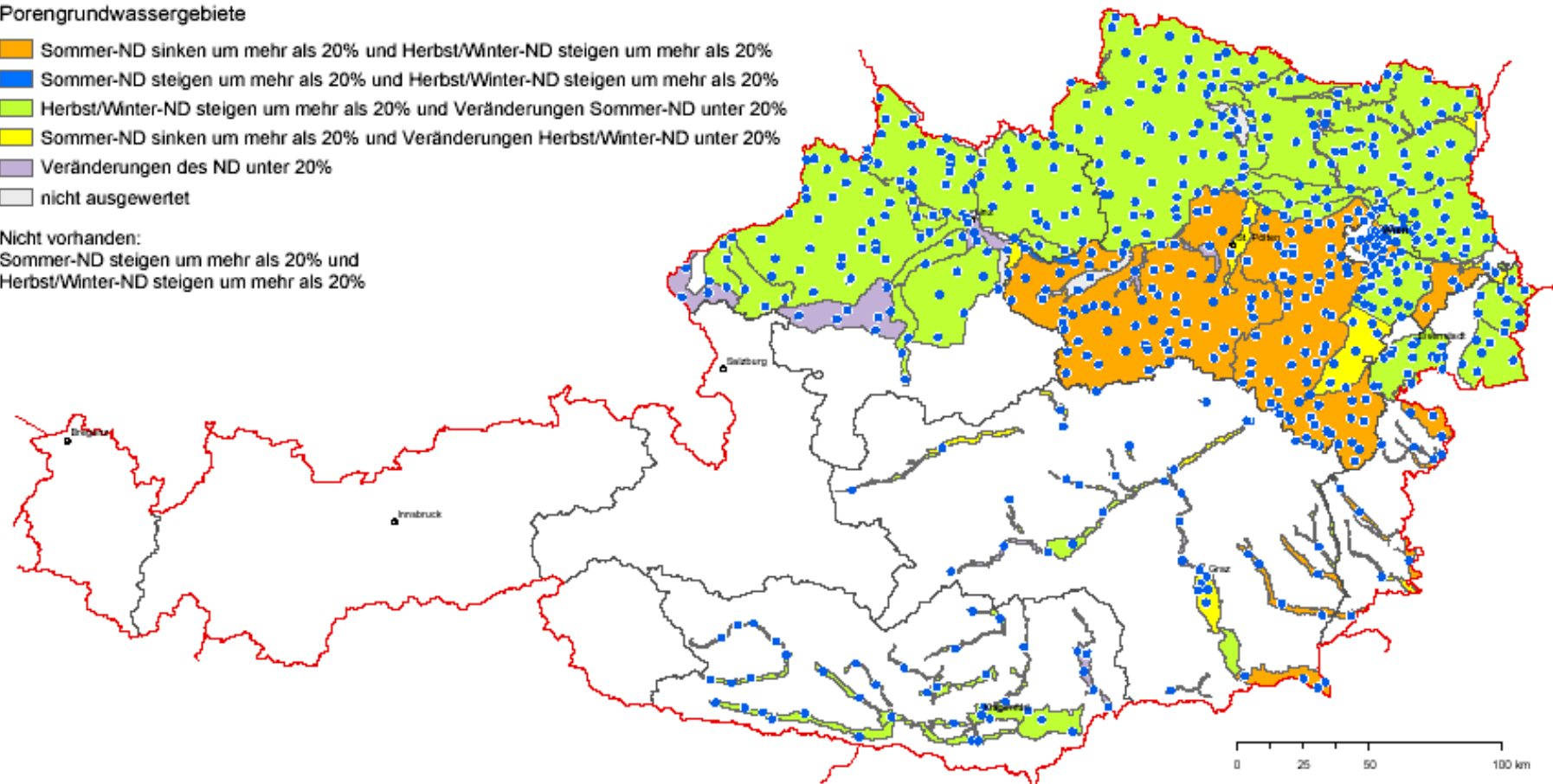
Die Ergebnisse der Trendanalysen für Nitratkonzentrationen im Grundwasser einerseits (siehe Kapitel A1) und den Niederschlag andererseits werfen die Frage auf, ob es einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser und dem Niederschlag gibt.

Abbildung 2: Veränderung der Niederschläge von 1990 bis 2000 in Grundwassergebieten in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien

Porengrundwassergebiete

- Sommer-ND sinken um mehr als 20% und Herbst/Winter-ND steigen um mehr als 20%
- Sommer-ND steigen um mehr als 20% und Herbst/Winter-ND steigen um mehr als 20%
- Herbst/Winter-ND steigen um mehr als 20% und Veränderungen Sommer-ND unter 20%
- Sommer-ND sinken um mehr als 20% und Veränderungen Herbst/Winter-ND unter 20%
- Veränderungen des ND unter 20%
- nicht ausgewertet

Nicht vorhanden:
Sommer-ND steigen um mehr als 20% und
Herbst/Winter-ND steigen um mehr als 20%



Datenquelle: Abteilung VII/3 - Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro) / BMLFUW

Kartographie: G. Eisenkölb, September 2004 (Projektnummer 2403)

umweltbundesamt

A3 Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser

A3.1 Fragestellung und Einleitung

Basierend auf dem Hintergrund

- der wieder ansteigenden Nitratkonzentrationen im Grundwasser (siehe Kapitel A1),
- den ermittelten Veränderungen der Niederschlagsentwicklung (siehe Kapitel A2) und
- der Niederschlagshöhe und –verteilung als wesentliche Komponente für die Verlagerung des Stickstoffs vom Boden über die ungesättigte Zone bis in das Grundwasser

wurde mittels statistischer Modellierung untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwasser nachgewiesen werden kann.

Impulsfunktionen beschreiben den funktionalen Zusammenhang zwischen einer Ursache einerseits (der Niederschlagssumme) und der Reaktion andererseits (veränderten Nitratkonzentrationen im Grundwasser) als Funktion der Zeit (d.h. der Reaktionszeit). Die Nitratkonzentrationen im Grundwasser wurden mittels einer Modellgleichung mit drei Unbekannten aus dem Niederschlagsimpuls und der zeitlichen Differenz zwischen Ursache und Reaktion ermittelt. Darüber hinaus wurden diverse Einschränkungen getroffen, die statistisch sinnvolle und plausible Lösungen unterstützen.

A3.2 Methodik

Die Methodik wird in folgenden Punkten erläutert:

- Konzeption des statistischen Modells
- Modellstruktur
- Modellschätzung
- Plausibilitätsprüfung

Konzeption des statistischen Modells

In einem ersten Schritt wurde eine allgemeine Modellstruktur, auf deren Grundlage mittels der verfügbaren Nitrat- und Niederschlagsdaten ein spezifisches Modell für den Zusammenhang zwischen Niederschlag und Nitrat berechnet werden konnten, erarbeitet. Das Modell beschreibt den Zusammenhang für den Nitratmittelwert über das gesamte Grundwassergebiet. Für einzelne Messstellen trifft es nicht zu.

Der zweite Schritt bestand aus der Berechnung spezifischer Modelle auf der Basis der allgemeinen Modellstruktur. In einem dritten Schritt wurden Einschränkungen getroffen, auf deren Grundlage plausible Modelllösungen berechnet werden konnten.

Statistische Modelle behandeln die zugrunde liegenden Prozesse als Blackbox und versuchen, die beobachteten Zusammenhänge quantitativ zu erfassen, während deterministische Modelle mathematische Beschreibungen physikalischer, chemischer oder biologischer Zusammenhänge in einen Algorithmus integrieren.

Modellstruktur

Niederschlagsimpulsfunktionen beschreiben die Auswirkungen besonders hoher oder geringer Niederschlagssummen auf die Nitratkonzentration im Grundwassergebiet als Funktion der Zeit zwischen Niederschlag und Konzentrationsänderung. Sie wurden für jedes Grundwassergebiet separat entwickelt.

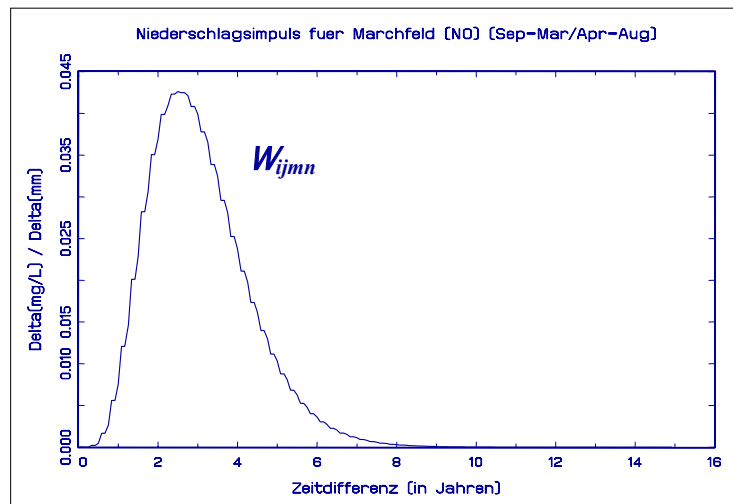
Dabei ist hervorzuheben, dass die Impulsfunktionen in der Theorie nur **vorhersagbare, systematische** Veränderungen der Nitratkonzentration beschreiben. Bei Gebieten mit generell geringen Niederschlägen sind auf Grund der kurzen Zeitreihen die Veränderungen der Nitratkonzentrationen nicht notwendiger Weise in Zukunft systematisch vorhersagbar.

Darüber hinaus kann bei Gebieten mit generell höheren Niederschlägen (und entsprechender Grundwasser-Neubildung) der Fall auftreten, dass im unteren Bereich der ungesättigten Zone **temporär** sehr große Mengen an Nitrat vorhanden sind und diese aufgrund eines niederschlagsreichen Winters in die gesättigte Zone verlagert werden. Dies führt zwar zu einer Erhöhung der Nitratkonzentrationen im Grundwassergebiet, jedoch sind diese nicht systematischer, vorhersagbarer Natur.

Die Wirkung der Niederschläge unterliegt je nach Flurabstand, Tiefe der Messstellen, Bodennutzung und Hydrogeologie u.a. einer Vielzahl zufälliger bzw. temporärer Einflüsse, so dass der Niederschlagsimpuls innerhalb eines Grundwassergebietes durch eine statistische Verteilung beschrieben werden kann.

Gemäß dem zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitstheorie entspricht die statistische Verteilung der Impulse in etwa einer Normalverteilung. Da diese aber auch negative Reaktionszeiten zulässt, wurde alternativ dazu die Gammaverteilung verwendet.

Folgendes Beispiel zeigt das Modell einer Gammaverteilung mit $\mu=3$ und $\sigma=1,5$.



Aus der Graphik ist ersichtlich, dass schon nach 1 Jahr - zumindest bei einigen Messstellen - ein deutlicher Effekt nachweisbar ist. Die maximale Wirkung ergibt sich nach 30 Monaten, und weitgehend abgeklungen ist die Wirkung nach 8 Jahren.

Der Niederschlagsimpuls x_{ij} im Monat j des Jahres i wird unter der Annahme, dass die Veränderung der mittleren Nitratkonzentration c_{ij} im Grundwassergebiet proportional zu dem gewichteten Mittel der Niederschlagsabweichungen ist, mit folgender Formel berechnet:

$$x_{ij} = \sum_{m,n} d_{mn} w_{ijmn}$$

d_{mn} = Abweichung der Niederschlagssumme des Jahres m , Monat n vom langjährigen Monatsmittel

Die Summierung erfolgte entweder über das ganze Jahr sowie unter alleiniger Berücksichtigung der Sommerniederschlagssummen bzw. der Herbst/Winterniederschlagssummen ermittelt. Im sogenannten Kombinationsmodell wird die unterschiedliche Wirkung der Sommerniederschlagssummen bzw. der Herbst/Winterniederschlagssummen berücksichtigt.

Die Summe der Gewichte beträgt 1:

$$\sum_{m,n} w_{ijmn} = 1$$

w_{ijmn} = Gewicht des Niederschlagswertes des Jahres m , Monat n bezüglich der mittleren Konzentration in Monat j des Jahres i

Für die mittlere Nitratkonzentration im Grundwassergebiet im Monat j des Jahres i wird im Modellansatz folgende Modellgleichung verwendet:

$$c = \text{const.} + \beta_3 x_{ij}$$

Die Impulsfunktion x_{ij} ist von den Parametern μ und σ der Gammaverteilung abhängig.

Interpretation: Falls die Niederschlagssumme in allen Monaten das langjährige Monatsmittel um 1 % des langjährigen Mittelwertes $r_{..}$ aller Monatsniederschlagssummen übersteigt, ergibt sich eine Veränderung der Nitratkonzentration um

$$\beta_3 \sum_{m,n} 0,01 r_{..} w_{ijmn} = 0,01 \beta_3 r_{..} \sum_{m,n} w_{ijmn} = 0,01 \beta_3 r_{..}$$

$r_{..}$ = langjähriges Monatsmittel der Niederschlagssummen

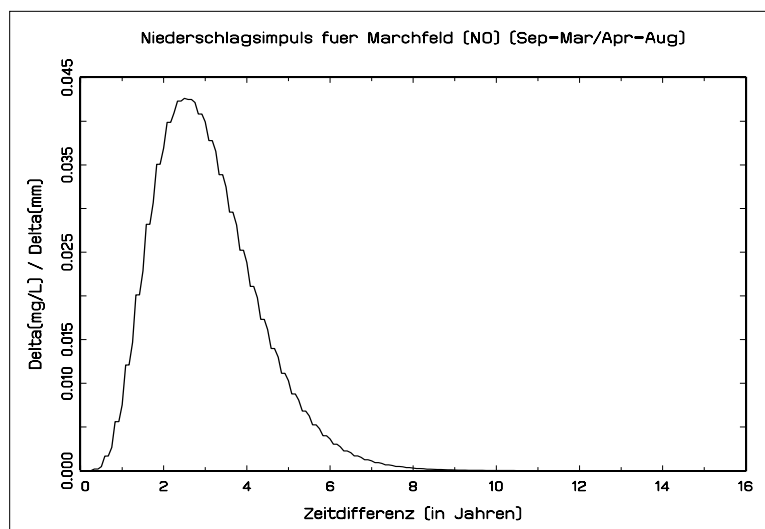
$c_{..}$ = langjähriger Konzentrationsmittelwert

Die absolute Veränderung $0,01 \beta_3$ k.A. $r_{..}$ entspricht einer prozentualen Veränderung der Konzentration um $e = \beta_3$ k.A. $r_{..} / c_{..}$

Ein 1%-iger Anstieg der Regenmenge bewirkt eine e%-ige Veränderung der Konzentration.

Die formale Definition der Niederschlagsimpulsfunktion lautet:

$$\text{Impuls}(t) = \beta_3 w_{ijmn} \text{ für } t = (i+j/12) - (m+n/12)$$



Wenn z.B. vor ca. 2,5 Jahren die Niederschlagsmenge um insgesamt 1 mm höher ausgefallen ist als üblich, bewirkt dies eine Erhöhung der Nitratkonzentration um 0,042 mg/l. Bei einer Erhöhung um 100 mm ist mit einer um 4 mg/l erhöhten Konzentration zu rechnen.

Insgesamt werden 4 Grundtypen des allgemeinen Modells unterschieden:

- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 (x_{ij} + y_{ij})$ ohne jahreszeitliche Differenz
(d.h. die Jahresniederschlagssummen gehen in die Auswertung ein)
- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 y_{ij}$ ohne Sommerniederschlag
(d.h. die Herbst/Winterniederschlagssummen gehen in die Auswertung ein)
- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 x_{ij}$ ohne Herbst/Winterniederschlag
(d.h. die Sommerniederschlagssummen gehen in die Auswertung ein)
- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 x_{ij} + \beta_4 y_{ij}$ Kombinationsmodell

x_{ij} = Niederschlagsimpuls der Sommermonate (April-September)

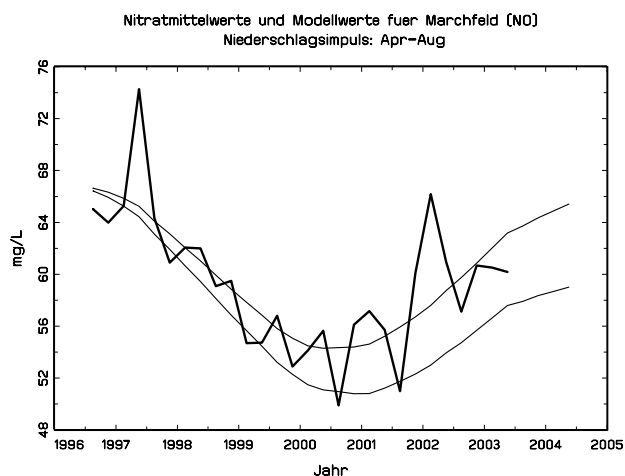
y_{ij} = Niederschlagsimpuls der Herbst/Wintermonate (Oktober-März)

Relativer linearer zeitlicher Trend

In die Berechnung geht ein linearer (anthropogener) Trend ein, der sich wie folgt berechnet:

$$t=i+(j-1)/12$$

Zusammengefasst entspricht die Konzentration der Summe aus Trendwert und Impulswert. Folgende Graphik zeigt die modellierte Nitratkonzentration einmal mit und einmal ohne den Trendwert:



Aufgrund von folgenden Limitierungen des Modells erfolgt eine Anwendung nur auf Grundwassergebiete, nicht auf einzelne Messstellen.

- Die systematische Abhängigkeit der Reaktionszeit vom Niederschlag wird nur indirekt über die statistische Verteilung berücksichtigt.
- Der horizontale Transport bleibt unberücksichtigt.

Modellschätzung

In das statistische Modell wurden monatliche Niederschlagssummen seit 1980 und quartalsweise gemessene Nitratkonzentrationen (meist seit 1995) einbezogen. Aufgrund der unterschiedlichen Messstellen (WGEV-Grundwasserqualitäts- bzw. HZB-Niederschlagsmessstellen) wurde eine Aggregation über das Grundwassergebiet vorgenommen. Dabei wurden für den Parameter Nitrat nur jene Messstellen berücksichtigt, für die konsistente, d.h. für die gesamte Untersuchungsperiode durchgehende Messreihen vorliegen. Halbjährlich beprobte Grundwassergebiete wurden nicht in die Auswertung einbezogen.

Eine eindeutige Zuordnung der Niederschlagsimpulse zu Trends in den Nitratkonzentrationen wird erschwert durch

- die unterschiedliche zeitliche Auflösung,
- relativ kurze Zeitreihen für Nitrat und
- unterschiedliche Messstellen für Niederschlag und Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

Zur Ermittlung der statistischen Verteilung der Reaktionszeiten wurden die in Frage kommenden Parameter μ (von 0,5 bis 14) und σ (von 1 bis 3) systematisch gescannt. Dabei erfolgte folgende Überprüfung:

- Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Sommer- und Wintereffekt?
 - Wenn nein, erfolgt keine jahreszeitliche Differenzierung;
 - Wenn ja, wird geprüft, ob beide Effekte von 0 signifikant verschieden sind. Ist dies der Fall, wird das Kombinationsmodell verwendet, ansonsten entweder das Modell für den Sommereffekt oder für den Wintereffekt. Wenn kein Effekt signifikant ist, wird das Modell verworfen.

Die Modellschätzung erfolgte anhand von folgenden Arbeitsschritten:

- Ermittlung von Modellkandidaten (Kandidaten für die Niederschlagsimpulsfunktion)
- Schätzung der Parameter $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$
- Überprüfung der statistischen Signifikanz der Parameter
- Ermittlung von Elastizität und relativem Jahrestrend
- Schätzung der Nitratkonzentrationen

Plausibilitätsprüfung

Die Festlegung der Parameter der Impulsfunktion erfolgt in einem iterativen Algorithmus durch Minimierung der Summe der Residuenquadrate. Dabei zeigt sich, dass häufig mehrere unterschiedliche Lösungen möglich sind. Insbesondere bei kurzen Zeitreihen ist keine eindeutige Festlegung der Parameter möglich. Zusätzliche Bedingungen müssen formuliert werden, damit eine eindeutige und statistisch sinnvolle Schätzung möglich wird. Dies betrifft vor allem den zugrunde liegenden linearen Trend. Von diesem wird angenommen, dass er zusätzlich zu den Niederschlagseffekten wirksam ist. Darüber hinaus ist die Stärke der Niederschlagseffekte anzuführen, die durch die Maßzahl der Elastizität ausgedrückt wird. Es wurden nur jene Lösungen berücksichtigt, die bezüglich Trend und Elastizität als plausibel angesehen werden können.

Grundsätzlich wurden nur solche Lösungen berücksichtigt, bei denen der Jahrestrend betragsmäßig kleiner als 5 % und die Elastizität betragsmäßig kleiner als 2 ist. Sofern mehrere Lösungen für ein Grundwassergebiet verfügbar sind, werden weitere Identifizierungskriterien herangezogen: Entfernung von Modellen, bei denen

- die erklärte Varianz trotz gleicher Parameterzahl mindestens 10% schlechter ausfällt als beim besten Modell,
- die erklärte Varianz trotz höherer Parameterzahl nicht besser ist als bei einfacheren Modellen,
- die Breite der Impulsfunktion unter 80 % der mittleren Reaktionszeit liegt.

Grundwassergebiete mit geringen Nitratkonzentrationen, geringer Ausdehnung und/oder starken Wechselwirkungen mit Vorflutern bzw. benachbarten Gebieten sind gesondert zu überprüfen, da hier Sondereffekte besonders stark wirksam sein können. Es kamen deshalb nur Grundwassergebiete mit einer mittleren Nitratkonzentration größer 30 mg/l und mind. 3 WGEV-Messstellen zur Auswertung.

A3.3 Modellergebnisse

Das in Kapitel A3.2 beschriebene Modell bildete die Grundlage für eine statistische Analyse von 93 Porengrundwassergebieten in den ausgewählten Bundesländern, für die sowohl Niederschlagsdaten als auch Nitratdaten zur Verfügung standen. Mit den in Kapitel A3.2 getroffenen Einschränkungen kamen 19 Grundwassergebiete zur Auswertung, von denen für 12 GWGs insgesamt 24 statistisch signifikante Impulsfunktionen ermittelt wurden. Von diesen 12 Grundwassergebieten weisen 8 eine Aufwärtsentwicklung bezüglich Nitrat auf.

Für folgende 5 Grundwassergebiete (GWG) wurden mehrere statistisch signifikante Modelllösungen ermittelt:

- PG32240 Marchfeld (NÖ): 4 Modellkandidaten
- PG32250 Weinviertel Sonstige: 4 Modellkandidaten
- PG41260 Traun-Enns-Platte: 4 Modellkandidaten
- PG64000 Unteres Murtal: 2 Modellkandidaten
- PG92240 Marchfeld (W): 3 Modellkandidaten

Für 7 Grundwassergebiete wurden Einfachlösungen (d.h. 1 Modellkandidat) ermittelt.

Tabelle 1 beinhaltet eine Auflistung der 19 ausgewerteten Grundwassergebiete samt Anzahl der statistisch signifikanten Impulsfunktionen sowie dem Ergebnis der Trendauswertungen für Nitrat von 1.1.1997 bis 30.6.2003.

Tabelle 1: Ausgewertete Grundwassergebiete, Anzahl der statistisch signifikanten Impulsfunktionen sowie dem Ergebnis der Trendauswertungen für Nitrat von 1.1.1997 bis 30.6.2003

Grundwasser- gebiets-Nr.	Grundwasser- gebiets-Bez.	Anzahl der statistisch signifikanten Lösungen	Ergebnis Trend- auswertung Nitrat (1.1.1997 – 30.6.2003)
PG32240	Marchfeld (NÖ)	4 Modellkandidaten	--↑
PG32250	Weinviertel Sonstige	4 Modellkandidaten	▼↑
PG41260	Traun-Enns-Platte	4 Modellkandidaten	▼↑
PG92240	Marchfeld (W)	3 Modellkandidaten	▼↓
PG64000	Unteres Murtal	2 Modellkandidaten	▼
PG13090	Parndorfer Platte	1 Modellkandidat	▼↓
PG13180	Seewinkel	1 Modellkandidat	▼↑

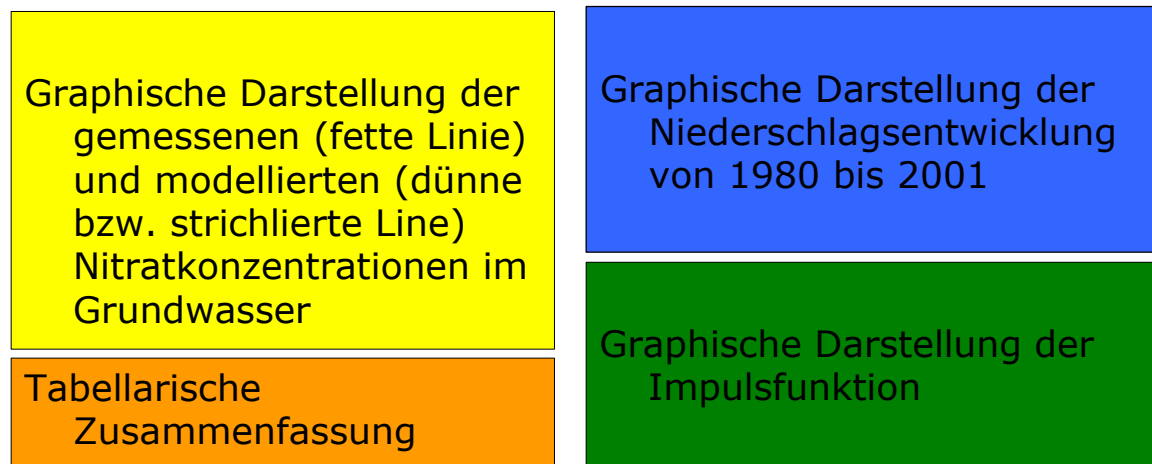
Grundwasser- gebiets-Nr.	Grundwasser- gebiets-Bez.	Anzahl der statistisch signifikanten Lösungen	Ergebnis Trend- auswertung Nitrat (1.1.1997 – 30.6.2003)
PG13252	Ikvtal-2	1 Modellkandidat	--
PG31850	Ybbstal-Urtal	1 Modellkandidat	--↑
PG32000	Nördl. Tullner Feld	1 Modellkandidat	--↑
PG41220	Welser Heide	1 Modellkandidat	--
PG63800	Grazer Feld	1 Modellkandidat	▼↑
PG13130	Wulkatal	Keine Lösung	▼
PG24390	Unteres Gurktal	Keine Lösung	--
PG32510	Industrieviertel Sonstige-1	Keine Lösung	--↓
PG32740	Thaya-Pulkautal	Keine Lösung	▼↑
PG40960	Südl. Eferdinger Becken	Keine Lösung	▼
PG41220	Welser Heide	Keine Lösung	--
PG41730	Unteres Ennstal (OÖ)	Keine Lösung	▼
PG63900	Leibnitzer Feld	Keine Lösung	▼↑

Folgende Symbole werden bei der Darstellung der Ergebnisse der Trendauswertung herangezogen:

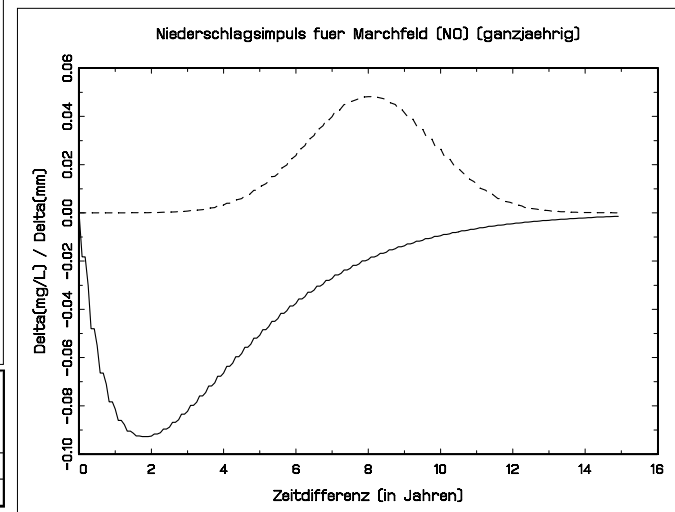
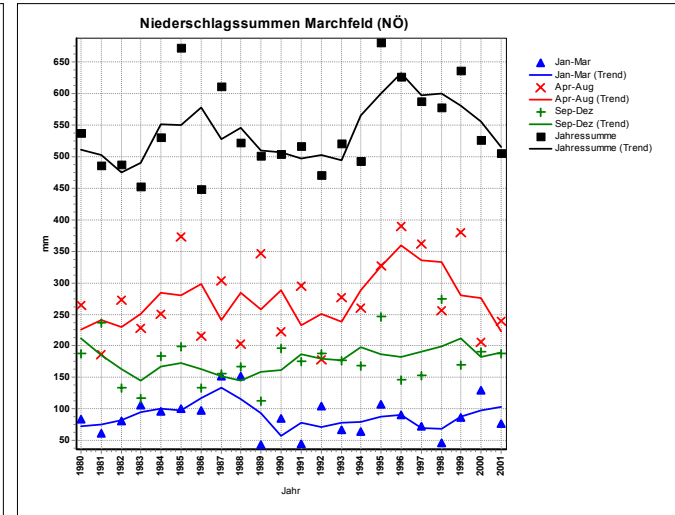
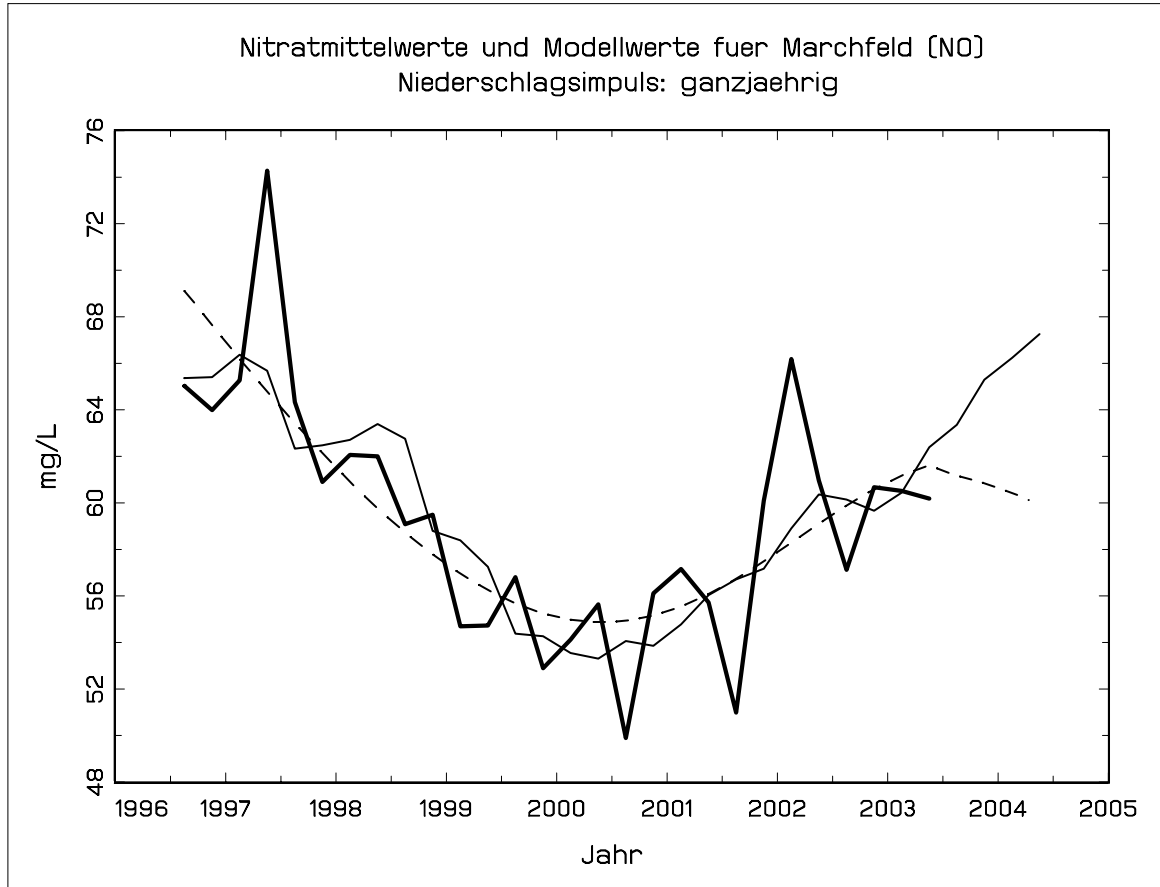
Symbol	Beschreibung der Symbole
--	kein Trend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
--↑	kein Trend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach oben
--↓	kein Trend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach unten
▼	Abwärtstrend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
▼↑	Abwärtstrend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach oben
▼↓	Abwärtstrend, statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach unten
▲	Aufwärtstrend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
▲↑	Aufwärtstrend, statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach oben
▲↓	Aufwärtstrend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach unten
*	keine Auswertung möglich

Im Folgenden werden die Ergebnisse sortiert nach der Grundwassergebietsnummer, beginnend bei den Grundwassergebiet mit Mehrfachlösungen, graphisch dargestellt. Für die Grundwassergebiete mit Mehrfachlösungen erfolgt anschließend an die Präsentation der Modellkandidaten eine tabellarische Zusammenfassung und verbale Beschreibung der Modellergebnisse. Nach den 5 Grundwassergebiet mit Mehrfachlösungen werden die Modellergebnisse der Grundwassergebiete mit Einzellösungen präsentiert und tabellarisch zusammengefasst und verbal beschrieben.

Die Darstellung der Modellkandidaten erfolgt nach folgendem Schema:

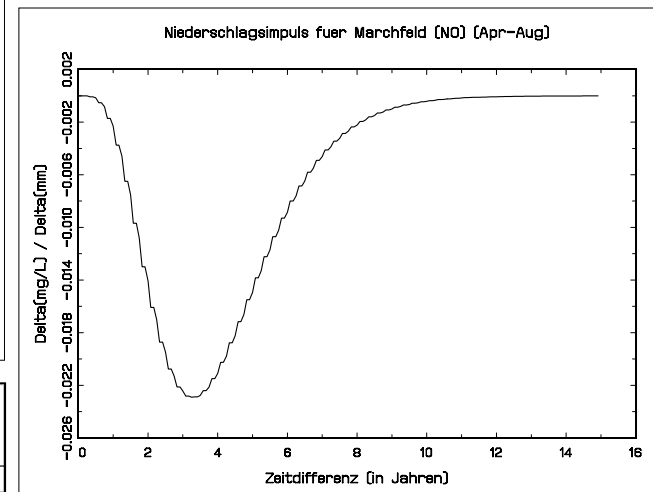
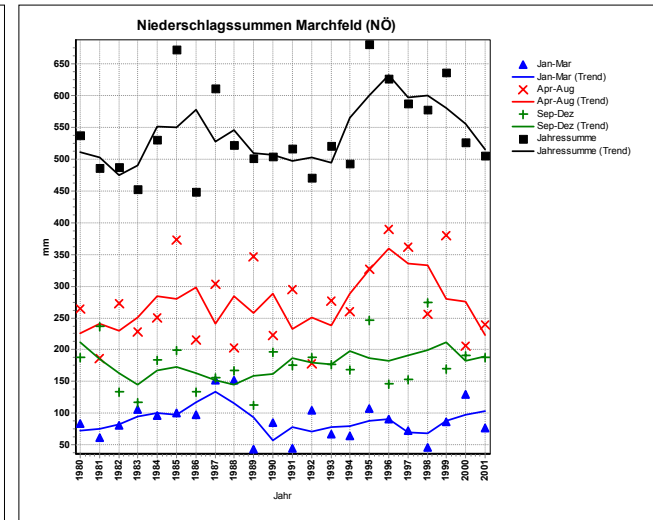
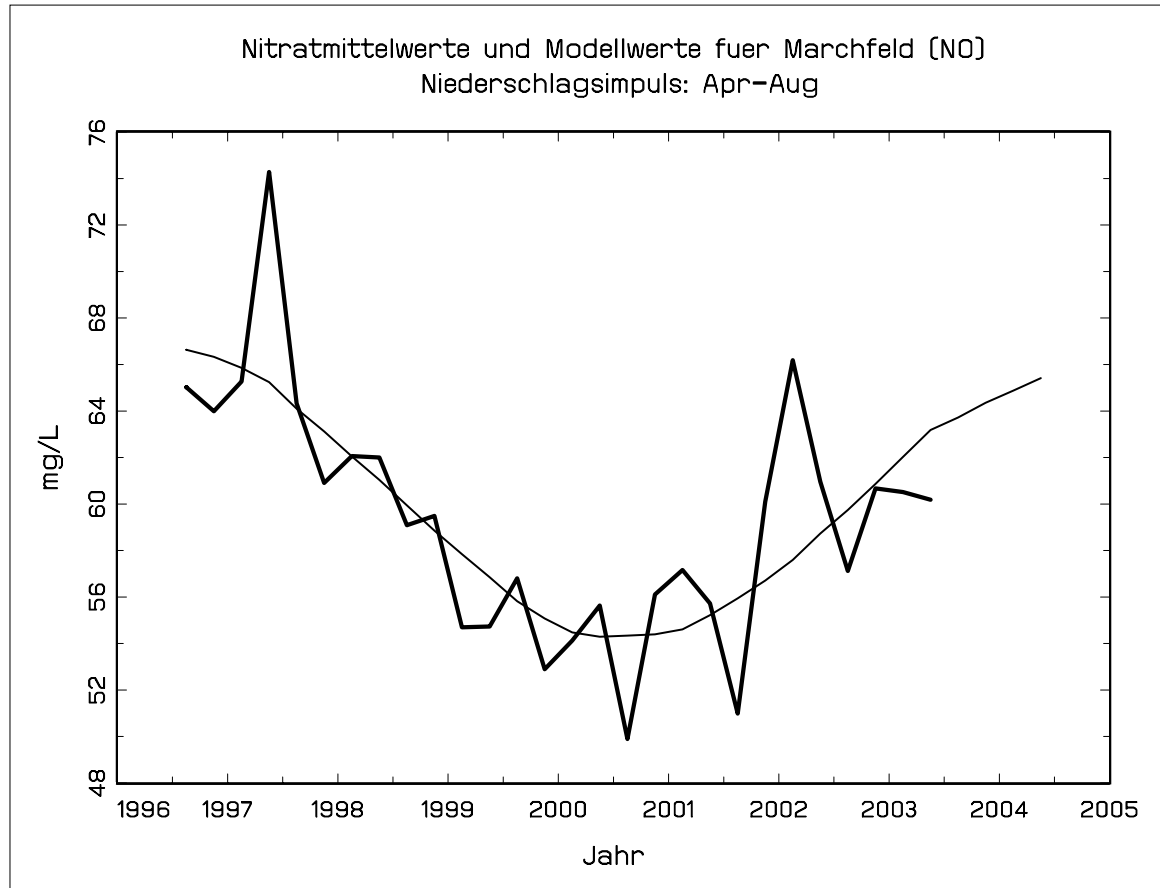


PG32240 Marchfeld (NÖ) 1+2



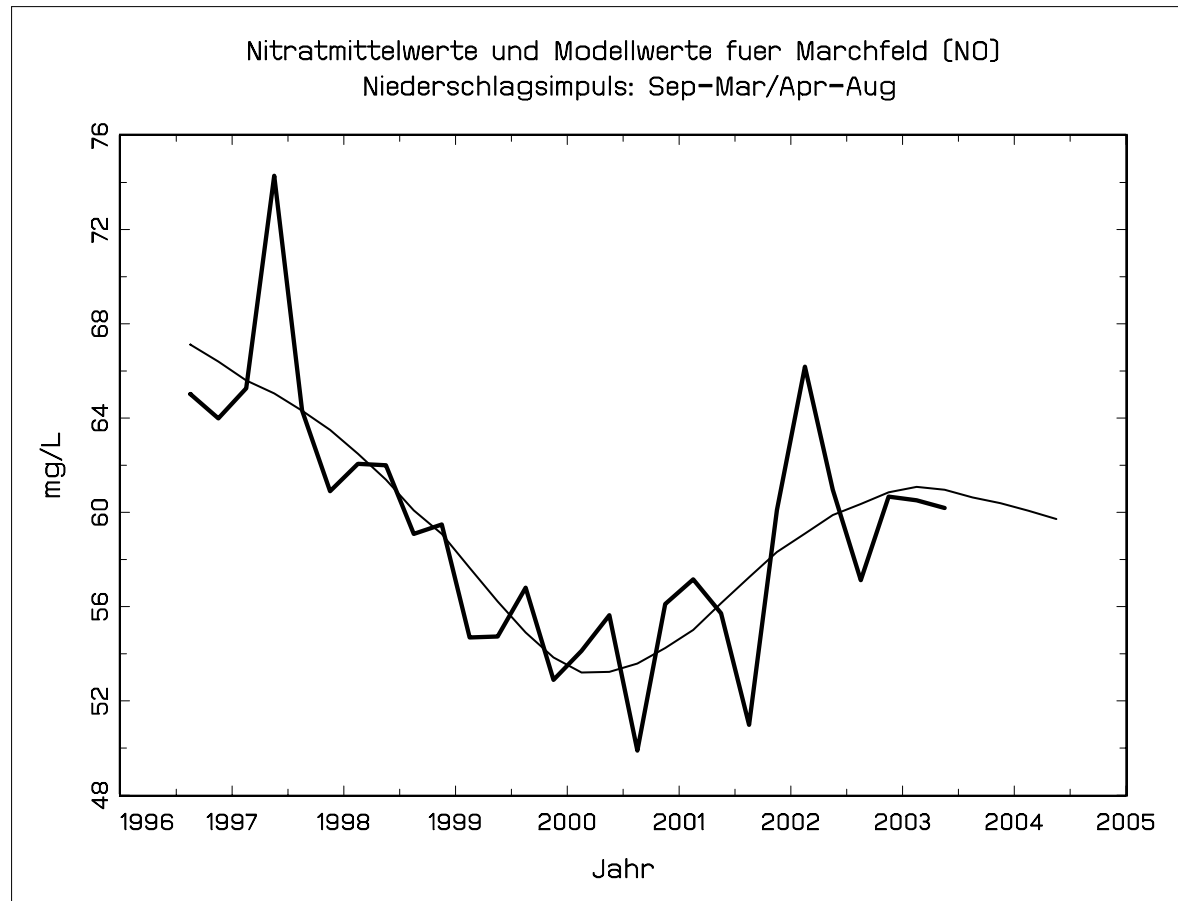
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	8	7	ganzjährig	-4,90%	0,83	63,74%
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	4	12	ganzjährig	-0,83%	-1,41	60,12%

PG32240 Marchfeld (NÖ) 3

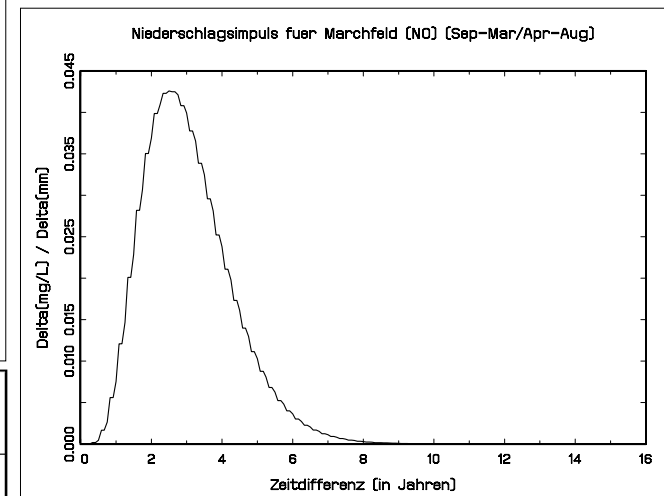
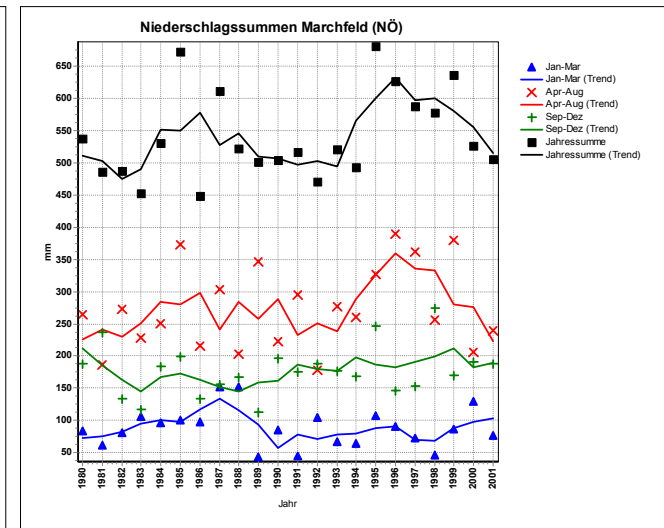


GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32240	Marchfeld (NÖ)	-↑	35	21	4	7	Sommer	0,29%	-0,72	61,27%

PG32240 Marchfeld (NÖ) 4



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	3	5	Komb. Sommer und Herbst/Winter	-2,74%	0,97 (Herbst/Winter); -0,37 (Sommer)	67,04%



Tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ)

Tabelle 2 zeigt eine tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ).

Tabelle 2: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ)

GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	8	7	ganzjährig	-4,90%	0,83	63,74%
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	4	12	ganzjährig	-0,83%	-1,41	60,12%
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	4	7	Sommer	0,29%	-0,72	61,27%
PG32240	Marchfeld (NÖ)	--↑	35	21	3	5	Komb. Sommer und Herbst/Winter	-2,74%	0,97 (Herbst/Winter); -0,37 (Sommer)	67,04%

Beschreibung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ)

- Bei 3 von 4 Modellkandidaten treten negative lineare Jahrestrends bis zu -4,9 % auf.
- Die mittleren Reaktionszeiten liegen zwischen 3 und 8 Jahren.
- Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab keinen Trend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.
- Steigende Sommerniederschläge bewirken bei 2 Lösungen (kombiniert/Sommer) sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser.
- Steigende Herbst/Winterniederschläge bewirken bei der kombinierten Lösung steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser.
- Bei den beiden ganzjährigen Lösungen findet sich jeweils 1 signifikanter Modellkandidat mit positiver bzw. negativer Elastizität.

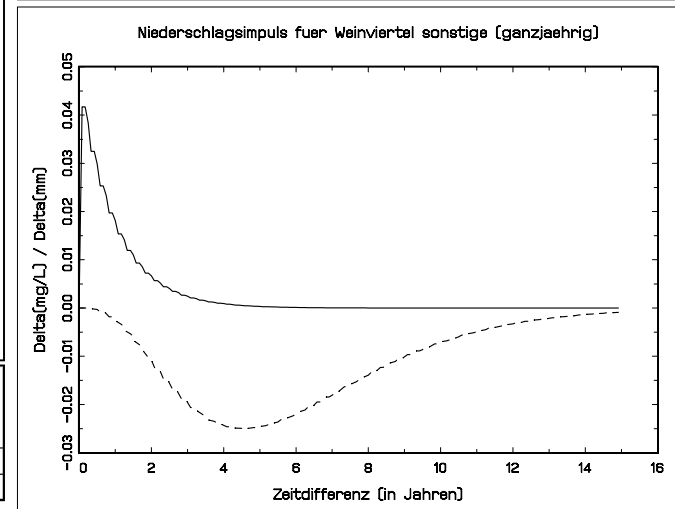
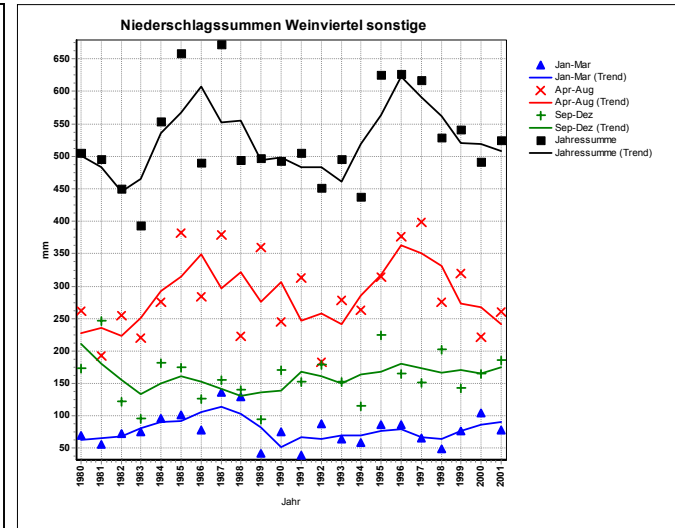
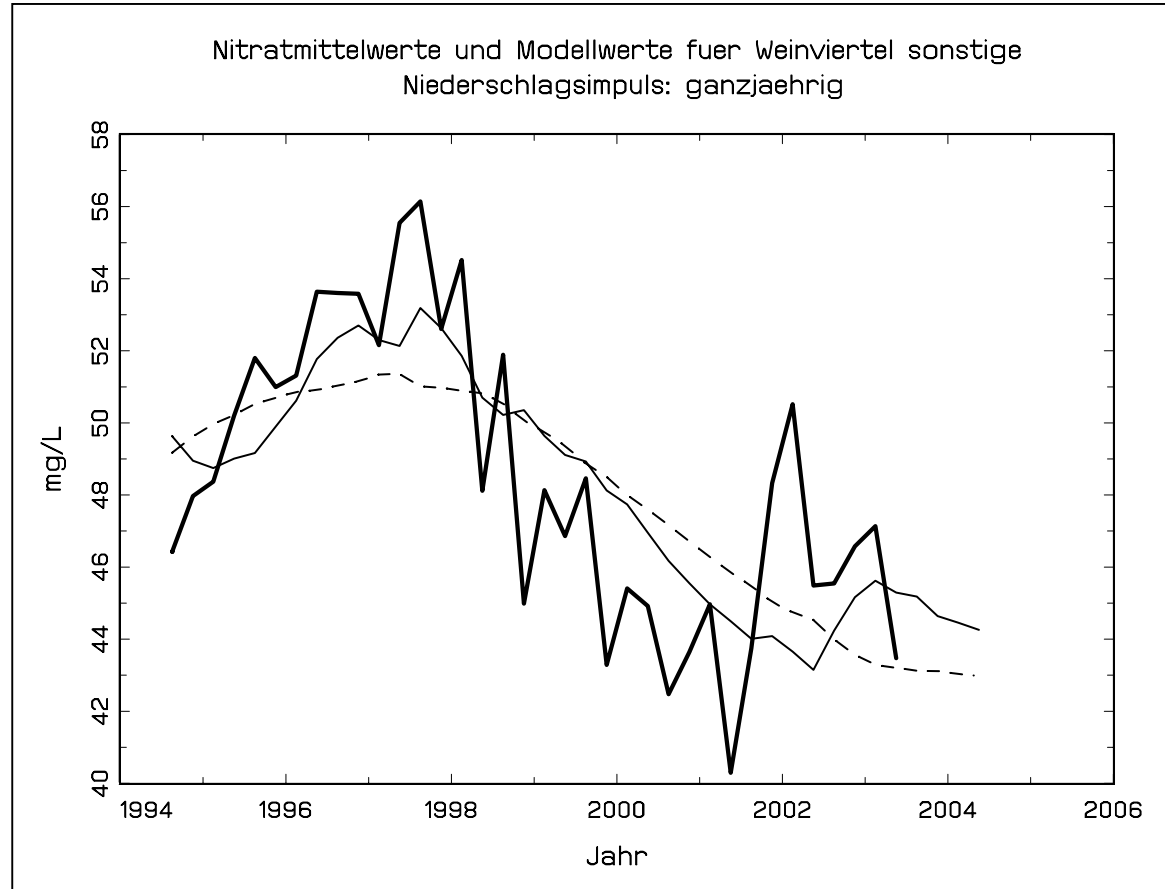
Eine aktuelle Trendauswertung für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) für den Zeitraum von 1.7.1999 bis 30.6.2004 (5 Jahre) ergab einen Aufwärtstrend für Nitrat. Dieses Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem ganzjährigen Modellkandidaten mit negativer Elastizität bzw. der Impulsfunktion für den Sommer ebenso bei negativer Elastizität. Beide Lösungen weisen eine mittlere Reaktionszeit von 4 Jahren auf.

Die Niederschläge im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) zeigen im Vergleich zu anderen Grundwassergebietern verhältnismäßig geringe Schwankungen. Aus der graphischen Darstellung der Niederschlagsentwicklung ist ein langsam ansteigender Trend der Herbst/Winterniederschlagssummen seit den letzten 10 Jahren ersichtlich. Die Sommerniederschlagssummen sind bis 1993 niedrig, steigen dann bis 1996/97 an, um dann bis Ende 2001 wieder abzufallen.

Ein möglicher Rückschluss daraus ist, dass steigende Sommerniederschläge abnehmende Nitratkonzentrationen im Grundwasser bewirken können. Das bedeutet, dass sich ausgehend von sinkenden Sommerniederschlagssummen in den Jahren von 1996 bis Ende 2001 und einer Reaktionszeit von 4 Jahren in der gesättigten und ungesättigten Zone ein Anstieg der Nitratkonzentrationen ab 2000 ergibt. Das Abfallen der Nitratkonzentrationen im Zeitraum von 1996 bis 2000/2001 könnte somit durch das Ansteigen der Sommerniederschlagssummen im Zeitraum von 1992 bis 1996 erklärt werden. Eine mögliche Erklärung für diese Hypothese ist, dass die Stickstoffvorräte im Boden durch Ertragsverluste, die durch sinkende Niederschläge verursacht werden können, nicht verbraucht und mit dem Sickerwasser, das im Herbst bzw. Winter zur Grundwasserneubildung beiträgt, ausgewaschen werden.

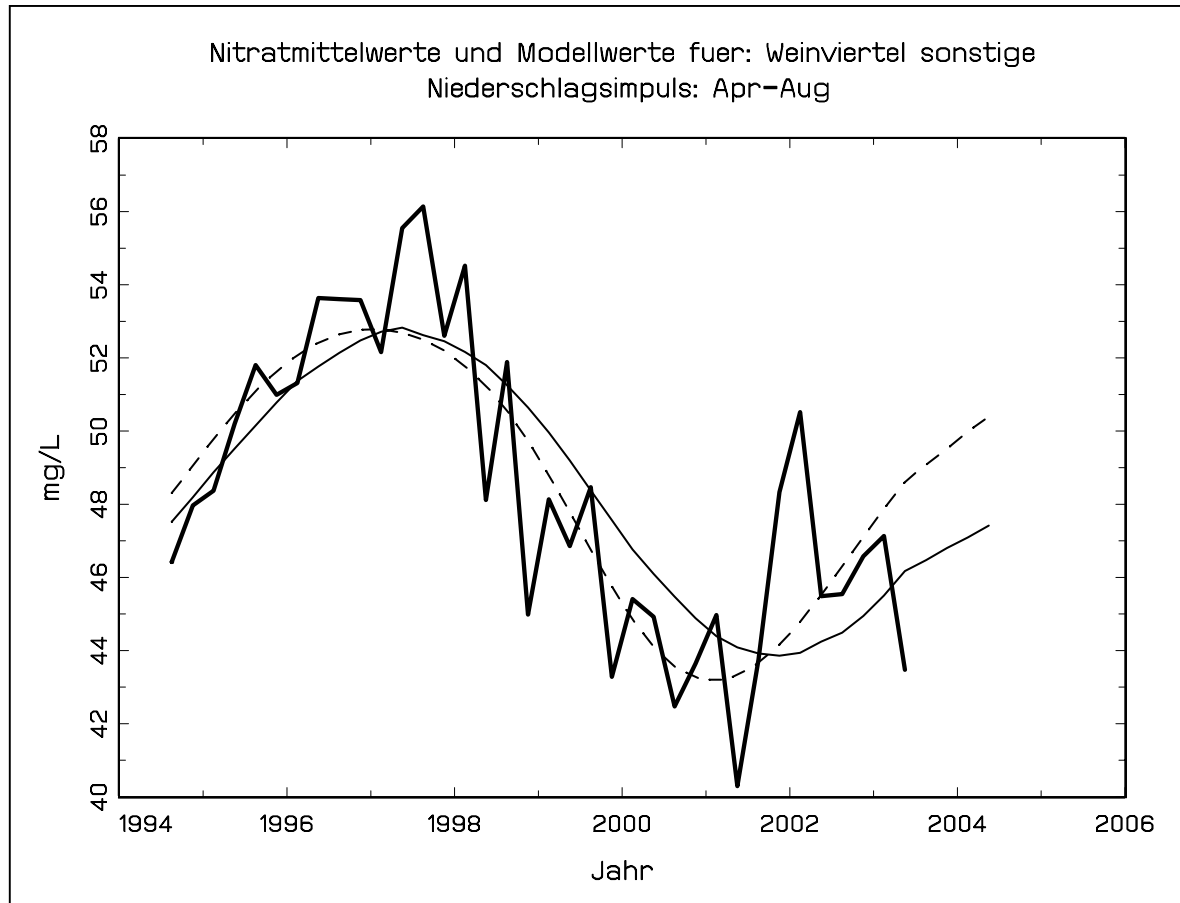
Darüber hinaus bewirken steigende Herbstniederschläge bei den Modellkandidaten 1 bzw. 4 eine Erhöhung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Wie in der Studie „ÖPUL-Evaluierung – Analyse der Ursachen für das Sinken von Nitratbefruchtungen im Grundwasser“ (wpa & IKT, 2003) ausgeführt, verbessern die steigenden Niederschläge (siehe auch Abb. 2) die Voraussetzungen für die Stickstoffmineralisierung insbesondere in Trockengebieten. Gleichzeitig bewirken sie eine Erhöhung der Sickerwassermengen. Beides führt zu einer Zunahme der ausgetragenen Stickstofffrachten. Die Ergebnisse der Studie besagen darüber hinaus, dass auf Böden mit geringer Feldkapazität resultierend aus der hohen Durchlässigkeit und der geringen Speicherkraft dieser Böden der höchste Stickstoffaustrag stattfindet, allerdings erfolgt aufgrund der durch die Niederschläge bedingten Zunahme der Sickerwassermenge insgesamt eine „Verdünnung“ der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser. Bei Böden mit hoher Feldkapazität tritt der umgekehrte Effekt auf.

PG32250 Weinviertel Sonstige (NÖ) 1+2

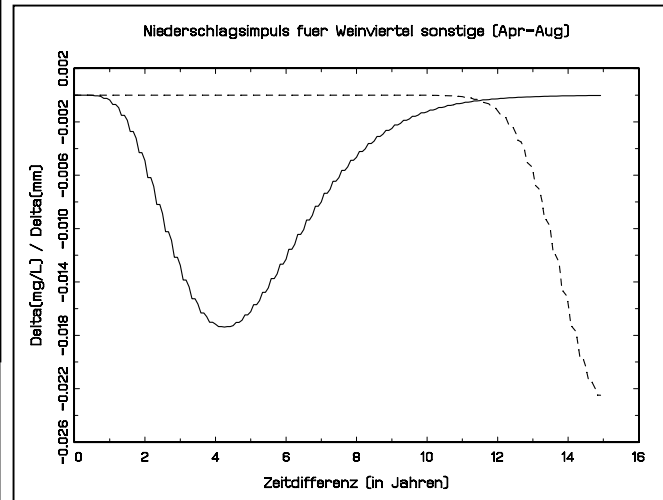
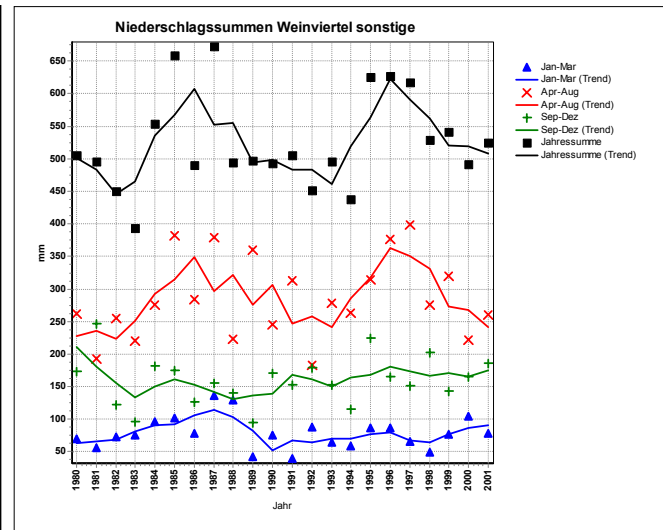


GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32250	Weinviertel sonstige	▼↑	20	46	6	12	ganzjährig	2,14%	-1,48	73,34%
PG32250	Weinviertel sonstige	▼↑	20	46	1	4	ganzjährig	-1,89%	0,21	62,38%

PG32250 Weinviertel Sonstige (NÖ)

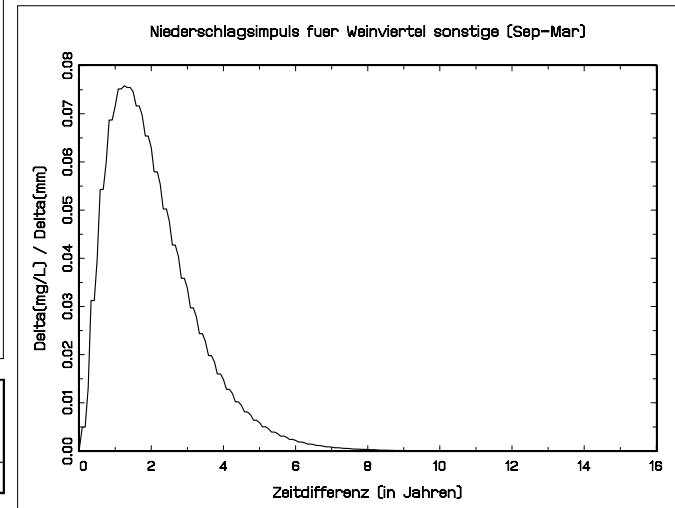
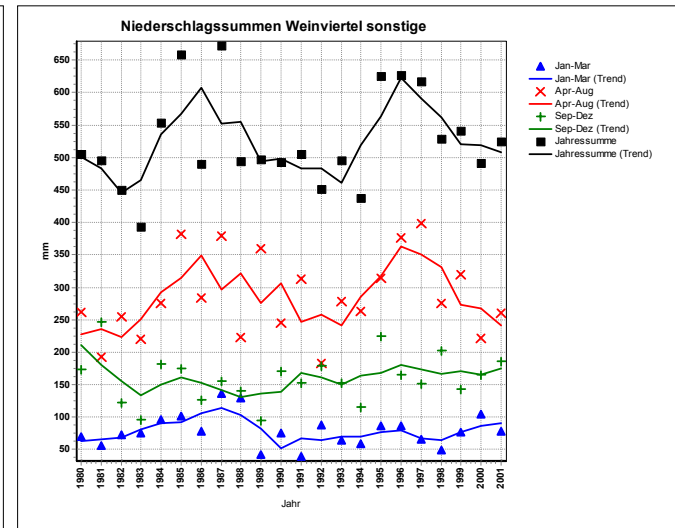
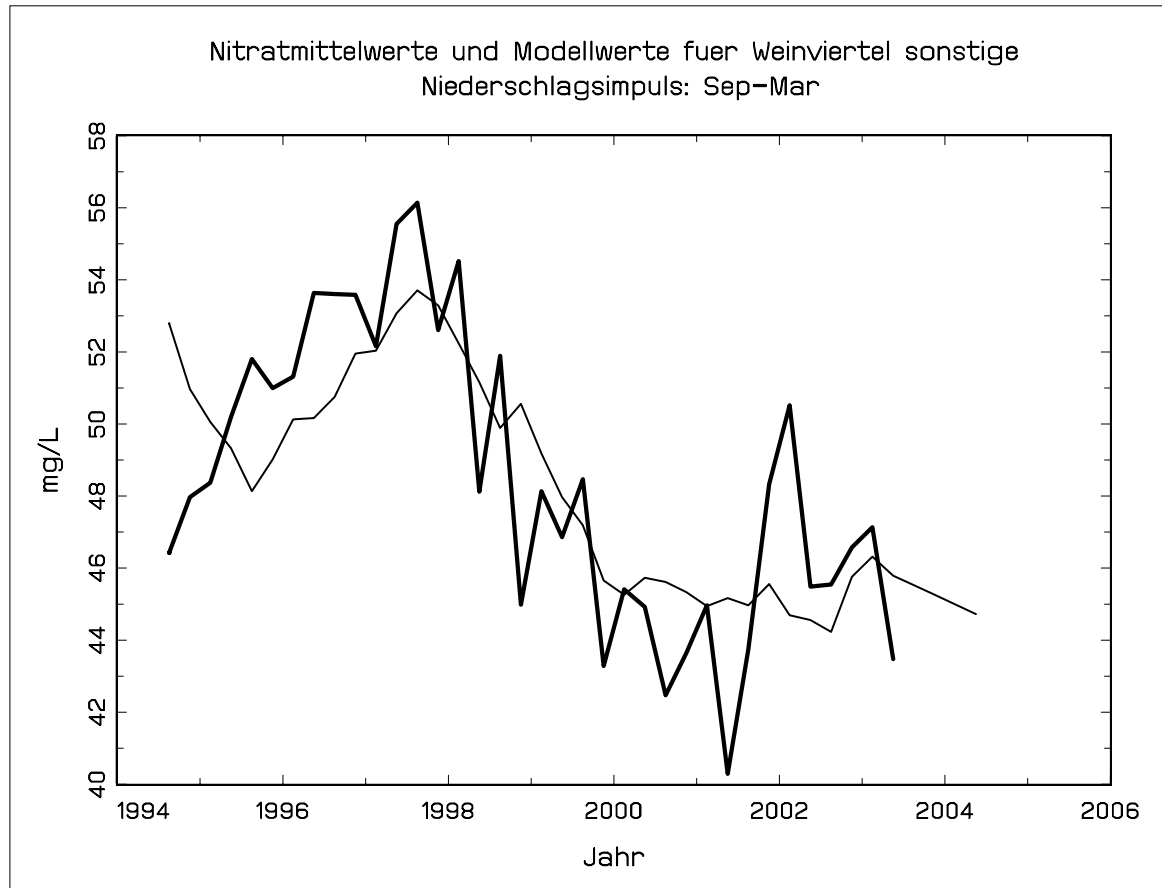


Dieser Modellkandidat würde mit den getroffenen Einschränkungen wegfallen, wird aufgrund der guten Modellanpassung jedoch in das Ergebnis aufgenommen.



13

PG32250 Weinviertel Sonstige (NÖ) 4



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG332250	Weinviertel sonstige	▼↑	20	46	2	5	Herbst / Winter	-3,28%	1,32	56,22%

Tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32250 Weinviertel Sonstige

Tabelle 3 zeigt eine tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32250 Weinviertel Sonstige.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32250 Weinviertel Sonstige

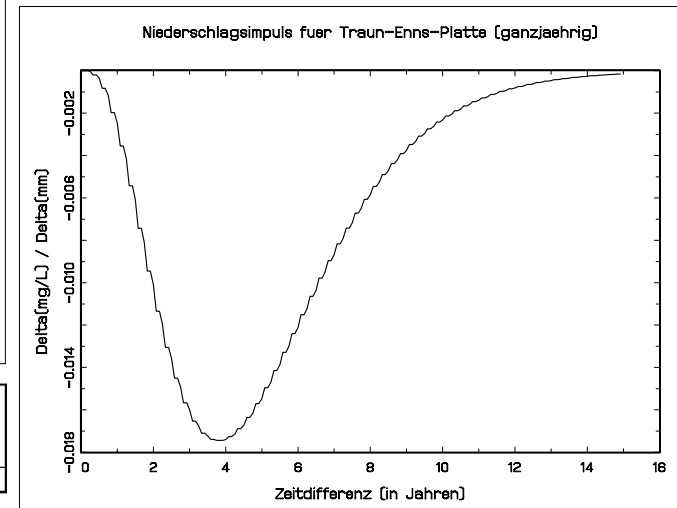
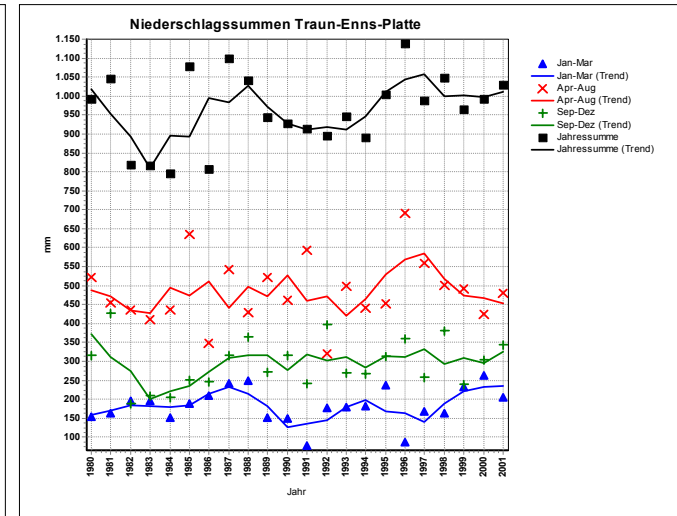
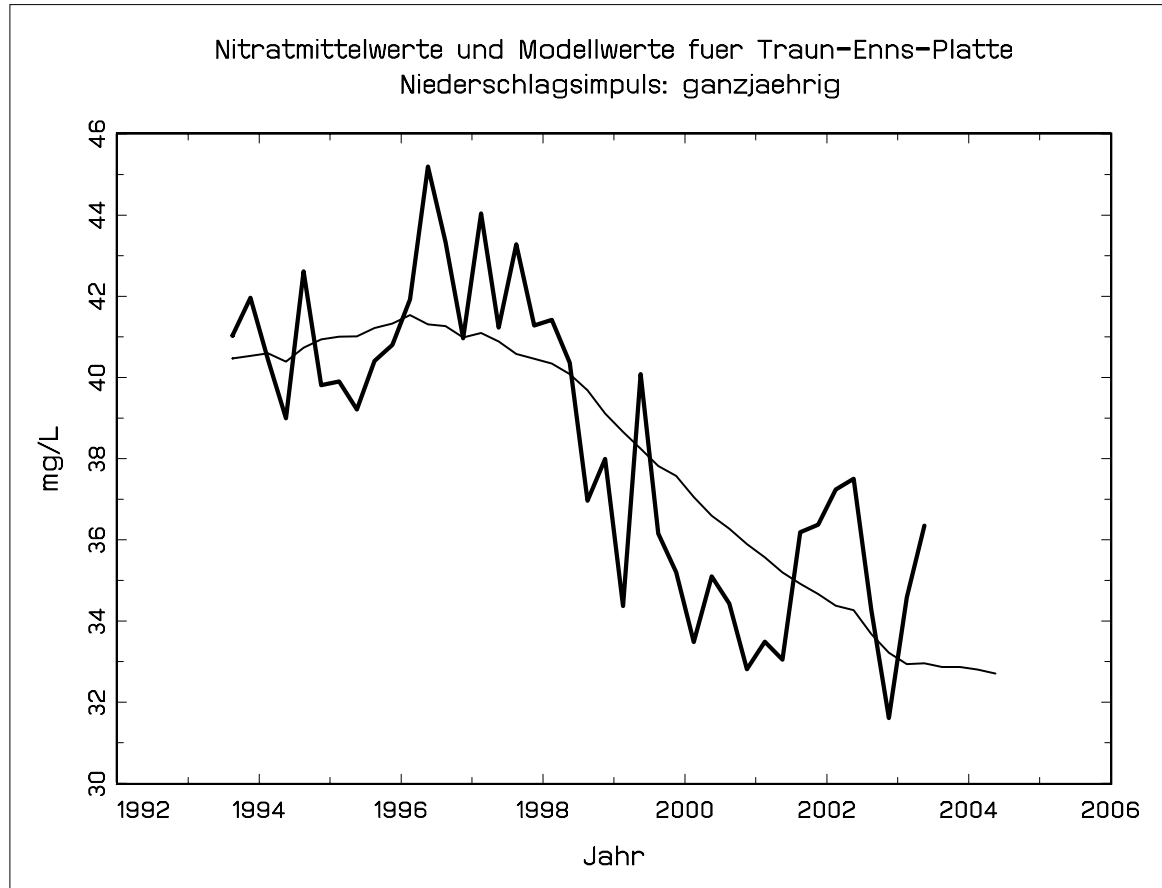
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32250	Weinviertel sonstige	▼↑	20	46	6	12	ganzjährig	2,14%	-1,48	73,34%
PG32250	Weinviertel sonstige	▼↑	20	46	1	4	ganzjährig	-1,89%	0,21	62,38%
PG32250	Weinviertel sonstige	▼↑	20	46	2	5	Herbst / Winter	-3,28%	1,32	56,22%

Beschreibung der Ergebnisse für das Grundwassergebiet PG32250 Weinviertel Sonstige

- Der Jahrestrend schwankt bei den vier Modellkandidaten von 2,14 % bis -3,28 %.
- Die mittleren Reaktionszeiten liegen zwischen 1 und 6 Jahren.
- Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.
- Bei den beiden ganzjährigen Modellkandidaten findet sich jeweils 1 signifikanter Modellkandidat mit
 - negativer Elastizität und guter Modellanpassung,
 - positiver Elastizität bei einer sehr kurzen Reaktionszeit von einem Jahr und geringer Modellanpassung.
- Steigende Sommerniederschläge bewirken bei einer Lösung sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Dieser Modellkandidat zeigt die beste Anpassung der insgesamt 4 Modellkandidaten.
- Steigende Herbst/Winterniederschläge bewirken sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

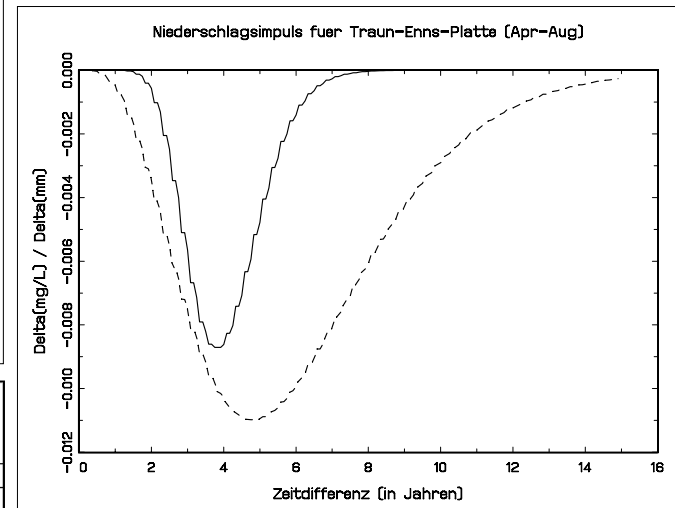
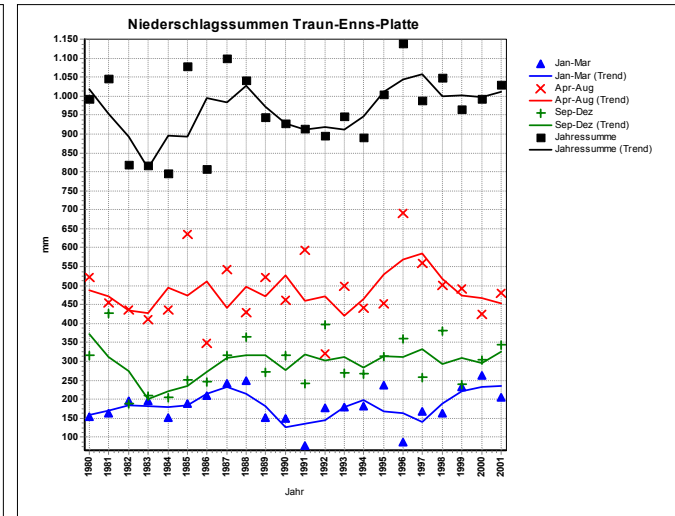
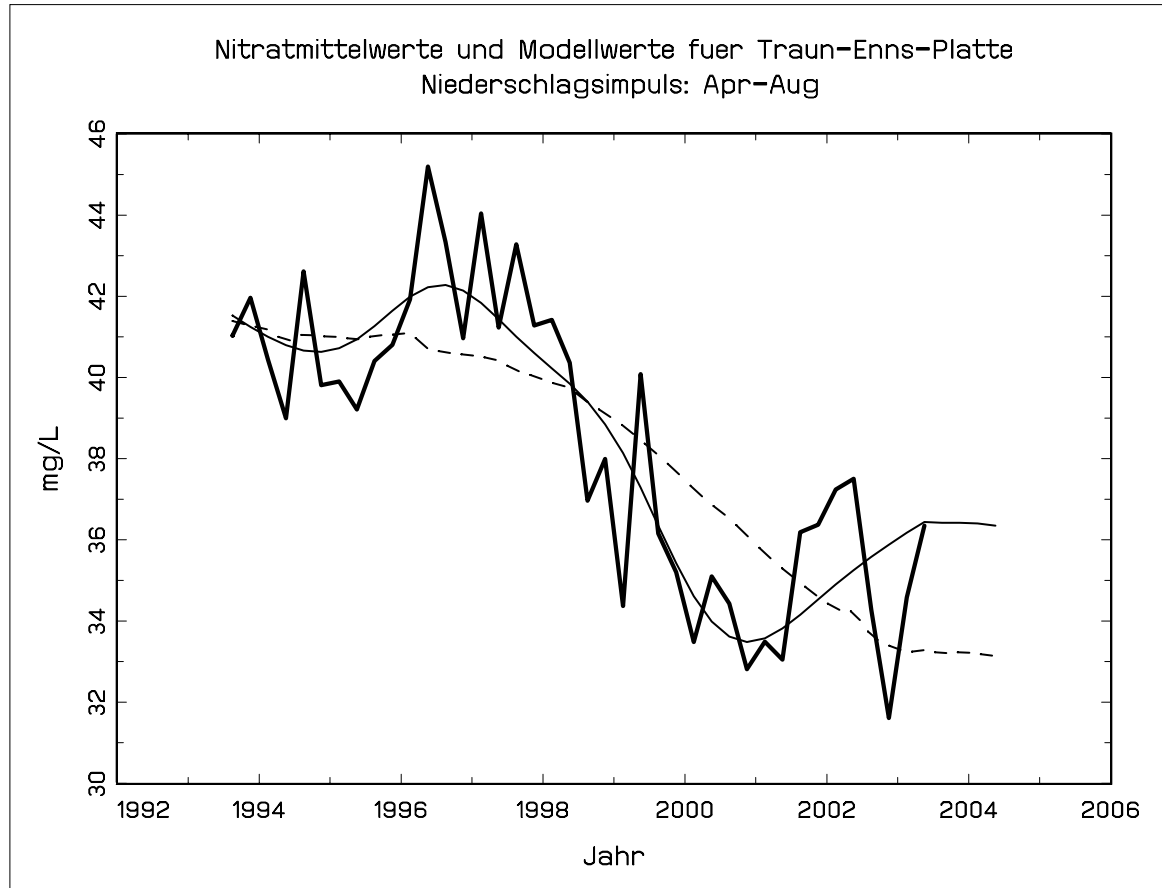
Eine aktuelle Trendauswertung für das Grundwassergebiet PG32250 Weinviertel Sonstige für den Zeitraum von 1.7.1997 bis 30.6.2004 ergab einen Abwärtstrend mit signifikantem Bruch der Trendlinie nach oben für Nitrat. Dieses Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem Sommer-Modellkandidaten und stimmt darüber hinaus mit den Ergebnissen des Grundwassergebiets PG32240 Marchfeld (NÖ) gut überein.

PG41260 Traun-Enns-Platte (OÖ) 1



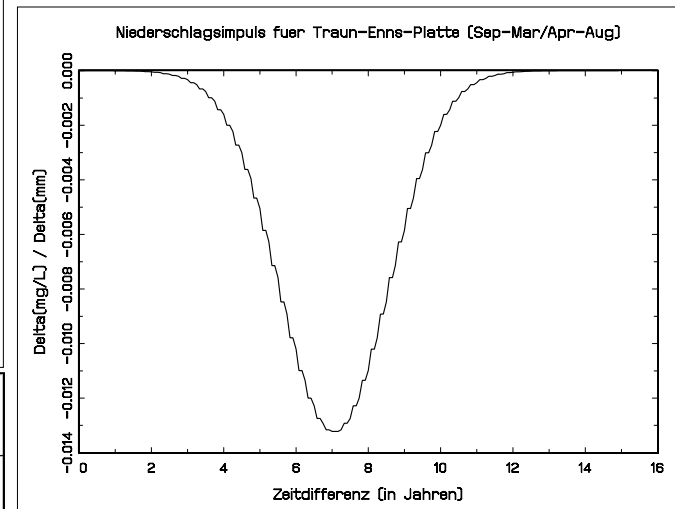
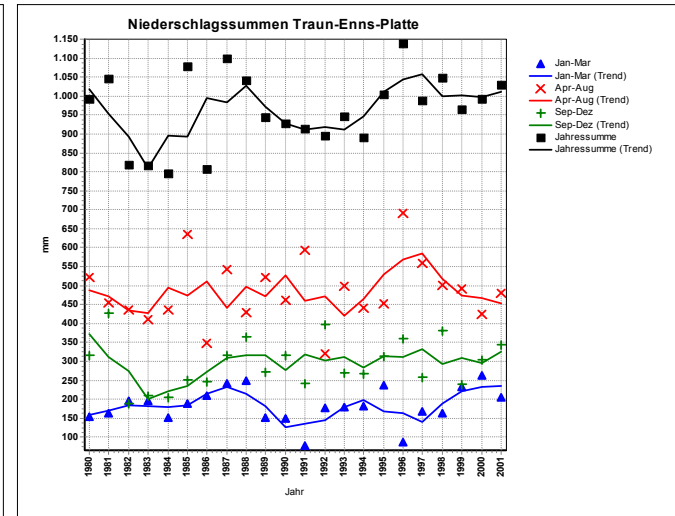
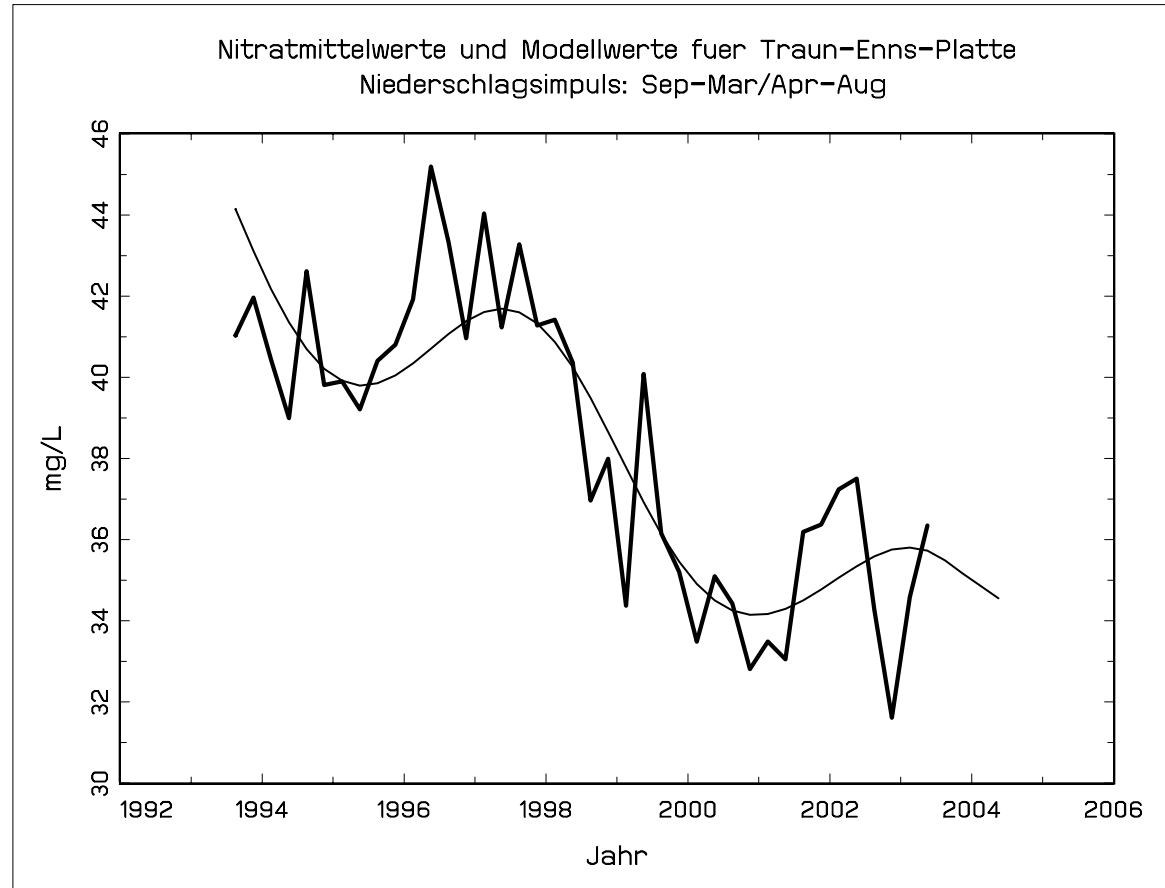
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	5	10	ganzjährig	0,93%	-1,63	76,99%

PG41260 Traun-Enns-Platte (OÖ) 2+3



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	6	11	Sommer	-0,35%	-1,70	73,47%
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	4	4	Sommer	-1,5%	-0,51	77,04%

PG41260 Traun-Enns-Platte (OÖ) 4



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	7	6	Komb. Sommer und Herbst/Winter	-3,38%	-1,5 (Herst/Winter); 0,61 (Sommer)	79,20%

Tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte

Tabelle 4 zeigt eine tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte.

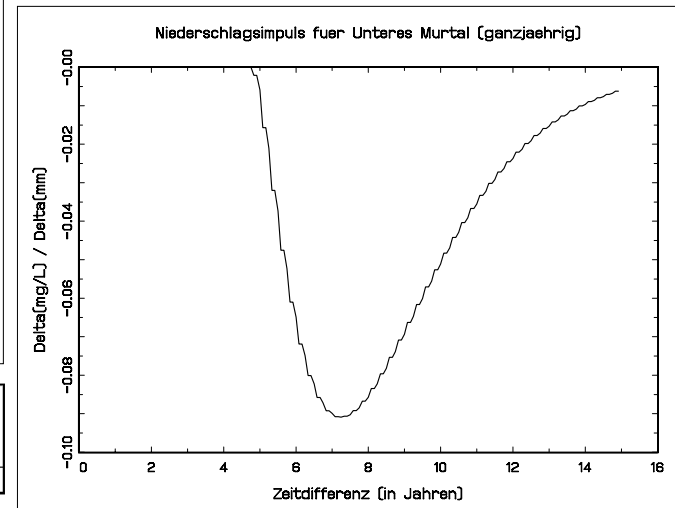
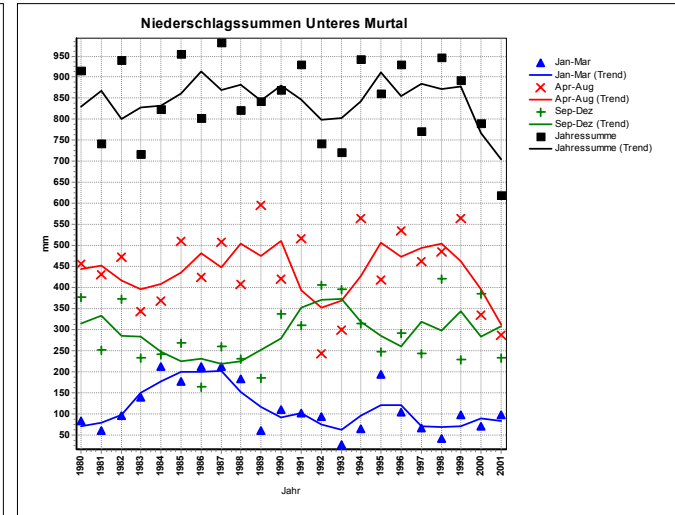
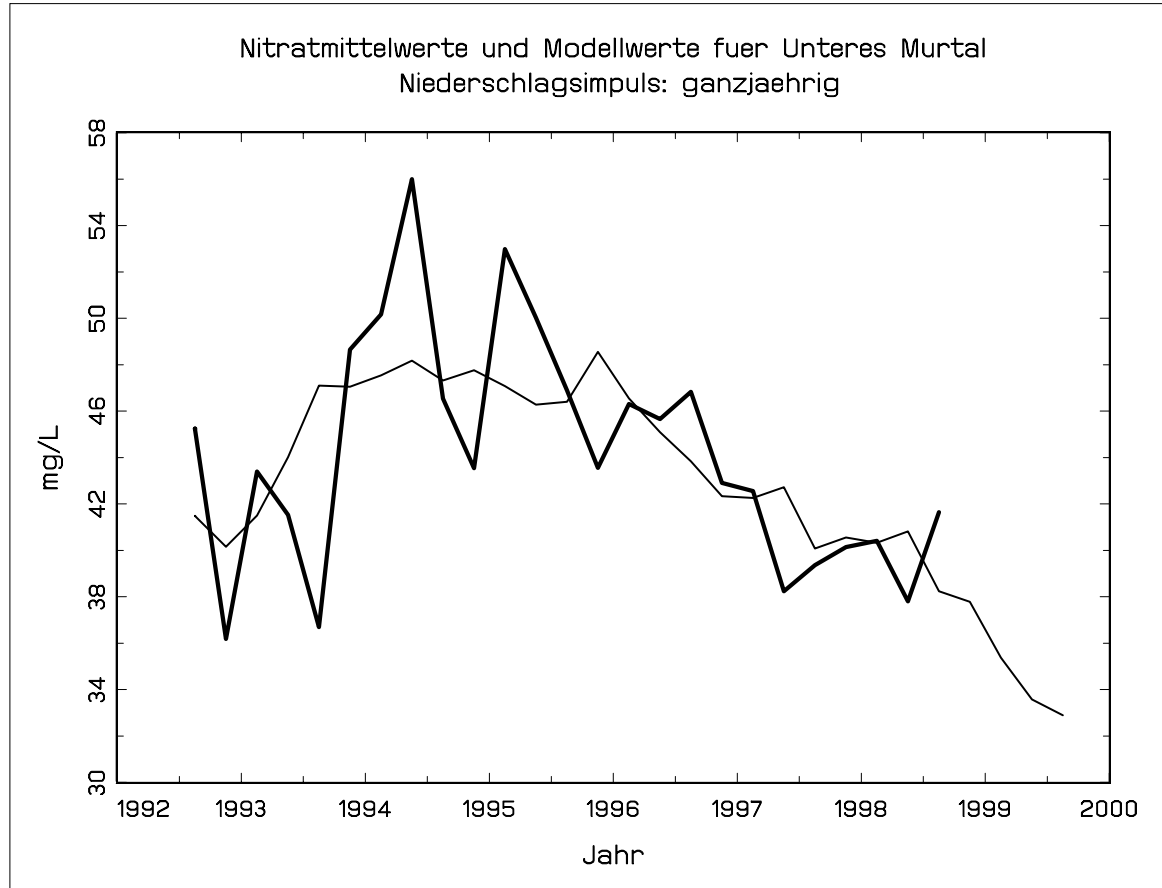
Tabelle 4: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte

GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	5	10	ganzjährig	0,93%	-1,63	76,99%
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	6	11	Sommer	-0,35%	-1,70	73,47%
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	4	4	Sommer	-1,5%	-0,51	77,04%
PG41260	Traun-Enns-Platte	▼↑	20	6	7	6	Komb. Sommer und Herbst/Winter	-3,38%	-1,5 (Herst/Winter); 0,61 (Sommer)	79,20%

Beschreibung der Ergebnisse für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte

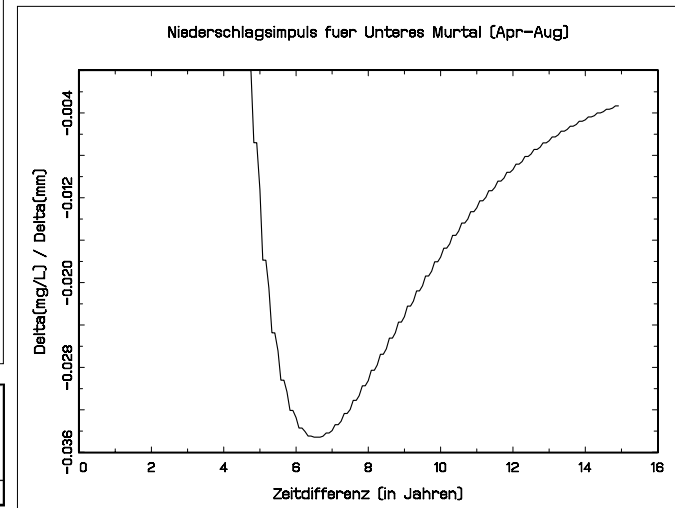
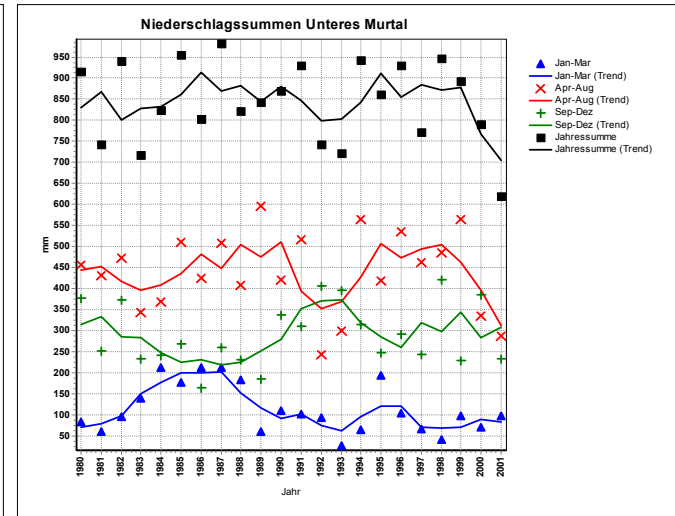
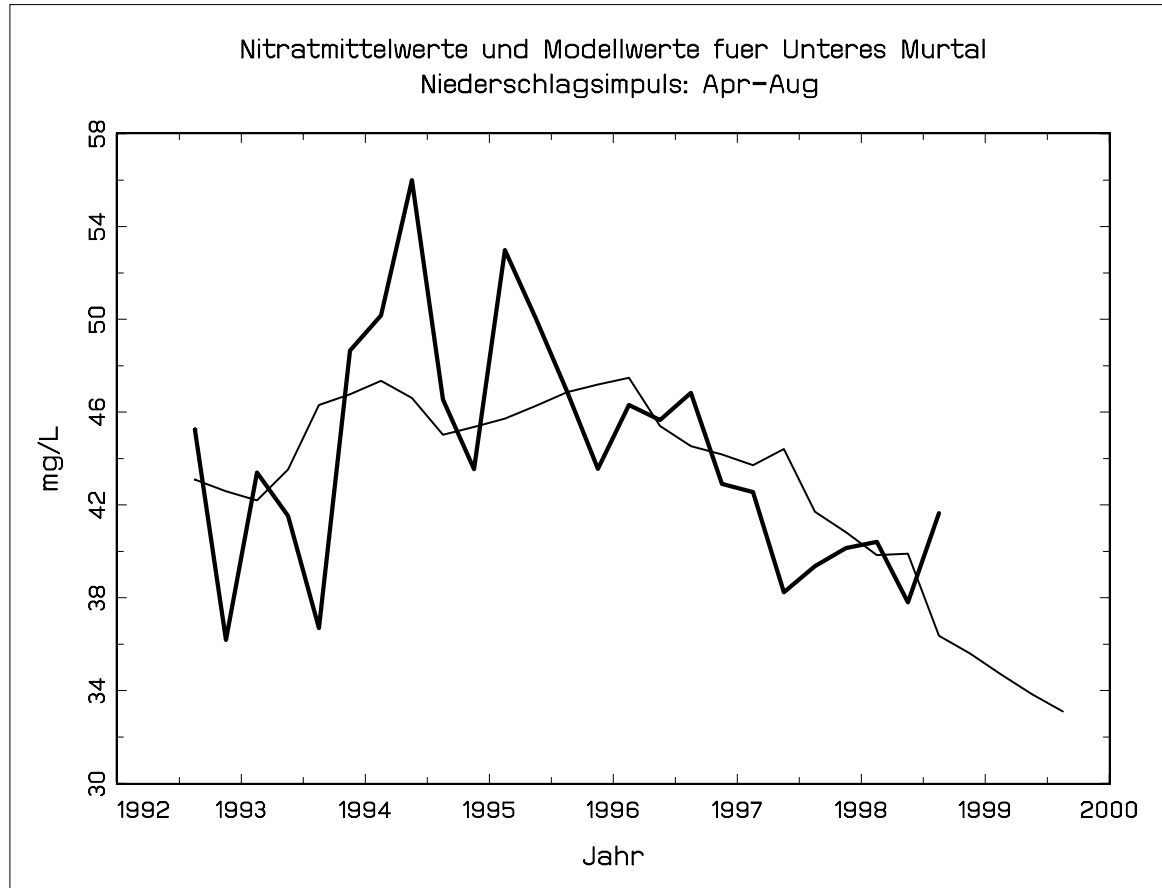
- Der Jahrestrend reicht von 0,93 % bis -3,38 %.
- Die mittleren Reaktionszeiten liegen zwischen 4 und 7 Jahren.
- Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.
- Eine sehr gute Anpassung mit einer erklärten Varianz von ca. 79 % zeigt die kombinierte Lösung, bei der sich steigende Sommerniederschläge in einer Zunahme und steigende Herbst/Winterniederschläge in einer Abnahme der Nitratkonzentrationen im Grundwasser auswirken.
- Bei den drei weiteren Modellkandidaten bewirken steigende Niederschläge eine Abnahme der Nitratkonzentrationen im Grundwasser, wobei die Lösung mit den Sommerniederschlägen mit einer Reaktionszeit von 4 Jahren eine sehr gute Anpassung zeigt.

PG64000 Unteres Murtal (STM) 1



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG64000	Unteres Murtal	▼	4	4	4	10	ganzjährig	-0,75%	-1,89	56,62%

PG64000 Unteres Murtal (STM) 2



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG64000	Unteres Murtal	▼	4	4	4	12	Sommer	-0,60%	-1,69	50,74%

Tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG64000 Unteres Murtal

Tabelle 5 zeigt eine tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG64000 Unteres Murtal.

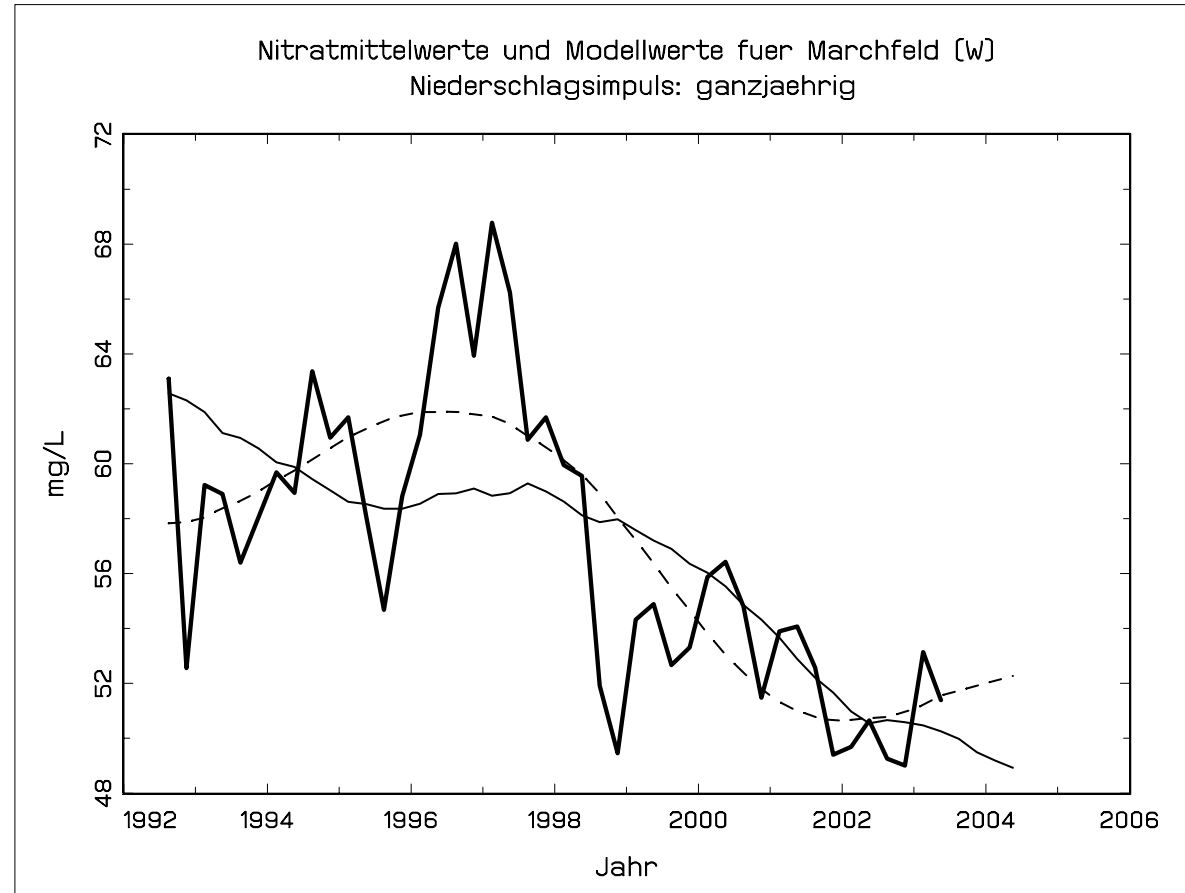
Tabelle 5: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG64000 Unteres Murtal

GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG64000	Unteres Murtal	▼	4	4	4	10	ganzjährig	-0,75%	-1,89	56,62%
PG64000	Unteres Murtal	▼	4	4	4	12	Sommer	-0,60%	-1,69	50,74%

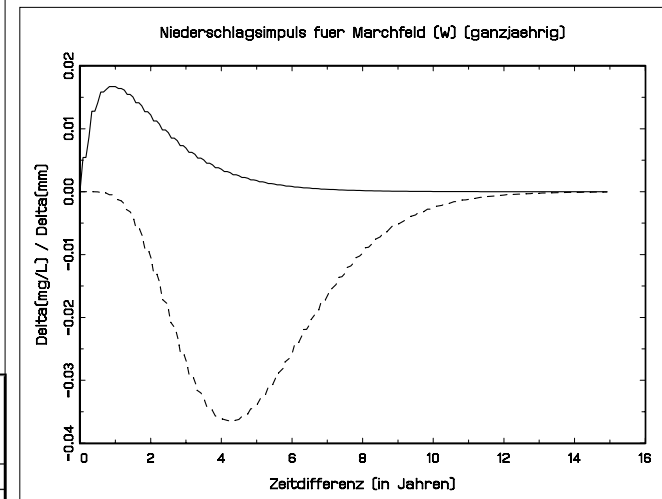
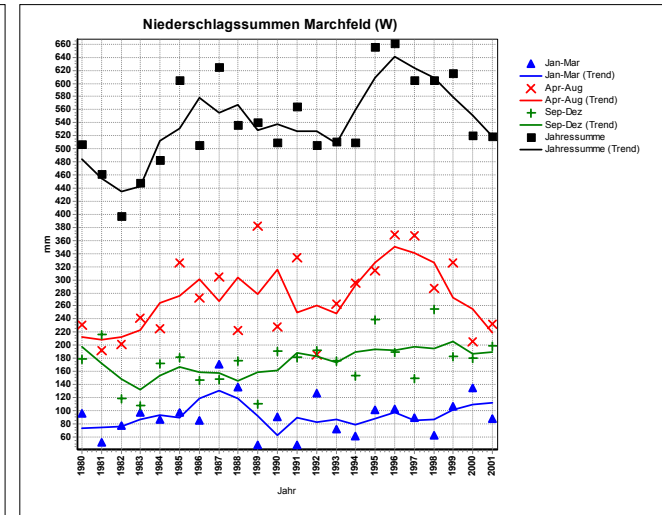
Beschreibung der Ergebnisse für das Grundwassergebiet PG64000 Unteres Murtal

- Im „Unteren Murtal“ konnte bei beiden Lösungen ein abnehmender linearer Trend festgestellt werden.
- Die mittlere Reaktionszeit beträgt bei beiden Lösungen 4 Jahre.
- Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend.
- Steigende Niederschläge bewirken bei beiden Modellkandidaten sinkende Nitratkonzentrationen.
- Die Lösungen sind einander sehr ähnlich (der ganzjährige Modellkandidat scheint stark vom Sommerniederschlag geprägt zu sein).

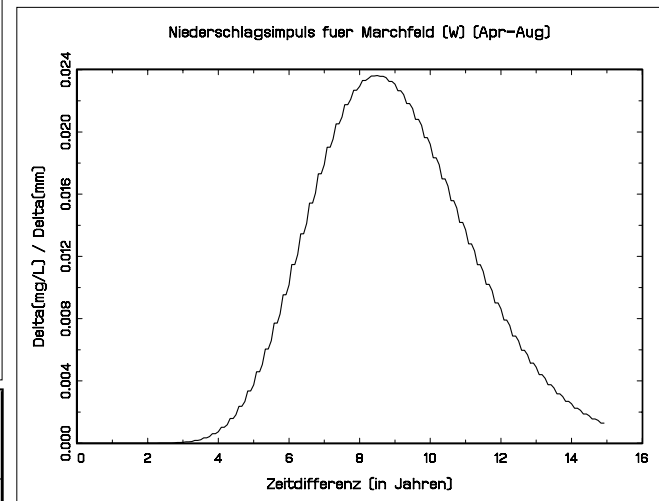
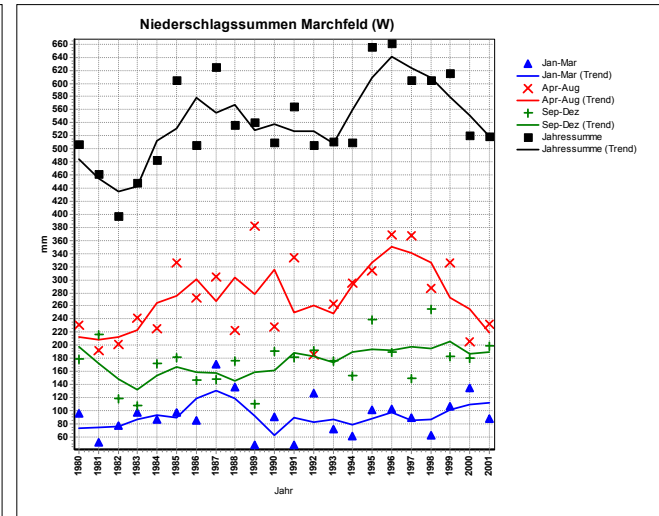
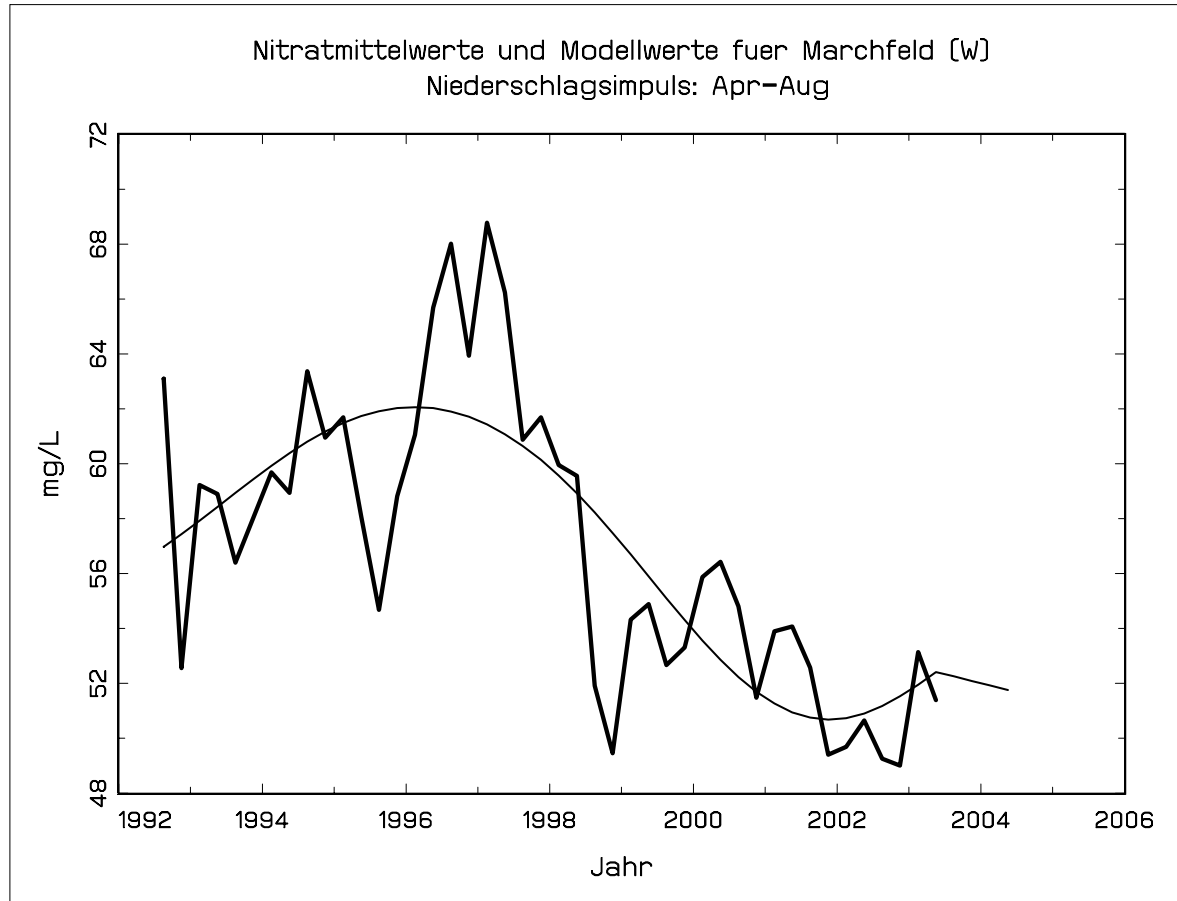
PG92240 Marchfeld (W) 1



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG92240	Marchfeld (W)	▼ ₁	24	8	2	6	ganzjährig	-2,62%	0,30	56,64%
PG92240	Marchfeld (W)	▼ ₁	24	8	5	8	ganzjährig	0,40%	-0,74	65,67%



PG92240 Marchfeld (W) 2



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG92240	Marchfeld (W)	▼↓	24	8	9	9	Sommer	-3,17%	1,17	60,20%

Tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG92240 Marchfeld (W)

Tabelle 6 zeigt eine tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG92240 Marchfeld (W).

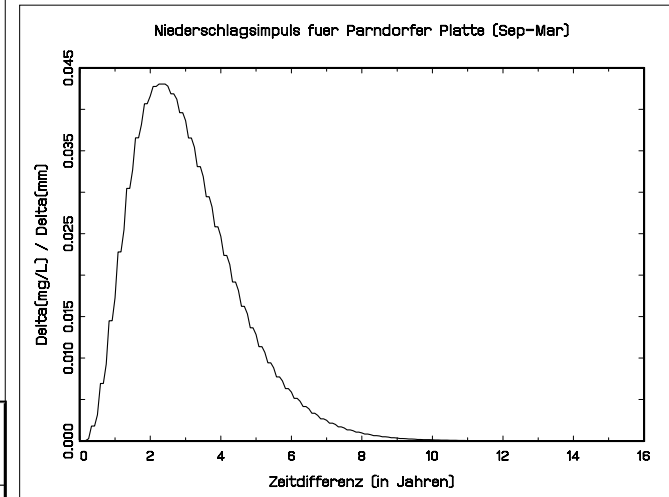
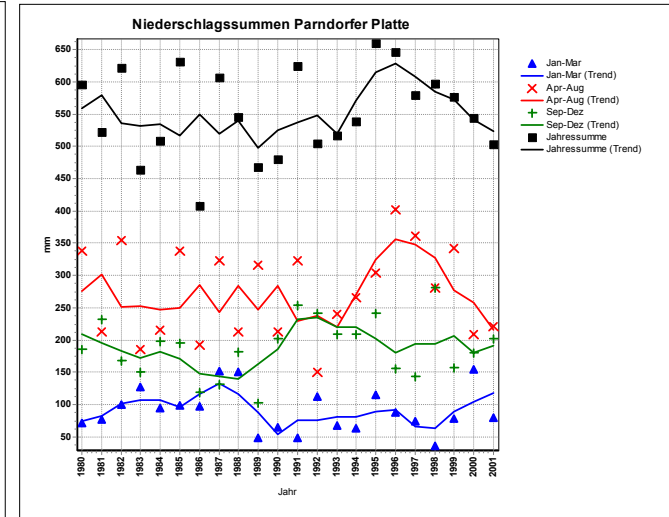
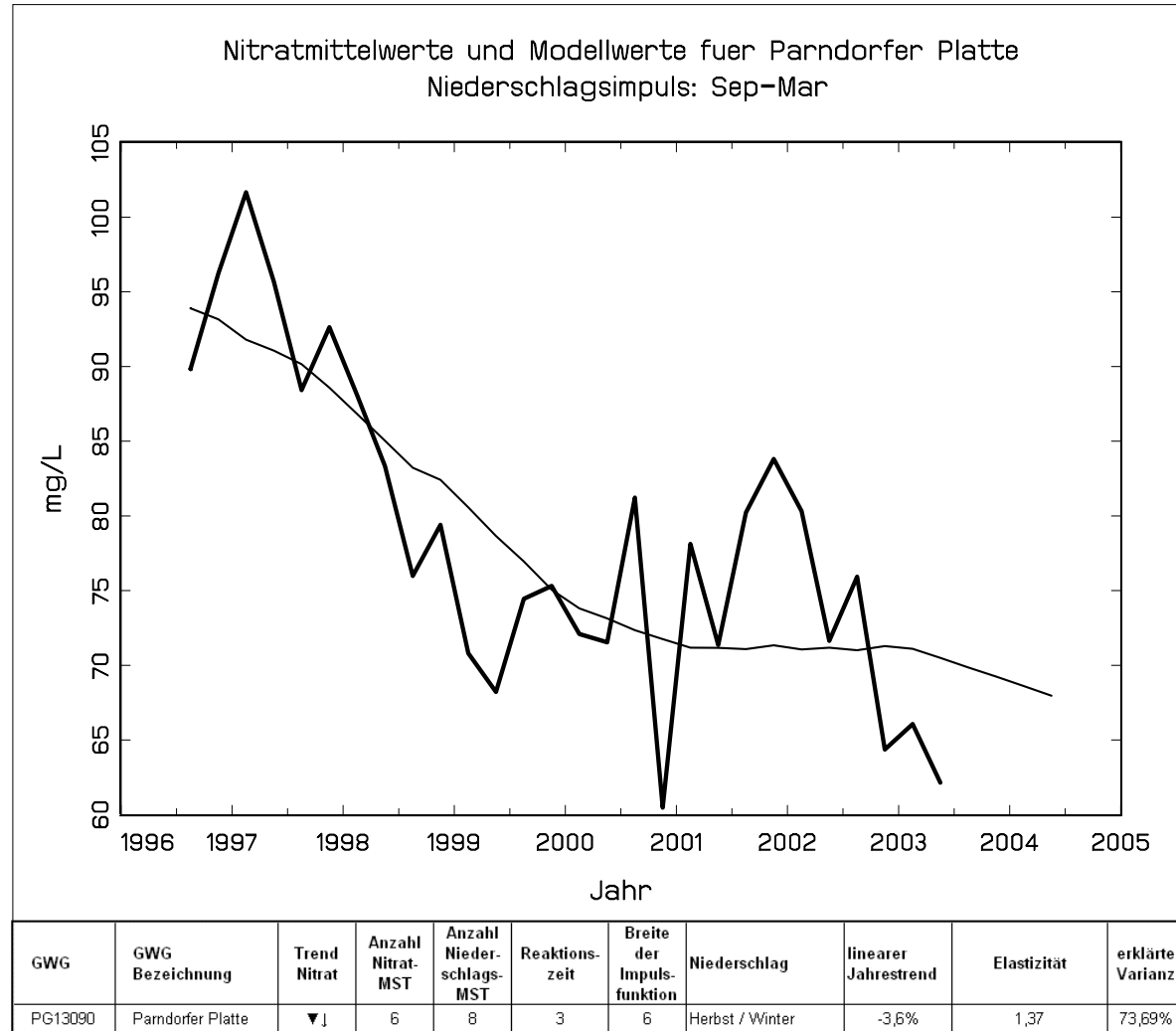
Tabelle 6: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG92240 Marchfeld (W)

GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG92240	Marchfeld (W)	▼↓	24	8	2	6	ganzjährig	-2,62%	0,30	56,64%
PG92240	Marchfeld (W)	▼↓	24	8	5	8	ganzjährig	0,40%	-0,74	65,67%
PG92240	Marchfeld (W)	▼↓	24	8	9	9	Sommer	-3,17%	1,17	60,20%

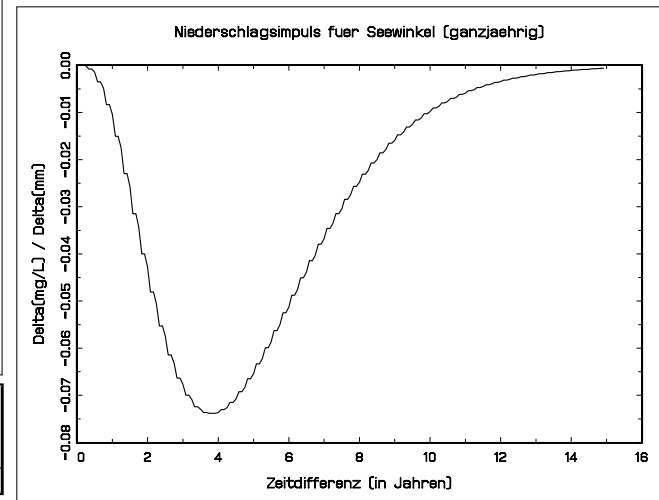
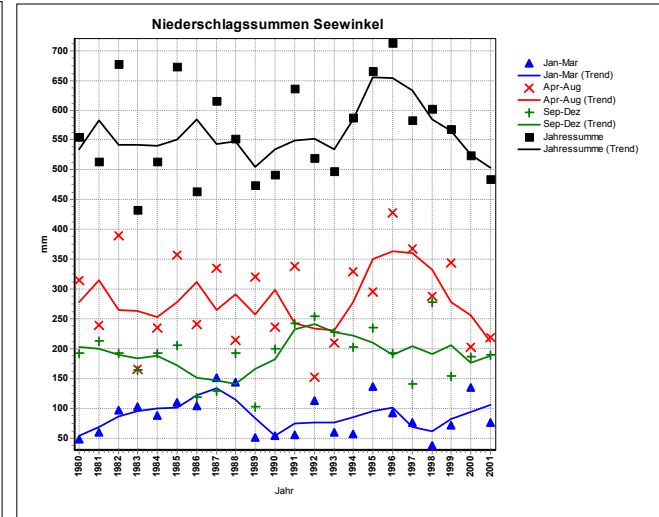
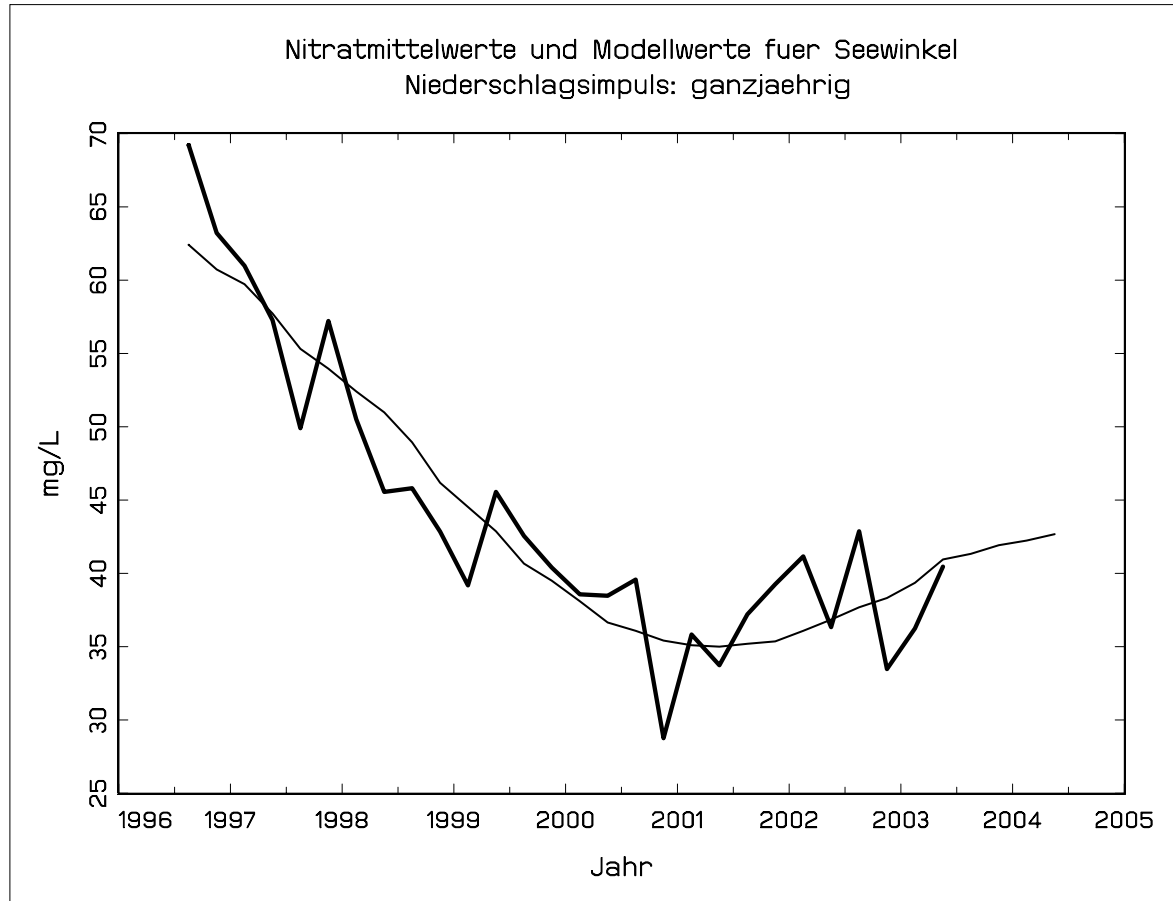
Beschreibung der Ergebnisse für das Grundwassergebiet PG92240 Marchfeld (W)

- Der Jahrestrend reicht von 0,4 % bis -3,17 %.
- Die mittlere Reaktionszeit liegt zwischen zwei und neun Jahren.
- Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach unten.
- Die beiden ganzjährigen Lösungen weisen eine unterschiedliche Elastizität auf (einmal positiv, einmal negativ).
- Steigende Sommerniederschläge bewirken bei der dritten Lösung steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

PG13090 Parndorfer Platte (B)

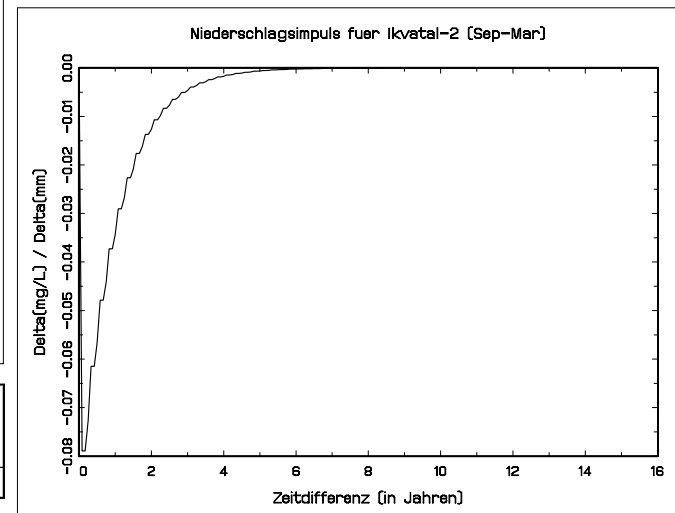
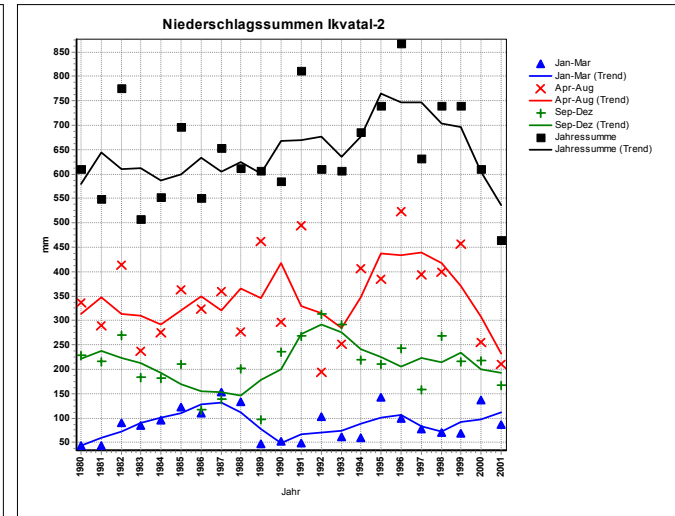
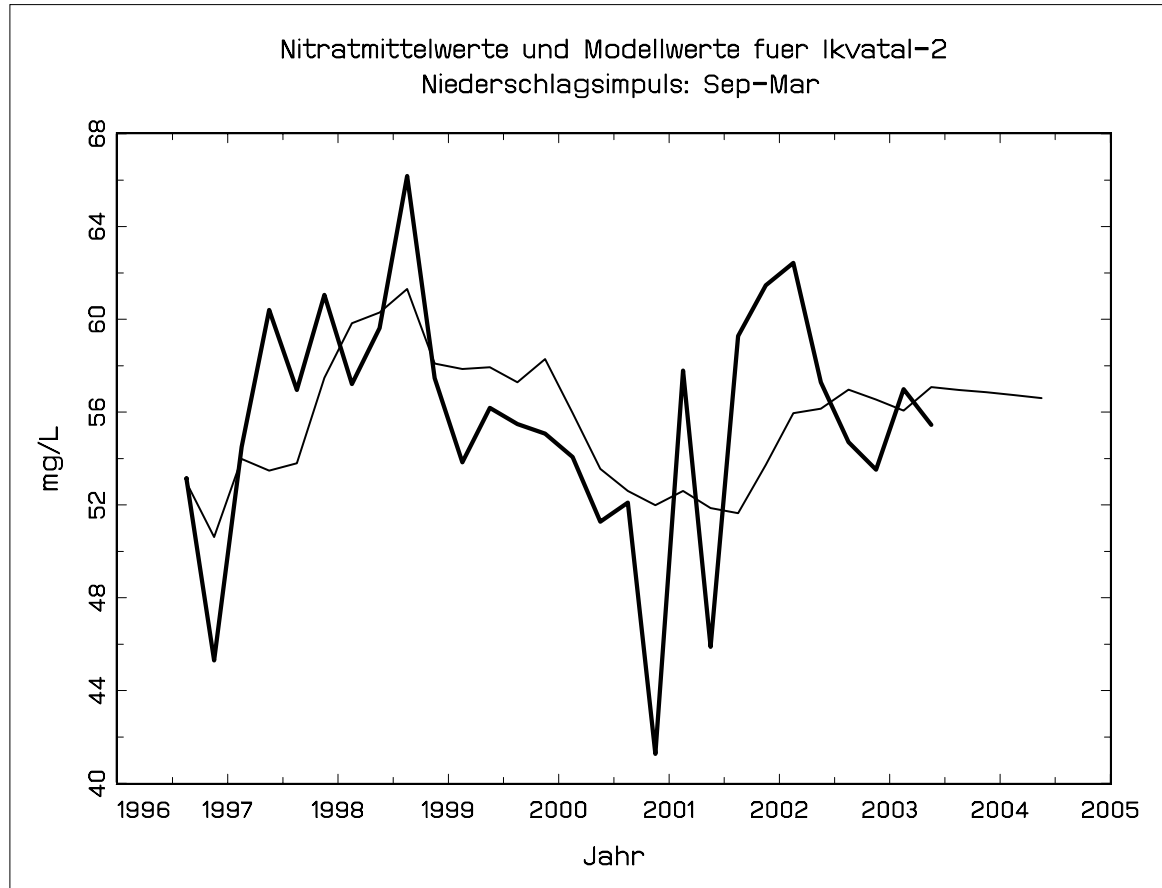


PG13180 Seewinkel (B)



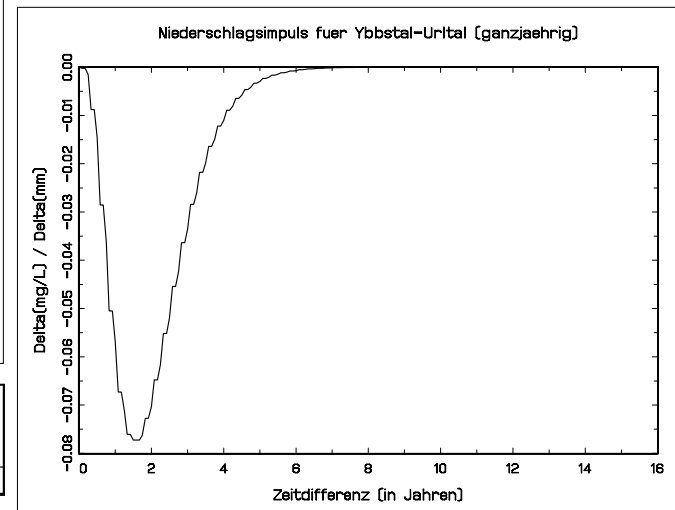
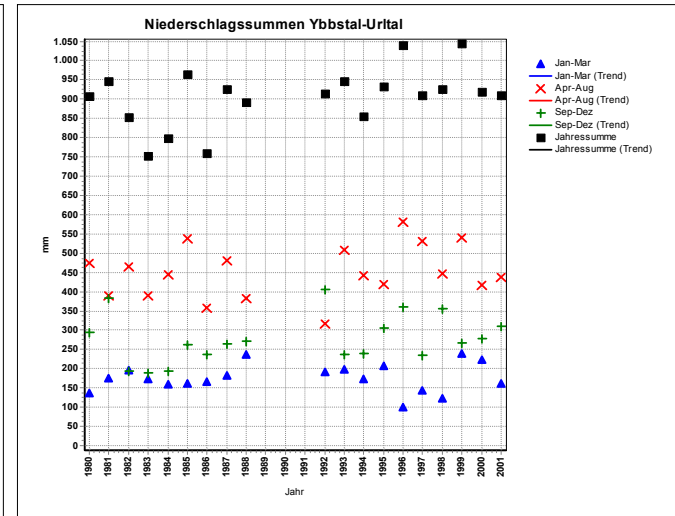
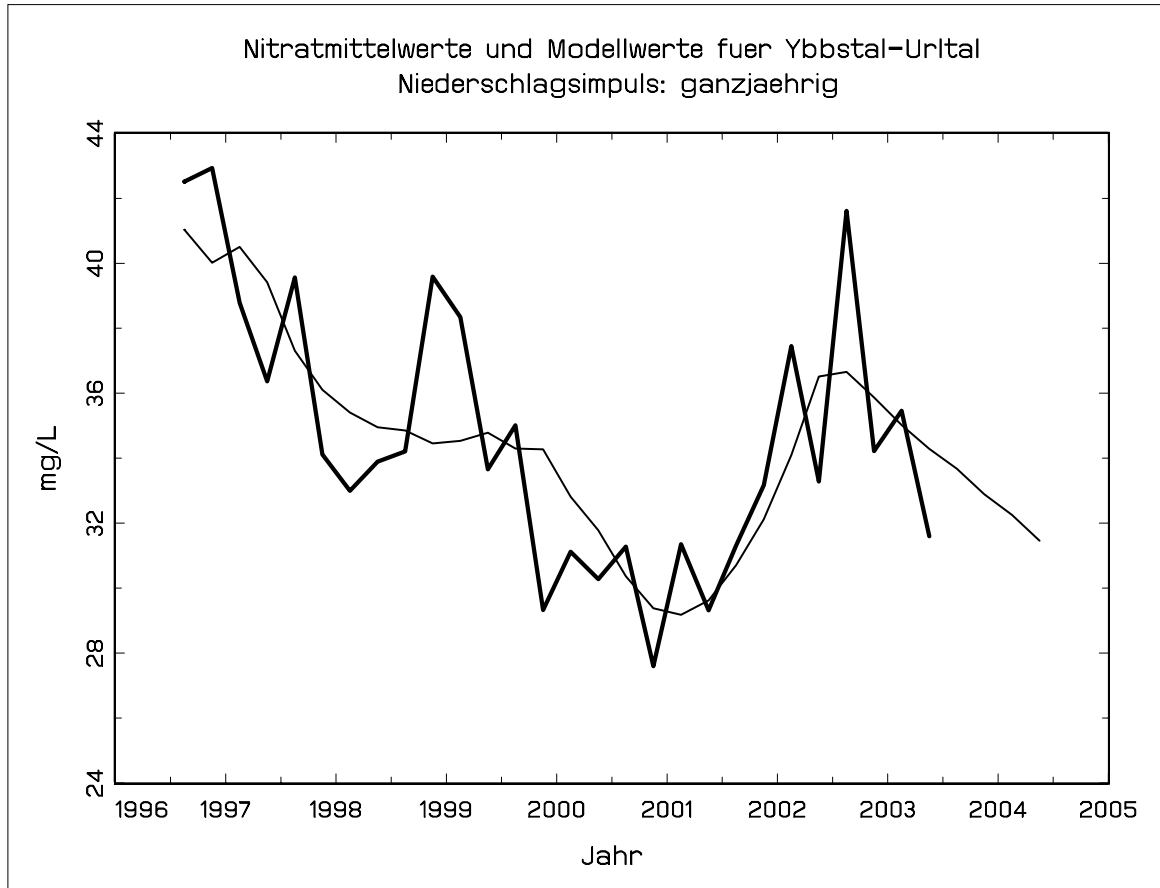
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG13180	Seewinkel	▼↑	24	6	5	10	ganzjährig	-4,6%	-1,71	88,85%

PG13252 Ikvatal-2 (B)



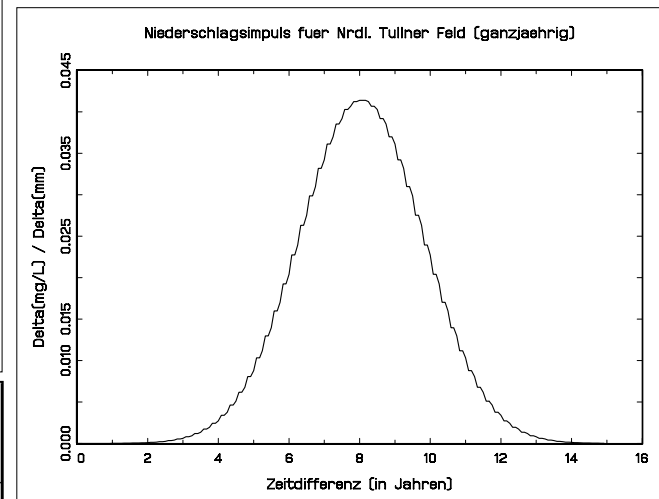
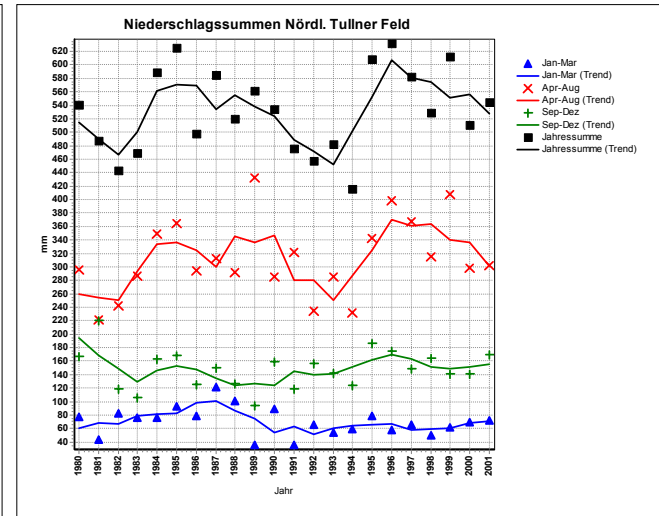
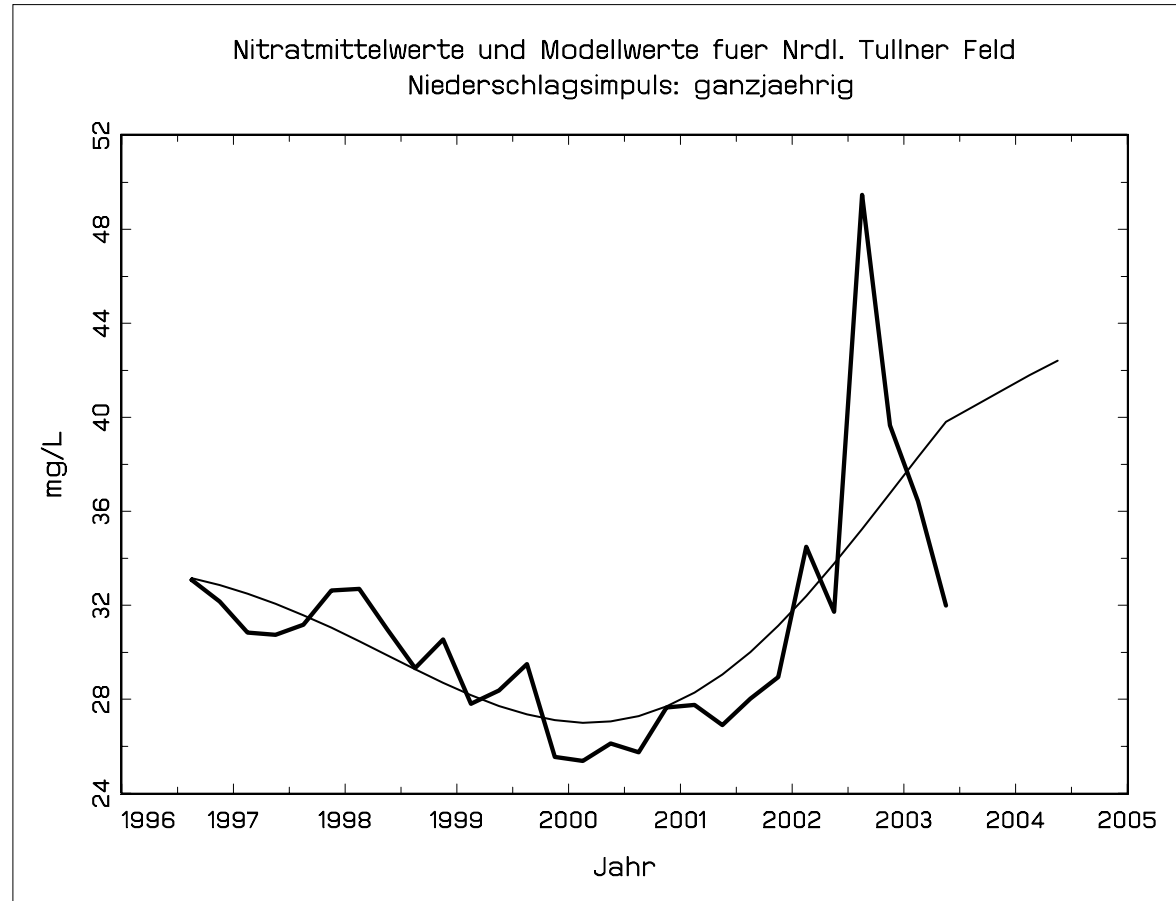
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG13252	Ikvatal-2	--	7	3	1	4	Herbst / Winter	-0,6%	-0,79	44,98%

PG31850 Ybbstal-Urtal (NÖ)



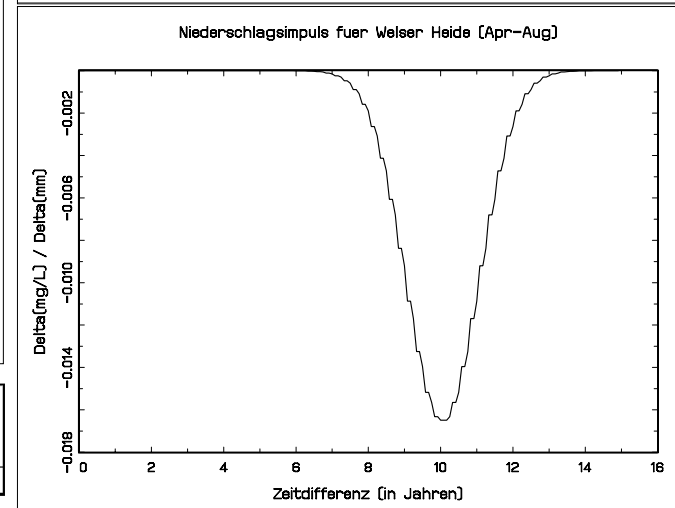
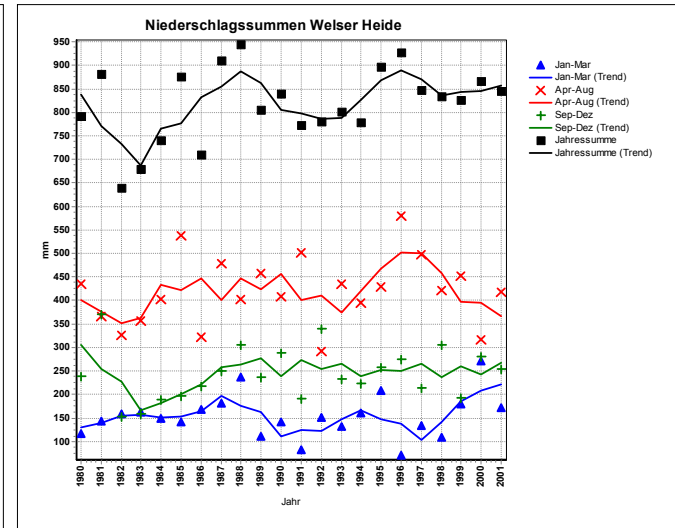
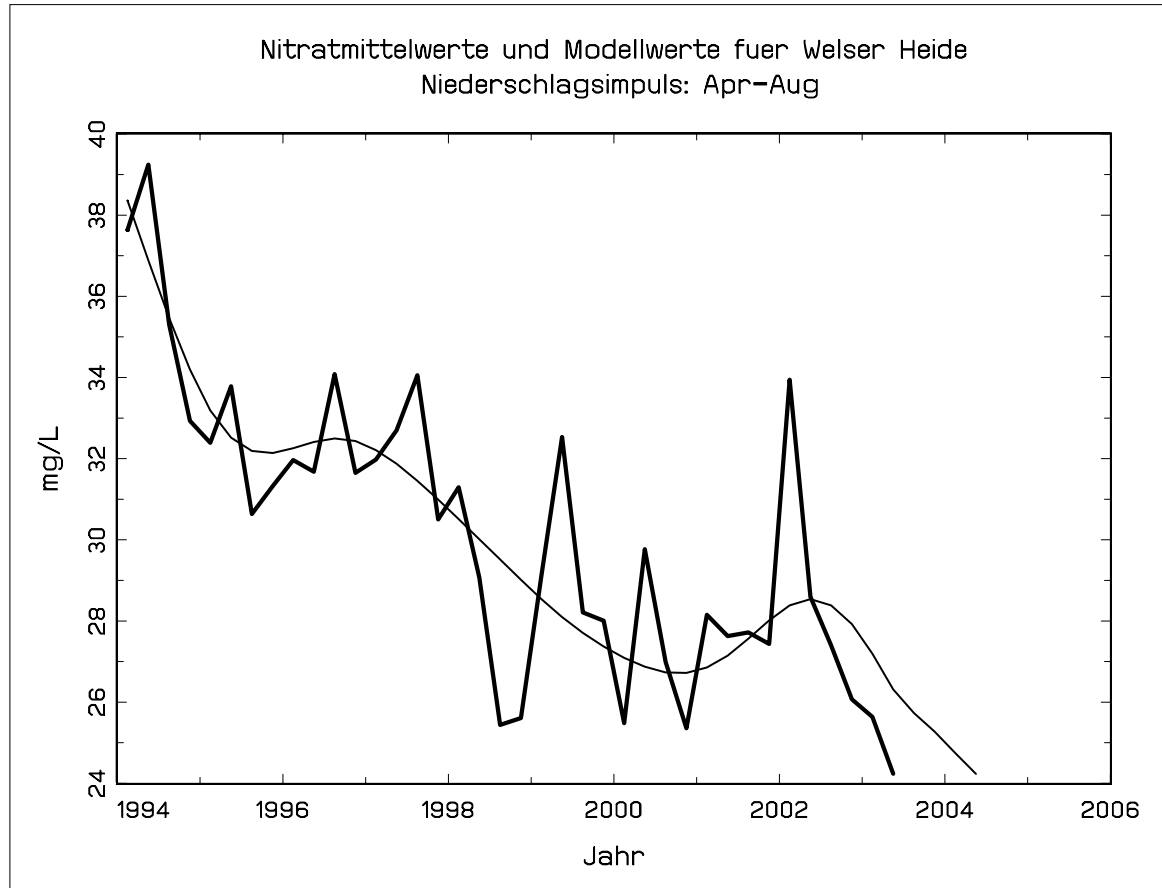
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG31850	Ybbstal-Urtal	--↑	19	2	2	4	ganzjährig	-1,9%	-1,60	75,24%

PG32000 Nördl. Tullner Feld (NÖ)



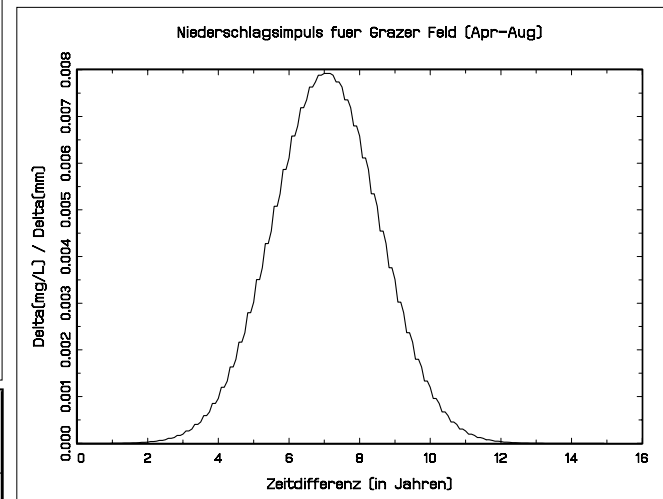
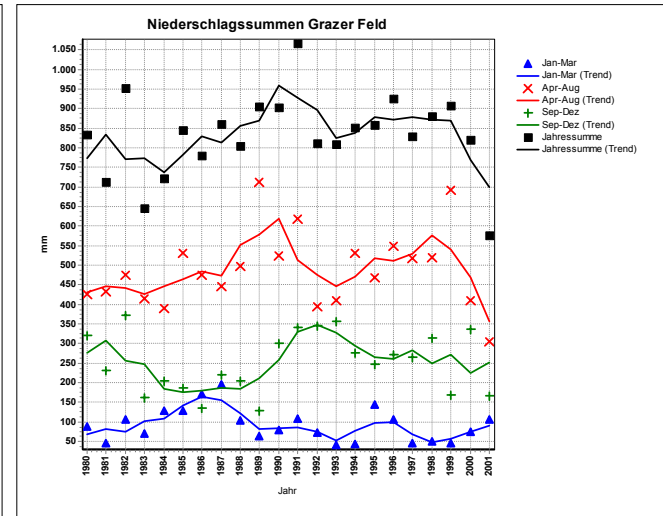
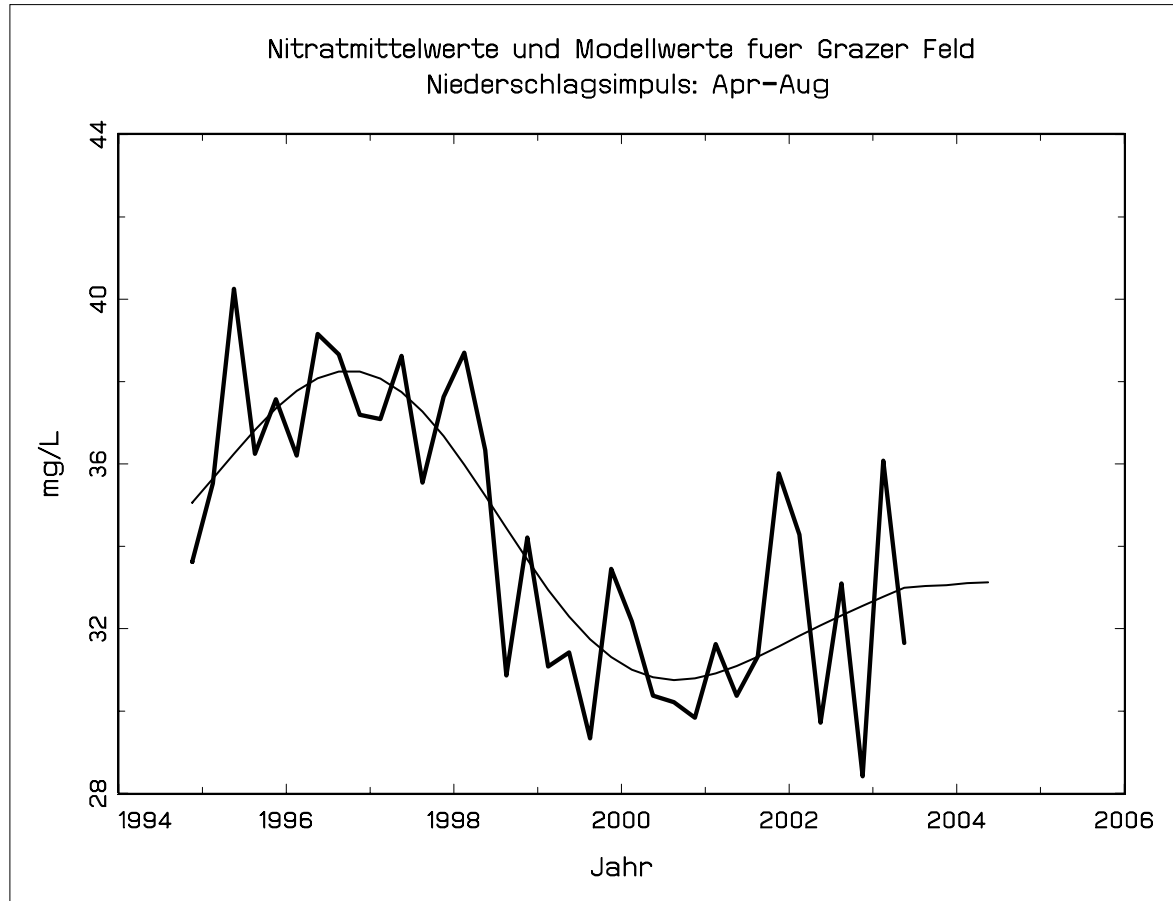
GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit (Jahre)	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG32000	Nördl. Tullner Feld	--↑	23	8	8	7	ganzjährig	3,2%	1,30	53,09%

PG41220 Welser Heide (OÖ)



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG41220	Welser Heide	--	22	3	10	4	Sommer	-4,2%	-1,14	73,00%

PG63800 Grazer Feld (STM)



GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG63800	Grazer Feld	▼↑	25	6	7	6	Sommer	-0,6%	0,75	67,72%

Tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse Grundwassergebiete mit Einzellösungen

Tabelle 7 zeigt eine tabellarische Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG92240 Marchfeld (W).

Tabelle 7: Zusammenstellung der Modellergebnisse für jene Grundwassergebiete mit Einzellösungen

GWG	GWG Bezeichnung	Trend Nitrat	Anzahl Nitrat-MST	Anzahl Niederschlags-MST	Reaktionszeit	Breite der Impulsfunktion	Niederschlag	linearer Jahrestrend	Elastizität	erklärte Varianz
PG13090	Parndorfer Platte	▼↓	6	8	3	6	Herbst / Winter	-3,6%	1,37	73,69%
PG13180	Seewinkel	▼↑	24	6	5	10	ganzjährig	-4,6%	-1,71	88,85%
PG13252	Ilkvatal-2	--	7	3	1	4	Herbst / Winter	-0,6%	-0,79	44,98%
PG31850	Ybbstal-Urtal	--↑	19	2	2	4	ganzjährig	-1,9%	-1,60	75,24%
PG32000	Nördl. Tullner Feld	--↑	23	8	8	7	ganzjährig	3,2%	1,30	53,09%
PG41220	Welsler Heide	--	22	3	10	4	Sommer	-4,2%	-1,14	73,00%
PG63800	Grazer Feld	▼↑	25	6	7	6	Sommer	-0,6%	0,75	67,72%

Beschreibung der Ergebnisse für Grundwassergebiete mit Einzellösungen

- PG13090 Parndorfer Platte (B): Steigende Herbst/Winterniederschläge bewirken steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 3 Jahre. Der Jahrestrend beträgt -3,6 %. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach unten. Die positive Elastizität durch Herbst/Winterniederschläge entspricht Ergebnissen aus Marchfeld (NÖ), Weinviertel Sonstige.
- PG13180 Seewinkel (B): Steigende Jahresniederschläge bewirken sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 5 Jahre. Der Jahrestrend beträgt -4,6 %. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.

-
- PG13252 Ikvatal-2 (B): Steigende Herbst/Winterniederschläge bewirken sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 1 Jahr. Der Jahrestrend beträgt -0,6%. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab keinen Trend.
 - PG31850 Ybbstal-Urtal (NÖ): Steigende Jahresniederschläge bewirken sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 2 Jahre. Der Jahrestrend beträgt -1,9 %. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab keinen Trend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.
 - PG32000 Nördl. Tullner Feld (NÖ): Steigende Jahresniederschläge bewirken steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 8 Jahre. Der Jahrestrend beträgt 3,2 %. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab keinen Trend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.
 - PG41220 Welser Heide: Steigende Sommerniederschläge bewirken sinkende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 10 Jahre. Der Jahrestrend beträgt -4,2 %. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab keinen Trend.
 - PG63800 Grazer Feld: Steigende Sommerniederschläge bewirken steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser. Die mittlere Reaktionszeit beträgt 7 Jahre. Der Jahrestrend beträgt -0,6 %. Die Trendauswertung für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 ergab einen Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach oben.

A4.5 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass für den Großteil der untersuchten Grundwassergebiete ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen variierenden Niederschlagssummen und Nitratkonzentrationen im Grundwassergebiet festgestellt wurde.

Die Modellanpassungen deuten auf unterschiedliche Wirkmechanismen bezüglich

- der Niederschläge (Sommer/Winter/Herbst-Niederschläge, Kombinationen),
- positivem bzw. negativem Impuls (steigende Niederschläge bewirken steigende bzw. sinkende Nitratgehalte im Grundwasser),
- unterschiedlichen Reaktionszeiten und
- systematischen versus temporären Impulsfunktionen (Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe und der Länge der Zeitreihen).

Die überwiegende Mehrheit der Modellanpassungen zeigt einen negativen linearen Trend, der möglicherweise auf die geänderte Bewirtschaftung zurückgeführt werden kann.

Aufgrund der teilweise nicht vorhandenen Eindeutigkeit der Zusammenhänge sind Rückschlüsse auf den kausalen Zusammenhang zwischen Niederschlag und Nitrat im Grundwasser im Rahmen des vorliegenden Berichts nicht möglich. Um eindeutige Lösungen zu erhalten, ist eine Absicherung der gewonnenen Erkenntnisse durch zusätzliche Untersuchungen erforderlich:

- längere Zeitreihen für die Nitratkonzentrationen im Grundwasser,
- Berücksichtigung der (stand)örtlichen Gegebenheiten (Abgrenzung von ähnlichen Teilgebieten),
- Ermittlung der mittleren Verweilzeit des Grundwassers (über Grundwassergebiete und Tiefenprofile) und
- Berücksichtigung von Nutzungsdaten.

Darüber hinaus ist zu bemerken, dass die hier vorgestellten Analysen jeweils nur auf den Monatssummen der Niederschläge basieren. Starkregenereignisse wurden nicht in das statistische Modell einbezogen. Dies wäre jedoch für die Modellierung der Nitrat-Auswaschung und Grundwasserneubildung erforderlich, um genauere Resultate zu erzielen.

A4.6 Detailuntersuchung ausgewählter Grundwassergebiete unter Einbeziehung der Temperatur

Einleitung

Um festzustellen, ob neben dem Einfluss des Niederschlages auch - speziell für die Herbstmonate - ein Einfluss der Temperatur festzustellen ist, erfolgte für drei ausgewählte Grundwassergebiete die Anpassung des oben beschriebenen Impulsmodells um eine Variante, welche neben der Niederschlagsmenge auch die Temperatur berücksichtigt. Dabei wurde angenommen, dass die Wirkung des Niederschlages sowie der Temperatur außerhalb der Herbstmonate (Oktober – Dezember) vernachlässigbar ist.

Modell

Das hier verwendete Modell basiert ebenso wie das im vorigen Abschnitt beschriebene Niederschlagsimpulsmodell auf der Annahme, dass die Effekte von Niederschlag und Temperatur zeitlich verzögert entsprechend der Gamma-Verteilung im Grundwasser sichtbar werden. So wird der Niederschlagsimpuls x_{ij} im Monat j des Jahres i (für die Monate Oktober-Dezember) mit folgender Formel berechnet:

$$x_{ij} = \sum_{m,n} d_{mn} w_{ijmn}$$

d_{mn} = Abweichung der Niederschlagssumme des Jahres m , Monat n vom langjährigen Monatsmittel

Analog wird ein kombinierter Temperatur/Niederschlagsimpuls y_{ij} im Monat j des Jahres i wie folgt bestimmt:

$$y_{ij} = \sum_{m,n} e_{mn} w_{ijmn}$$

$e_{mn} = 1$, falls sowohl die Niederschlagssumme des Jahres m im Monat n mindestens 10 mm höher ist als im langjährigen Monatsmittel, als auch die Temperatur im betreffenden Monat im Mittel mindestens ein Grad höher liegt als im langjährigen Monatsmittel.

Ansonsten gilt: $e_{mn} = 0$

Die Summe der Gewichte beträgt 1:

$$\sum_{m,n} w_{ijmn} = 1$$

w_{ijmn} = Gewicht des Niederschlags-/Temperaturwertes des Jahres m , Monat n bezüglich der mittleren Konzentration in Monat j des Jahres i

Nach dieser Definition entspricht x_{ij} der im vorigen Abschnitt beschriebenen Impulsfunktion, während y_{ij} einen Wert im Intervall zwischen 0 und 1 annimmt, wobei der Wert umso näher bei 1 liegt, je mehr Monate im betreffenden – durch den Verzögerungsimpuls bestimmten – Zeitraum als feucht und warm angesehen werden können. Dabei ist zu beachten, dass das hier verwendete Kriterium, wonach bereits ein Anstieg der Mitteltemperatur um 1 Grad sowie

eine Erhöhung der Monatsniederschlagssumme um 10 mm eine Bewertung als feucht-warm nach sich ziehen, als sehr „milde“ anzusehen ist. Es wurde jedoch wegen der geringen Häufigkeit derartiger Fälle darauf verzichtet, das Kriterium zu verschärfen.

Insgesamt werden 4 Grundtypen des allgemeinen Modells unterschieden:

- $c = \beta_1 + \beta_2 t$ (Modell 1)
(ein Niederschlags- bzw. Temperatureffekt)
- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 y_{ij}$ (Modell 2)
(nur der kombinierte Temperatur/Niederschlagsimpuls geht in die Auswertung ein)
- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 x_{ij}$ (Modell 3)
(nur der quantitative Niederschlagsimpuls geht in die Auswertung ein)
- $c = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 x_{ij} + \beta_4 y_{ij}$ (Modell 4)
(Kombinationsmodell)

x_{ij} = Niederschlagsimpuls der Herbstmonate (Oktober-Dezember)

y_{ij} = Temperatur/Niederschlagsimpuls der Herbstmonate (Oktober-Dezember)

Modellschätzung

Die Schätzung des oben beschriebenen statistischen Modells erfolgt analog zu der im vorigen Abschnitt beschriebenen Vorgehensweise, wobei nun jedoch nur drei Grundwassergebiete einbezogen wurden: GWG PG32240, PG41260, PG64000. In das statistische Modell wurden monatliche Niederschlagssummen seit 1980, monatliche Temperaturmittelwerte und quartalsweise gemessene Nitratkonzentrationen (meist seit 1995) einbezogen. Aufgrund der unterschiedlichen Messstellen (WGEV-Grundwasserqualitäts- bzw. HZB-Niederschlags-messstellen) wurde eine Aggregation über das Grundwassergebiet vorgenommen.

Eine eindeutige Modellschätzung wird erschwert durch

- die unterschiedliche zeitliche Auflösung,
- relativ kurze Zeitreihen für Nitrat und
- unterschiedliche Messstellen für Niederschlag, Temperatur und Nitratkonzentrationen im Grundwasser

Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass bei z.B. hohen Niederschlagssummen und zugleich hohen Temperaturmittelwerten für den betreffenden Monat noch nicht gefolgert werden kann, dass starke Niederschläge bei hohen Temperaturen auftraten. Vielmehr könnte auch der Fall auftreten, dass z.B. erst nach dem Ende der Niederschlagsperiode eine relative Erwärmung beobachtet wird.

Zur Ermittlung der statistischen Verteilung der Reaktionszeiten wurden die in Frage kommenden Parameter μ (von 0,5 bis 14) und σ (von 1 bis 3) systematisch gescannt. Dabei erfolgte folgende Überprüfung:

- Sind in Modell 4 beide Parameter β_3 und β_4 statistisch signifikant (auf dem 5%-Niveau)?
 - Wenn ja, wird Modell 4 verwendet;
 - Wenn nein, wird geprüft, ob der Parameter β_3 von 0 signifikant verschieden ist.
 - Ist dies der Fall, wird Modell 3 verwendet.
 - Ist dies nicht der Fall, wird geprüft, ob der Parameter β_4 von 0 signifikant verschieden ist. Ist dies der Fall, wird Modell 2 verwendet. Ansonsten wird Modell 1 verwendet, d.h. auf eine Berechnung der Effekte von Niederschlags- und Temperaturimpulsen wird verzichtet.

Die Modellschätzung erfolgte anhand von folgenden Arbeitsschritten:

- Ermittlung von Modellkandidaten (Kandidaten für die Niederschlagsimpulsfunktion),
- Schätzung der Parameter $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$,
- Überprüfung der statistischen Signifikanz der Parameter,
- Ermittlung von Elastizität und relativem Jahrestrend,
- Schätzung der Nitratkonzentrationen.

Plausibilitätsprüfung

Die Festlegung der Parameter der Impulsfunktion erfolgt in einem iterativen Algorithmus durch Minimierung der Summe der Residuenquadrate. Dabei zeigt sich, dass häufig mehrere unterschiedliche Lösungen möglich sind. Insbesondere bei kurzen Zeitreihen ist keine eindeutige Festlegung der Parameter möglich. Daher erfolgte analog zum vorigen Abschnitt nur die Berücksichtigung von solchen Modellen, die den folgenden Plausibilitätskriterien genügen. Grundsätzlich wurden nur solche Lösungen berücksichtigt, bei denen der Jahrestrend betragsmäßig kleiner als 5 % und die Elastizität betragsmäßig kleiner als 2 ist. Weiterhin wurden nur jene Lösungen akzeptiert, bei denen das Auftreten feucht-warmer Herbstmonate eine Erhöhung der Konzentrationen nach sich zieht. Sofern mehrere Lösungen für ein Grundwassergebiet verfügbar waren, wurden weitere Identifizierungskriterien herangezogen: Entfernung von Modellen, bei denen

- die erklärte Varianz trotz gleicher Parameterzahl mindestens 10% schlechter ausfällt als beim besten Modell,
- die erklärte Varianz trotz höherer Parameterzahl nicht besser ist als bei einfacheren Modellen,
- die Breite der Impulsfunktion über 80 % der mittleren Reaktionszeit liegt.

Modellergebnisse

Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 8 enthalten. Berücksichtigt sind dabei nur jene Resultate, bei denen ein Temperatureffekt feststellbar ist. Dies betrifft nur die Modelle 2 und 4. In keinem Fall ergaben sich für das kombinierte Modell 4 plausible Resultate.

Tabelle 8: Ergebnisse der Modellierung des kombinierten Temperatur / Niederschlagsimpulses unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Niederschlagssumme und der mittleren Temperatur des jeweiligen Monats (angeführt sind dabei nur jene Resultate, bei denen ein Temperatureffekt feststellbar ist)

GWG	μ	σ	Modell	t-Wert	Jahres-trend	Erklärte Varianz	Nitrat-konzentration	Relative Impulsbreite
PG32240	3	1	2	4,72	2,46%	55,22%	59,3	1,33
PG32240	3	1,25	2	5,00	3,53%	57,69%	59,3	1,67
PG32240	3	1,5	2	4,99	4,45%	57,61%	59,3	2,00
PG32240	9	2	2	5,85	4,73%	64,26%	59,3	0,89
PG41260	5	3	2	3,81	1,85%	68,59%	38,4	2,40
PG41260	6	2,75	2	3,59	3,90%	67,53%	38,4	1,83
PG41260	6	3	2	4,34	4,28%	71,00%	38,4	2,00
PG64000	12	2,5	2	3,30	-0,91%	38,20%	44,1	0,83
PG64000	12	2,75	2	3,52	0,24%	40,78%	44,1	0,92
PG64000	12	3	2	3,75	1,69%	43,57%	44,1	1,00
PG64000	13	2,75	2	3,12	-3,89%	35,88%	44,1	0,85
PG64000	13	3	2	3,29	-2,69%	37,99%	44,1	0,92

Auffällig ist weiterhin, dass in der Mehrzahl der Fälle bei Modell 2 positive Jahrestrends festzustellen sind. Allerdings ist zu beachten, dass die ermittelten t-Werte relativ niedrig liegen, was den Schluss zulässt, dass noch andere als die berücksichtigten Faktoren zu beachten sind.

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass unplausible Resultate auch dadurch zustande kommen, dass die Entwicklung von Temperatur und Niederschlag im zeitlichen Verlauf innerhalb des jeweiligen Monats nicht parallel verläuft, wurde in einer zweiten Auswertung überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen Niederschlagssumme und der Mitteltemperatur des jeweiligen Vormonats besteht.

Tabelle 9: Ergebnisse der Modellierung des kombinierten Temperatur / Niederschlagsimpulses unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Niederschlagssumme und der mittleren Temperatur des jeweiligen Vormonats

GWG	μ	σ	Modell	t-Wert	Jahres-trend	Erklärte Varianz	Nitrat-konzentration	Relative Impulsbreite
PG32240	3	1,25	2	5	3,53%	57,69%	59,3	1,67
PG32240	3	1,5	2	4,99	4,45%	57,61%	59,3	2
PG32240	9	2	2	5,85	4,73%	64,26%	59,3	0,89
PG41260	5	3	2	3,81	1,85%	68,59%	38,4	2,4
PG41260	6	2,75	2	3,59	3,90%	67,53%	38,4	1,83
PG41260	6	3	2	4,34	4,28%	71,00%	38,4	2
PG64000	12	3	2	3,75	1,69%	43,57%	44,1	1

Interpretation

Die Ergebnisse der kombinierten Betrachtung von Niederschlag und Temperatur führen zu dem Schluss, dass zwar nicht ausgeschlossen ist, dass die Temperatur in Verbindung mit dem Niederschlag eine deutliche Wirkung hat. Allerdings stellt sich heraus, dass die berechneten Modelle die Konzentrationsschwankungen nicht in der erwarteten Weise erklären. Dies hängt einerseits damit zusammen, dass die Wirkung feucht-warmer Herbstmonate nur in sehr grober Weise durch einen Ja-Nein-Indikator berücksichtigt werden konnte. Eine flexiblere Anpassung würde weitaus bessere Ergebnisse erwarten lassen.

Andererseits lässt die verfügbare Datenbasis eine komplexere Modellierung nicht zu, da in diesem Fall eine Überbestimmung und damit statistische Uneindeutigkeit unvermeidlich wäre. Um genauere Aussagen treffen zu können, ist die Einbeziehung längerer Zeitreihen bzw. die Berücksichtigung lokaler Unterschiede erforderlich. Das zweite Problem bei der Analyse von kombinierten Temperatur-Niederschlagseffekten besteht darin, dass die zeitliche Auflösung nicht ausreicht, um festzustellen, ob die Niederschläge tatsächlich bei hohen bzw. niedrigen Temperaturen auftreten. So ist von einer hohen Fehlerrate auszugehen, welche die Modellanpassung zusätzlich erschwert. Eine verbesserte Modellanpassung würde schließlich neben der Einbeziehung der Herbstniederschläge auch die Berücksichtigung der Niederschläge der anderen Jahreszeiten erfordern. Dies jedoch würde ebenfalls eine erheblich umfangreichere Datenbasis erforderlich machen.

Teil B

Untersuchung der Veränderungen von Sauerstoff-, Ammonium-, Nitrit- und Nitratgehalten im Grundwasser

B1 Aufgabenstellung

Zusätzlich zu den Auswertungen über den Zusammenhang zwischen Niederschlag und Nitrat im Grundwasser wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen Veränderungen der Sauerstoff-, Ammonium-, Nitrit- und Nitratgehalte im Grundwasser untersucht. Durch Änderungen der Redox-Bedingungen im Grundwasser kann es zu einer Oxidation von Ammonium bzw. Nitrit zu Nitrat kommen, die ursächlich für steigende Nitratkonzentrationen sein könnte.

Zum einen wurde die Anzahl der Messwerte des Sauerstoffgehalts in Österreich, die eine Konzentration von 2 mg/l unterschreiten, sowie die Anzahl der Messwerte für Nitrit-, Ammonium- und Nitratkonzentrationen, die den Grundwasserschwelienwert überschreiten, zur Gesamtanzahl der Messwerte pro Kalenderjahr berechnet und graphisch dargestellt (Abbildung 3).

Abbildung 4 zeigt den Anteil der Messstellen, deren Mittelwert im jeweiligen Jahr den Grundwasserschwelienwert für Nitrat, Ammonium und Nitrit überschreitet bzw. deren Sauerstoffgehalt 2 mg/l unterschreitet, zur Gesamtanzahl der Messstellen.

Darüber hinaus wurden in Kapitel B3 Trendauswertungen auf Basis von Grundwassergebieten für die Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium- und Nitrit durchgeführt und ein möglicher Zusammenhang mit der Trendentwicklung bezüglich Nitrat geprüft.

Mit dem Auftraggeber wurde vereinbart, ausgehend von den Auswertungen auf der Betrachtungsebene der Grundwassergebiete auch auf das Verhalten einzelner ausgewählter Messstellen einzugehen. Für die Grundwassergebiete PG13180 Seewinkel, PG32240 Marchfeld (NÖ) und PG41260 Traun-Enns-Platte wurden exemplarisch messstellenbezogene Trendauswertungen für Nitrat durchgeführt. Für jene Messstellen, bei denen eine Aufwärtsentwicklung für Nitrat festgestellt wurde, wurden graphische Darstellungen der Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Sauerstoffgehalt, Grundwassertemperatur und ph-Wert erstellt und ein möglicher Zusammenhang verbal diskutiert.

Die Sauerstoffsättigung wurde anhand folgender Formeln berechnet:

$$\text{Sauerstoffgehalt}_{100\% \text{ gesättigt}} \text{ in mg/l} = 14,674 - 13,644 \cdot \log_{10} \frac{1 + \text{Wassertemperatur in } ^\circ\text{C}}{12,8}$$

$$\text{Sauerstoffsättigung in \%} = \frac{\text{Sauerstoffgehalt in mg/l}}{\text{Sauerstoffgehalt}_{100\% \text{ gesättigt}} \text{ in mg/l}}$$

B2 Überschreitungen des Grundwasserschwellenwertes für Nitrat, Ammonium und Nitrit bzw. Unterschreitungen von 2 mg/l Sauerstoffgehalt

Die Anzahl der Messwerte des Sauerstoffgehalts in Österreich, die eine Konzentration von 2 mg/l unterschreiten, sowie die Anzahl der Messwerte für Nitrit- und Ammonium- und Nitratkonzentrationen, die den Grundwasserschwellenwert überschreiten, zur Gesamtanzahl der Messwerte wurden pro Kalenderjahr berechnet. Die Ergebnisse wurden in Abbildung 3 graphisch dargestellt. Die Bestimmungs- und Nachweisgrenzen wurden durch Null ersetzt.

Derzeit gelten in Österreich folgende Grundwasserschwellenwerte für Nitrat, Ammonium bzw. Nitrit:

Nitrat: 45 mg/l
Ammonium: 0,3 mg/l
Nitrit: 0,06 mg/l

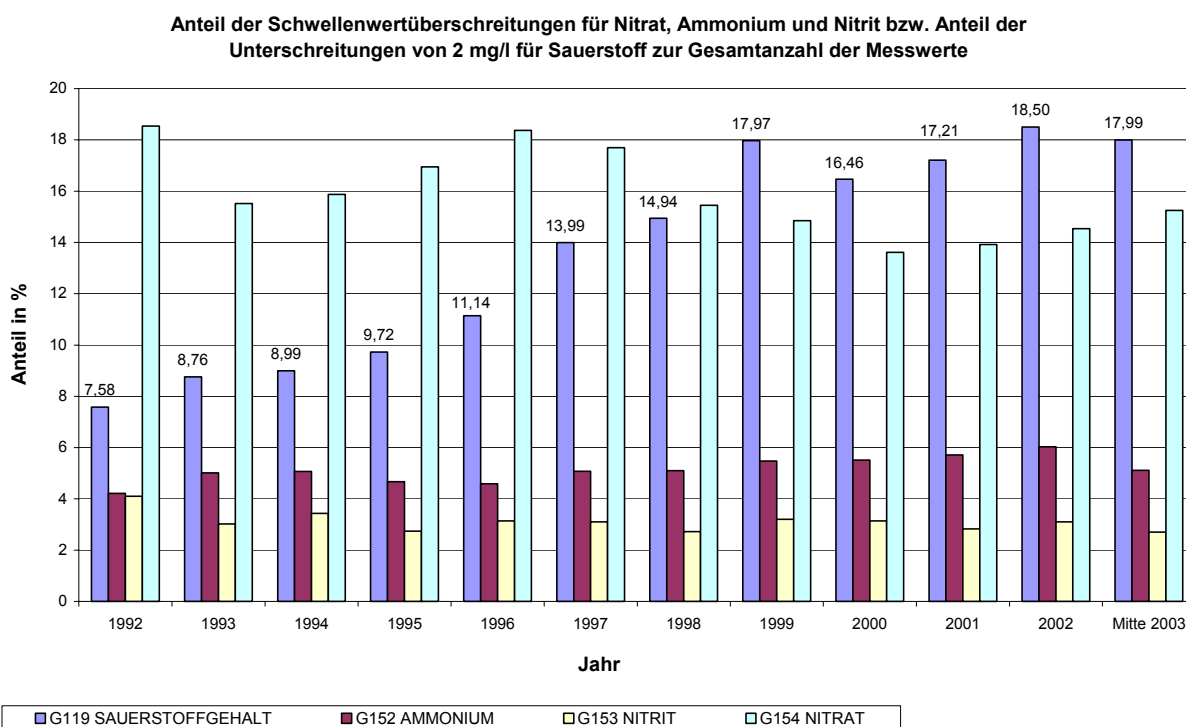


Abbildung 3: Anteil der Schwellenwertüberschreitungen für Nitrat, Ammonium und Nitrit sowie Anteil der Unterschreitungen von 2 mg/l für Sauerstoff zur Gesamtanzahl der Messwerte

Abbildung 4 zeigt den Anteil der Messstellen, deren Mittelwert im jeweiligen Jahr den Grundwasserschwellenwert für Nitrat, Ammonium und Nitrit überschreitet bzw. deren Sauerstoffgehalt 2 mg/l unterschreitet, zur Gesamtanzahl der Messstellen.

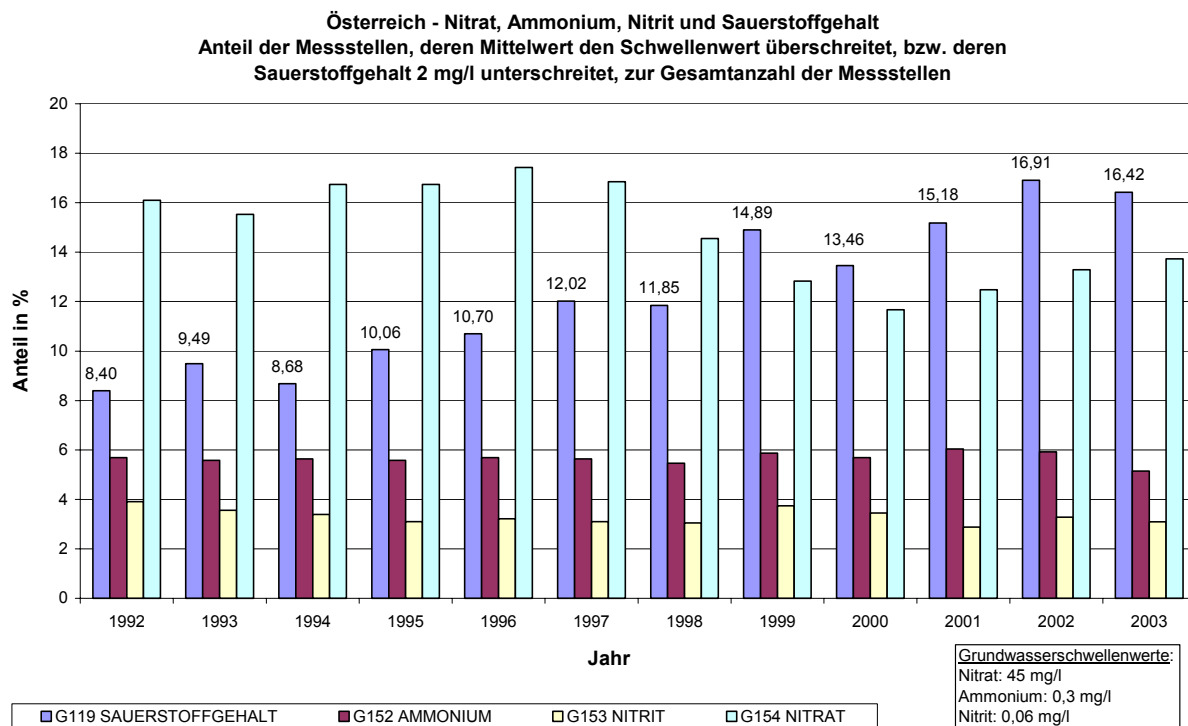


Abbildung 4: Anteil der Messstellen, deren Mittelwert im jeweiligen Jahr den Grundwasserschwellenwert für Nitrat, Ammonium und Nitrit überschreitet bzw. einen Sauerstoffgehalt von 2 mg/l unterschreitet

Aus dem Verlauf der Über- bzw. Unterschreitungen lässt sich kein Zusammenhang in der Entwicklung der genannten Parameter Ammonium, Nitrit bzw. Nitrat (d.h. eine Verringerung der Überschreitungen des Grundwasserschwellenwertes für Ammonium und Nitrat bei gleichzeitigem Ansteigen der Überschreitungen des Grundwasserschwellenwertes für Nitrat gekoppelt mit einer Erhöhung der Anzahl der Messwerte mit Sauerstoffkonzentrationen über 2 mg/l) in Österreich erkennen. Auffällig ist allerdings, dass der Anteil jener Messstellen, deren Jahresmittelwert eine Sauerstoffkonzentration von 2 mg/l unterschreitet, zur Gesamtanzahl der Messstellen ansteigt, und zwar von 8,4 % im Jahr 1992 bis 16,9 % im Jahr 2002. Über die Ursachen dieser Entwicklung kann im Rahmen der vorliegenden Auswertung keine Aussage getroffen werden.

B3 Trendentwicklung der Sauerstoffsättigung sowie von Nitrat, Ammonium und Nitrit

In Kapitel B3 wurden Trendauswertungen für die Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit durchgeführt. Ein möglicher Zusammenhang mit der Trendentwicklung der Grundwassergebiete bezüglich Nitrat wurde geprüft. Mit dem Auftraggeber wurde darüber hinaus vereinbart, ausgehend von den Auswertungen auf der Betrachtungsebene der Grundwassergebiete auch auf das Verhalten einzelner ausgewählter Messstellen einzugehen.

B3.1 Methodik

Die Trendberechnungen wurden mit der Statistik-Software WaterStat auf Basis des „Technical Report 1: The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends and aggregation of monitoring results“ (Grath et al., 2001; www.wfdgw.net) durchgeführt.

Von den vierteljährlichen Messwerten wurden je Messstelle arithmetische Mittelwerte gebildet, welche anschließend über das gesamte Grundwassergebiet aggregiert wurden.

Folgende Kriterien müssen für den Nachweis eines Trends erfüllt sein:

- Messungen unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) bzw. unterhalb der Nachweisgrenze (NG) werden durch die halbe Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze ersetzt (50 % BG bzw. NG). Sollte die Anzahl der Werte < BG bzw. NG zu groß sein, wird keine Berechnung durchgeführt. Dafür ist ein entsprechendes Kriterium vorgesehen.
- Für den Nachweis eines Trends auf Basis einer vierteljährlichen Aggregation muss die Zeitreihe eine minimale Länge von 5 Jahren aufweisen.
- Die Trendanalyse erfolgt auf Basis von konsistenten Zeitreihen an Porengrundwassermessstellen (d.h. Messstellen mit Datenlücken werden in der Trendauswertung nicht berücksichtigt).

Folgende Ergebnisse sind bei der Trendanalyse möglich:

Symbol	Beschreibung
--	kein Trend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
▼	Statistisch signifikanter Abwärtstrend
▲	Statistisch signifikanter Aufwärtstrend

Bei langen Zeitreihen besteht die Gefahr, dass eine Trendanalyse durch ein historisches (höheres oder niedrigeres) Konzentrationsniveau zu Beginn der Zeitreihe beeinflusst wird. Daher wird das Trendergebnis zusätzlich auf einen signifikanten Bruch der Trendlinie (significant break) geprüft. Beim Auftreten eines signifikanten Bruches der Trendlinie wird die Zeitreihe an der Bruchstelle jedenfalls abgeschnitten, sofern der Abschnitt ab dem Bruch mindestens 5 Jahre lang ist.

Falls der Bruch jedoch kürzer als 5 Jahre ist, kann dies in der Ergebnistabelle zur Trendanalyse mit Bruchauswertung zusätzlich angemerkt werden: Das Symbol ↓ zeigt einen statistisch signifikanten Bruch nach unten an. Das Symbol ↑ zeigt einen statistisch signifikanten Bruch nach oben an. Der Zeitpunkt des Bruches der Trendlinie muss mind. 2 Jahre vor Ende der Trendauswertung liegen, ansonsten wird er nicht angezeigt.

Basierend auf diesen Festlegungen werden folgende Symbole bei der Darstellung der Ergebnisse der Trendauswertung herangezogen:

Symbol	Beschreibung der Symbole
--	kein Trend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
--↑	kein Trend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach oben
--↓	kein Trend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach unten
▼	Abwärtstrend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
▼↑	Abwärtstrend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach oben
▼↓	Abwärtstrend, statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach unten
▲	Aufwärtstrend, kein statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie
▲↑	Aufwärtstrend, statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach oben
▲↓	Aufwärtstrend, aber statistisch signifikanter Bruch der Trendlinie nach unten
*	keine Auswertung möglich

B3.2 Ergebnisse der Trendauswertung für Nitrat, Ammonium, Nitrit und der Sauerstoffsättigung für den Zeitraum 1.1.1997 bis 30.6.2003 für Grundwassergebiete in Österreich

Die Ergebnisse der Trendauswertung für den Beobachtungszeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 für alle Grundwassergebiete Österreichs (158 Grundwassergebiete) werden in den Tabellen 8, 9 und 10 zusammenfassend veranschaulicht. Als Beginn der Trendauswertung wurde der 1.1.1997 gewählt, da der Ausbau des Grundwasser-Monitoring-Messnetzes zu diesem Zeitpunkt weitgehend abgeschlossen war. Darüber hinaus sollte mit dem gewählten Beobachtungszeitraum von 6,5 Jahren ein möglichst aktueller Abriss der Entwicklung der jeweiligen Parameter gewährleistet sein.

Tabelle 10 beinhaltet die Anzahl der Grundwassergebiete in den ausgewählten Bundesländern mit dem jeweiligen Trendergebnis inklusive Bruchauswertung.

Tabelle 10: Zusammenfassung der Ergebnisse der Trendentwicklungen für die Parameter Nitrat (mg/l) sowie Sauerstoffsättigung (%), Ammonium (mg/l) und Nitrit (mg/l) von 1.1.1997 bis 30.6.2003 (Anzahl der Grundwassergebiete in den ausgewählten Bundesländern mit dem jeweiligen Auswertergebnis):

Ergebnis	Nitrat	Sauerstoff-sättigung	Ammonium	Nitrit
--	65	82	45	26
--↑	12	4	1	1
--↓	8	5	5	1
▼	41	35	9	2
▼↑	14	1	0	0
▼↓	6	1	0	0
▲	2	11	7	3
▲↑	3	0	0	0
▲↓	0	0	1	0
*	7	19	90	125
Summe	158	158	158	158

Tabelle 11 beinhaltet eine Lösungsmatrix der Ergebnisse der Trendauswertung der Grundwassergebiete von 1.1.1997 bis 30.6.2003, in der sämtliche Kombinationen an Ergebnissen der Trendauswertung und die Anzahl der Grundwassergebiete mit entsprechender Lösung angeführt sind. Bei dieser Auswertung wurde die Bruchauswertung nicht inkludiert, da die Anzahl der Lösungskombinationen ansonsten unüberschaubar wäre.

Tabelle 11: Lösungsmatrix der Ergebnisse der Trendauswertung für die Parameter Sauerstoffsättigung (%), Ammonium (mg/l), Nitrat und Nitrit (mg/l) von 1.1.1997 bis 30.6.2003 (k.A.: keine Auswertung möglich):

Ergebnisse Trendauswertung von 1.1.1997 bis 30.6.2003				
Nitrat	Sauerstoff-sättigung	Ammonium	Nitrit	Anzahl der Grundwassergebiete mit entsprechender Lösungsmatrix
--	--	--	--	7
--	--	--	▲	1
--	--	--	k.A.	11
--	--	▼	--	1
--	--	▼	k.A.	4
--	--	k.A.	k.A.	32
--	▲	▼	k.A.	1
--	▲	k.A.	k.A.	1
--	▼	--	--	4
--	▼	--	k.A.	3
--	▼	▲	k.A.	2
--	▼	k.A.	--	1
--	▼	k.A.	k.A.	8
--	k.A.	--	k.A.	1
--	k.A.	k.A.	k.A.	8

Ergebnisse Trendauswertung von 1.1.1997 bis 30.6.2003				
Nitrat	Sauerstoff-sättigung	Ammonium	Nitrit	Anzahl der Grundwassergebiete mit entsprechender Lösungsmatrix
▲	--	--	--	1
▲	▲	k.A.	k.A.	3
▲	k.A.	▲	k.A.	1
▼	--	--	--	4
▼	--	--	▲	1
▼	--	--	▼	1
▼	--	--	k.A.	6
▼	--	▲	--	1
▼	--	↓	--	1
▼	--	▲	k.A.	2
▼	--	▼	▲	1
▼	--	k.A.	--	1
▼	--	k.A.	k.A.	16
▼	▲	--	k.A.	1
▼	▲	▼	▼	1
▼	▲	k.A.	k.A.	4
▼	▼	--	--	6
▼	▼	--	k.A.	3
▼	▼	▲	k.A.	1
▼	▼	▼	--	1
▼	▼	k.A.	k.A.	7
▼	k.A.	k.A.	k.A.	3
k.A.	▼	k.A.	k.A.	1
k.A.	k.A.	--	k.A.	1
k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	5

Ein möglicher Zusammenhang der Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium bzw. Nitrat mit der Trendentwicklung der Grundwassergebiete bezüglich Nitrat kann darin bestehen, dass ein Wiederanstieg von Nitrat (siehe Kapitel A1 Grundlagen) durch einen Anstieg der Sauerstoffsättigung und in Folge einer Oxidation von Ammonium bzw. Nitrit zu Nitrat verursacht wird. Bei den 5 Grundwassergebieten mit Aufwärtstrend bezüglich Nitrat (siehe Tabelle 11) ist kein derartiger Zusammenhang abzuleiten;

- einerseits weil v.a. für die Parameter Ammonium und Nitrit die Anzahl der Messwerte unter der Bestimmungs(BG)- bzw. Nachweisgrenze (NG) zu hoch war, sodass keine Berechnung durchgeführt werden konnte,
- andererseits – bei Vorhandensein von Ergebnissen der Trendauswertung – durch den fehlenden Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit.

Entsprechend weist das Grundwassergebiet PG32502 Südl. Wiener Becken-Nord einen Aufwärtstrend für Nitrat und keinen Trend für die Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit auf.

Das Grundwassergebiet PG74040 Pustertal weist Aufwärtstrends für die Parameter Nitrat und Ammonium auf, für Nitrit bzw. die Sauerstoffsättigung war keine Trendauswertung möglich (Anzahl der Werte < BG / NG zu hoch).

Die Grundwassergebiete PG24450 Jaunfeld, PG32640 Hainburger Pforte und PG24370 Krappfeld weisen einen Aufwärtstrend für Nitrat und der Sauerstoffsättigung auf, jedoch war für Ammonium und Nitrit keine Trendauswertung möglich.

Tabelle 12 zeigt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Trendauswertung für die Parameter Nitrat, Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit inklusive Auswertung auf Bruch in der Trendlinie ausschließlich für jene Grundwassergebiete, die bezüglich Nitrat einen Bruch in der Trendlinie nach oben aufweisen, wobei der Zeitpunkt des Bruches der Trendlinie mind. 2 Jahre vor Ende der Trendauswertung liegen muss.

Tabelle 12: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Trendauswertung für die Parameter Nitrat, Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit inklusive Auswertung auf Bruch in der Trendlinie ausschließlich für jene Grundwassergebiete, die bezüglich Nitrat einen Bruch in der Trendlinie nach oben aufweisen (k.A.: keine Auswertung möglich):

Ergebnisse Trend- und Bruchauswertung von 1.1.1997 bis 30.6.2003				
Nitrat	Sauerstoff-sättigung	Ammonium	Nitrit	Anzahl der Lösungen
--↑	--	--	--	2
--↑	--	--	▲	1
--↑	--	--	k.A.	2
--↑	--	▼	k.A.	1
--↑	--	k.A.	k.A.	3
--↑	▼	--	--	1
--↑	▼	--	k.A.	1
--↑	▼	k.A.	--	1
▼↑	--	--	--	1
▼↑	--	--	▼	1
▼↑	--	--↓	k.A.	2
▼↑	--	▲	--	1
▼↑	--	▲↓	--	1
▼↑	--	▲	k.A.	1
▼↑	--	k.A.	k.A.	2
▼↑	▼	--↓	--↓	1
▼↑	▼	--	k.A.	1
▼↑	▼	k.A.	k.A.	1
▼↑	k.A.	k.A.	k.A.	2

In keinem der 26 Grundwassergebiete mit einem Wiederanstieg der Nitratkonzentrationen (d.h. Bruch in der Trendlinie nach oben) ist eine Aufwärtsentwicklung bezüglich der Sauerstoffsättigung aufgetreten. Im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel ist ein Abwärtstrend bezüglich Nitrit aufgetreten. Im Grundwassergebiet PG31850 Ybbstal-Urtal ist ein Abwärtstrend für Ammonium aufgetreten.

Die detaillierten Ergebnisse der Trendanalyse je Grundwassergebiet sind in Anhang 5 dargestellt.

B3.3 Messstellenbezogene Auswertungen

Mit dem Auftraggeber wurde vereinbart, ausgehend von den Auswertungen auf der Betrachtungsebene der Grundwassergebiete auch auf das Verhalten einzelner ausgewählter Messstellen einzugehen. Für die Grundwassergebiete PG13180 Seewinkel, PG41260 Traun-Enns-Platte und PG32240 Marchfeld (NÖ) wurden dazu exemplarisch messstellenbezogene Auswertungen durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurden Zustand und zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentrationen der Messstellen in den ausgewählten Grundwassergebieten berechnet. Die Art der Messstelle wurde anhand der derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdaten ermittelt. Für jene Messstellen, die eine Aufwärtsentwicklung für Nitrat aufweisen (Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurden Zeitreihen für die Parameter Sauerstoffgehalt, Ammonium-, Nitrit- und Nitratkonzentrationen sowie Wassertemperatur und pH-Wert erstellt.

Messstellenbezogene Auswertungen für das Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel

Für das Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel wurde für den Zeitraum von 1.1.1997 bis 31.12.2002 eine Trendberechnung für Nitrat auf Messstellenebene durchgeführt (Tab. 13).

Tabelle 13: Ergebnisse der Trendauswertungen für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 31.12.2002 für das Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel

Trendergebnis	Anzahl MST	Anzahl der Messstellen absolut
--	3	12,5%
**	7	29,2%
▲	0	0,0%
▲↑	0	0,0%
▲↓	0	0,0%
▼	9	37,5%
▼↑	3	12,5%
▼↓	1	4,2%
--↑	1	4,2%

Ein Wiederanstieg der Nitratkonzentrationen (d.h. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurde an ca. 17 % der Messstellen festgestellt (12,5 % der MST weisen keinen Trend auf, an ca. 42 % der ausgewerteten 24 Messstellen konnte eine Abwärtsentwicklung (Abwärtstrend bzw. Bruch der Trendlinie nach unten) festgestellt werden).

Zur Bewertung des bestehenden Zustands der Messstellen wurde der Messstellenmittelwert für den Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003 berechnet und klassifiziert. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 14.

Tabelle 14: Klassifizierung der Messstellenmittelwerte im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel im Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003

Mittelwert Mitte 2001 bis Mitte 2003	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
<10 mg/l	9	37,5%
10-25 mg/l	4	16,7%
25-50 mg/l	3	12,5%
50-75 mg/l	3	12,5%
75-100 mg/l	2	8,3%
>100	3	12,5%

Während ca. 38 % der Messstellen ein Konzentrationsniveau von <10 mg/l für Nitrat aufweisen, gibt es 3 Messstellen mit durchschnittlichen Konzentrationen von Mitte 2001 bis Mitte 2003 mit Konzentrationen größer 100 mg/l. An einer dieser 3 Messstellen ist für Nitrat kein Trend, an einer ein Abwärtstrend mit Bruch in der Trendlinie nach oben und an der dritten kein Trend mit Bruch in der Trendlinie nach oben festzustellen.

Eine Auswertung der aktuell am Umweltbundesamt verfügbaren Stammdaten ergab folgende Arten an Messstellen im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel (Tabelle 15):

Tabelle 15: Klassifizierung der Art der Messstellen im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel gemäß den derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdatenblättern

Art der Messstelle	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
Sonde	23	95,8%
Bohrbrunnen	0	0,0%
Schachtbrunnen	0	0,0%
Schlagbrunnen	1	4,2%
keine Angabe	0	0,0%
Sonstige Art der Messstelle	0	0,0%

Die Art der beprobten Messstellen entspricht zu einem Großteil Sonden.

Für jene 4 Messstellen, bei denen die Trendanalyse eine Aufwärtsentwicklung ergab (durch Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurden Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt erstellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Trendauswertung, der Mittelwert von Mitte 2002 bis Mitte 2004, die Art der Messstelle sowie mögliche Beeinflussungen der Messstelle tabellarisch dargestellt. Bestimmungs- und Nachweisgrenzen wurden durch Null ersetzt.

PG10002972

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-	Mittelwert	Art	Art der Nutzung	Mögliche
---------	-------	-----------	------------	-----	-----------------	----------

		Zeitraum	Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2003	der MST		Beeinflussungen
PG10002972	--↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	137,00	Sonde	Mst. zur Erhebung der Wassergüte (Qualität)	keine Angabe

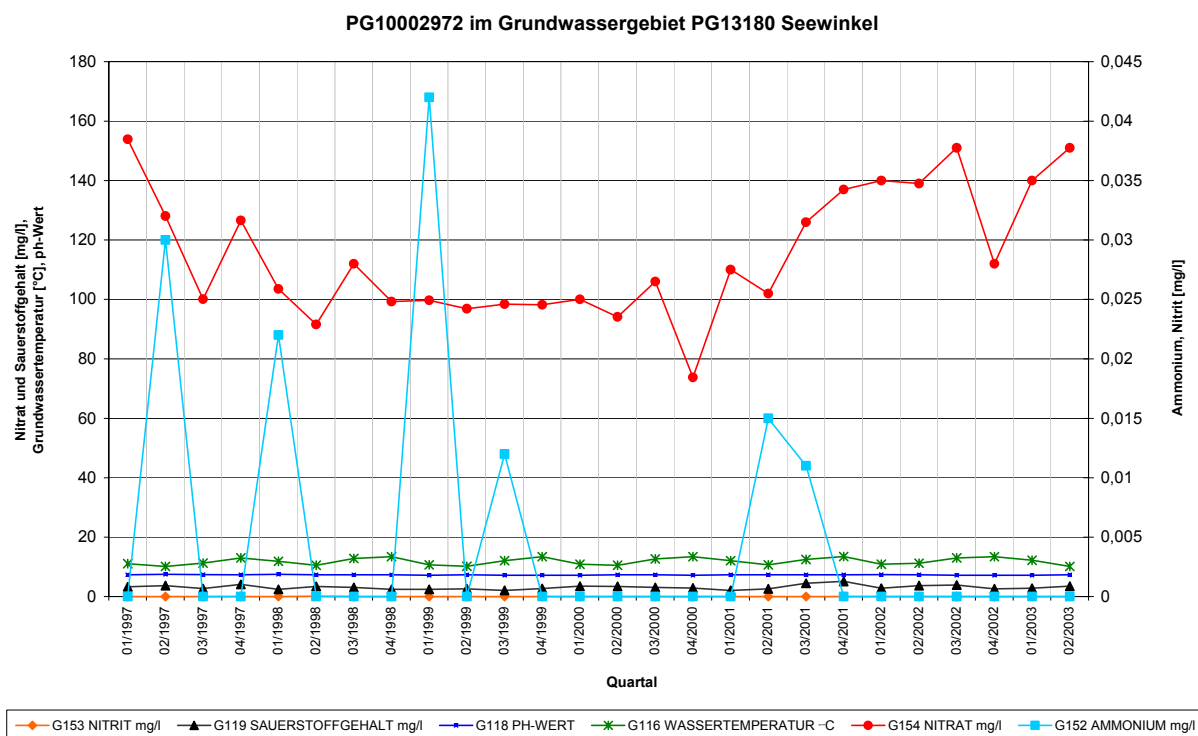


Abbildung 5: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10002972 von 1.1.1997 bis 30.6.2003

Ein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ist aus Abbildung 5 nicht ersichtlich.

Während die Nitratkonzentrationen an der Messstelle PG10002972 ein hohes Niveau von Großteils mehr als 100 bis zu 160 mg/l erreichen (Grundwasserswellenwert von 45 mg/l), liegen die Ammonium- bzw. Nitritkonzentrationen unter der Bestimmungs- und Nachweisgrenze bzw. unterhalb dem Grundwasserswellenwert, der für Ammonium 0,3 mg/l und für Nitrit 0,06 mg/l beträgt.

PG10003002

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG10003002	▼↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	82,79	Schlagbrunnen	Mst. zur Erhebung der Wassergüte (Qualität)	keine Angabe

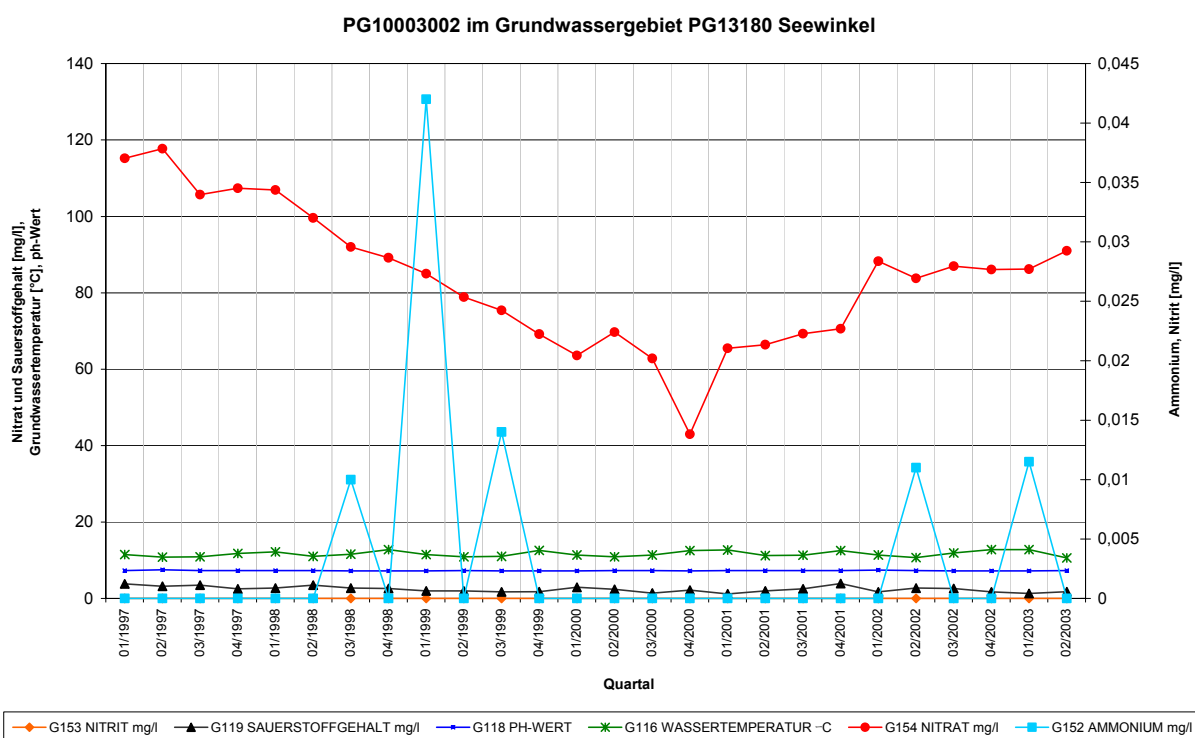


Abbildung 6: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10003002

Ein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ist aus Abbildung 6 nicht ersichtlich.

Während die Nitratkonzentrationen an der Messstelle PG10003002 auf einem hohen Niveau zwischen 40 und 120 mg/l liegen (Grundwasserschwellenwert 45 mg/l), wurden für Ammonium bzw. Nitrit ausschließlich Werte unter der Bestimmungs- und Nachweisgrenze bzw. unterhalb dem Grundwasserschwellenwert, der für Ammonium 0,3 mg/l und für Nitrit 0,06 mg/l beträgt, nachgewiesen.

PG10003012

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG10003012	▼↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	55,90	Sonde	Mst. zur Erhebung der Wassergüte (Qualität)	keine Angabe

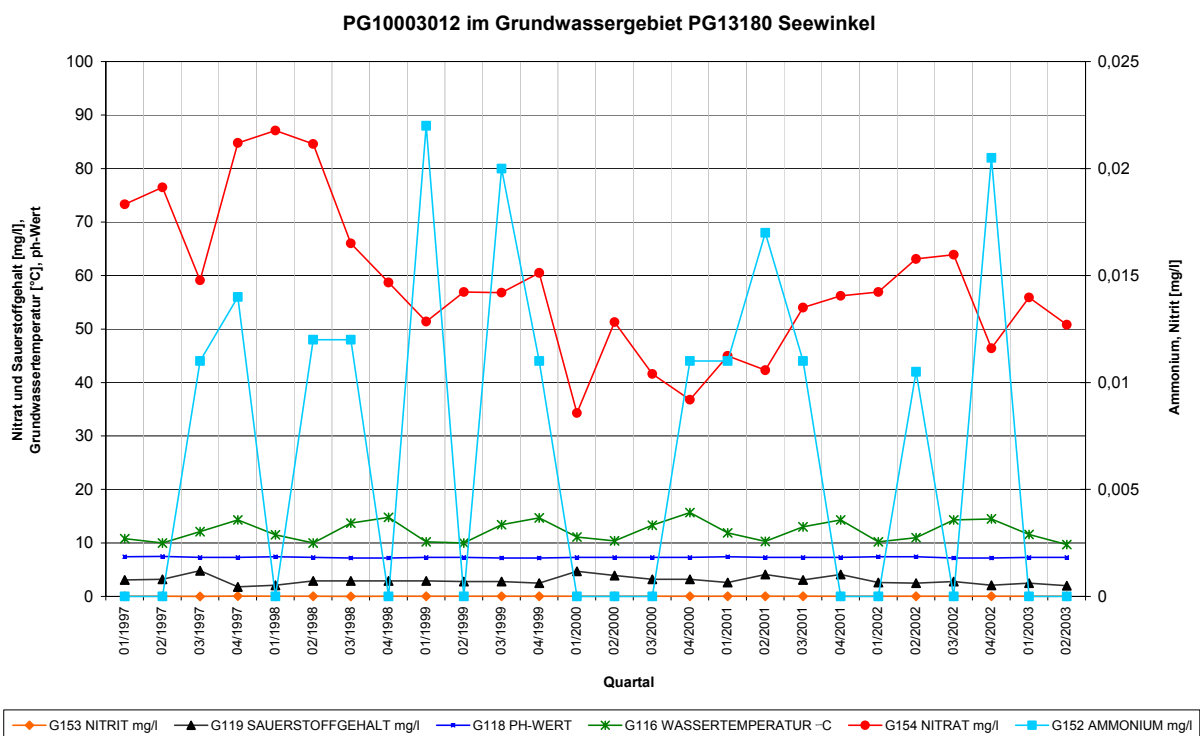


Abbildung 7: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10003012

Ein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ist aus Abbildung 7 nicht ersichtlich.

An der Messstelle PG10003012 liegt ein Großteil der gemessenen Nitratkonzentrationen über dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l), während die Ammonium- bzw. Nitritkonzentrationen unter der Bestimmungs- und Nachweisgrenze bzw. unterhalb dem Grundwasserschwellenwert liegen, der für Ammonium 0,3 mg/l und für Nitrit 0,06 mg/l beträgt.

PG10003082

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG10003082	▼↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	155,63	Sonde	Mst. zur Erhebung der Wassergüte (Qualität)	keine Angabe

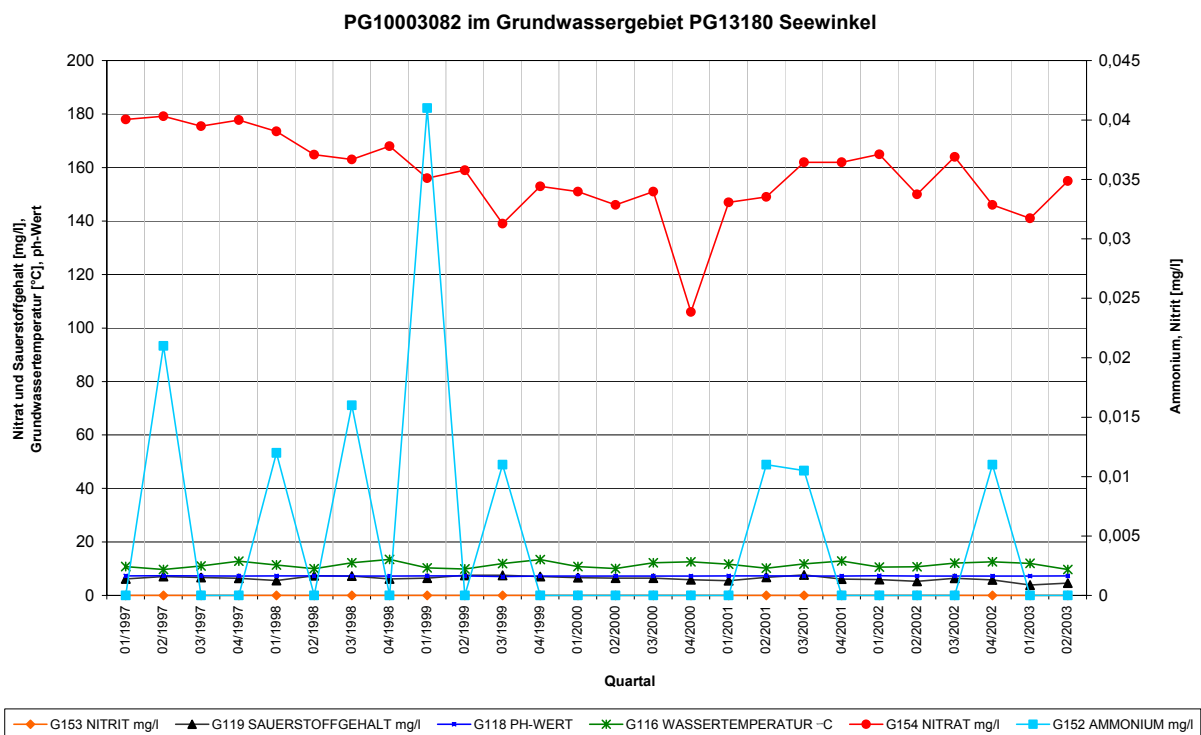


Abbildung 8: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10003082

Ein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ist aus Abbildung 5 nicht ersichtlich.

Während die Nitratkonzentrationen an der Messstelle PG10003082 ein hohes Niveau von mehr als 100 bis zu 180 mg/l erreichen (Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l), liegen die Ammonium- bzw. Nitritkonzentrationen bis auf eine Ausnahme unter der Bestimmungs- und Nachweisgrenze bzw. unterhalb dem Grundwasserschwellenwert, der für Ammonium 0,3 mg/l und für Nitrit 0,06 mg/l beträgt.

Messstellenbezogene Auswertungen für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte

Für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte wurde für den Zeitraum von 1.1.1997 bis 31.12.2002 eine Trendberechnung für Nitrat auf Messstellenebene durchgeführt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Ergebnisse der Trendauswertungen für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 31.12.2002 für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte

Trendergebnis	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
--	11	44%
**	1	4%
▲	2	8%
▲↑	0	0%
▲↓	0	0%
▼	8	32%
▼↑	1	4%
--↑	2	8%
--↓	0	0%

Ein (Wieder)-Anstieg der Nitratkonzentrationen (d.h. Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurde an ca. 20 % der Messstellen festgestellt (44 % der MST weisen keinen Trend auf, an ca. 32 % der ausgewerteten 25 Messstellen konnte eine Abwärtsentwicklung (Abwärtstrend bzw. Bruch nach unten) festgestellt werden).

Zur Bewertung des bestehenden Zustands der Messstellen wurde der Messstellenmittelwert für den Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003 berechnet und klassifiziert. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 17.

Tabelle 17: Klassifizierung der Messstellenmittelwerte im Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte im Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003

Mittelwert Mitte 2001 bis Mitte 2003	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
<10 mg/l	5	20%
10-25 mg/l	3	12%
25-50 mg/l	13	52%
50-75 mg/l	3	12%
75-100 mg/l	1	4%
>100 mg/l	0	0%

Mehr als 50 % der Messstellen liegen in der Klasse von 25 bis 50 mg/l Nitrat, 20 % der Messstellen weisen Nitratgehalte <10 mg/l auf.

Eine Auswertung der aktuell am Umweltbundesamt verfügbaren Stammdaten ergab folgende Arten an Messstellen im Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte (Abbildung 18):

Tabelle 18: Klassifizierung der Art der Messstellen im Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte gemäß den derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdatenblättern

Art der Messstelle	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
Sonde	0	0,0%
Bohrbrunnen	3	12,0%
Schachtbrunnen	22	88,0%
Schlagbrunnen	0	0,0%
keine Angabe	0	0,0%
Sonstige Art der Messstelle	0	0,0%

Für jene 5 Messstellen, bei denen die Trendanalyse eine Aufwärtsentwicklung ergab (durch Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurden Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt erstellt. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Trendauswertung, der Nitrat-Mittelwert von Mitte 2002 bis Mitte 2004, die Art der Messstelle sowie mögliche Beeinflussungen für jede dieser Messstellen tabellarisch dargestellt.

PG40913022

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG40913022	--↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	7,48	Schacht- brunnen	Hausbrunnen, -quelle	Chemische Industrie, Gewerbe; Hauptverkehrsstraße; Kläranlagen; Ackerland/v.a. Getreide (ohne Mais), Raps

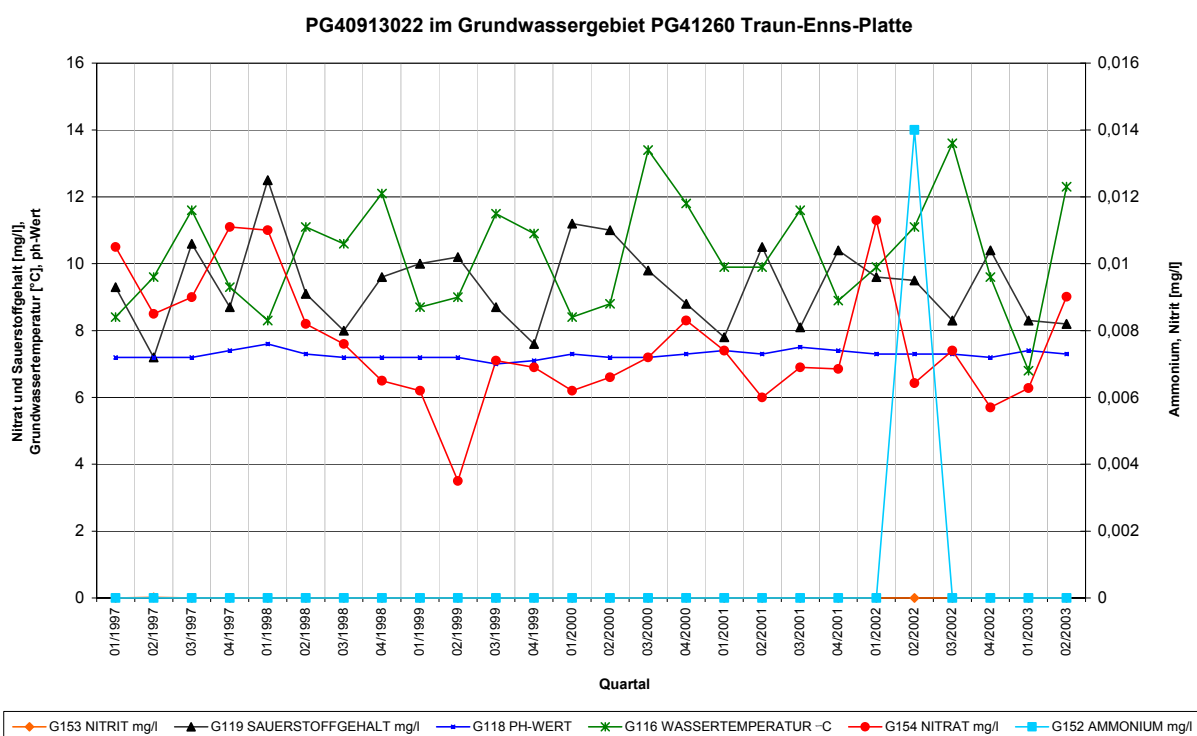


Abbildung 9: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG40913022

Aus Abbildung 9 ist ersichtlich, dass die Ammonium- und Nitritkonzentrationen bis auf eine Ausnahme unter der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze liegen (Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenzen wurden durch Null ersetzt) und keine Veränderungen in der Entwicklung der beiden Parameter aufgetreten sind. Die Nitratkonzentrationen an der Messstelle PG40913022 liegen durchwegs unter dem Grundwasserschwelienwert von 45 mg/ auf einem niedrigen Niveau.

PG41006012

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG41006012	▼↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	28,29	Schachtbrunnen	Zentrale Wasserversorgung	Kläranlagen; Ackerland/v.a. Getreide (ohne Mais), Raps; Beeinflussung durch geschlossene Siedlungsgebiete

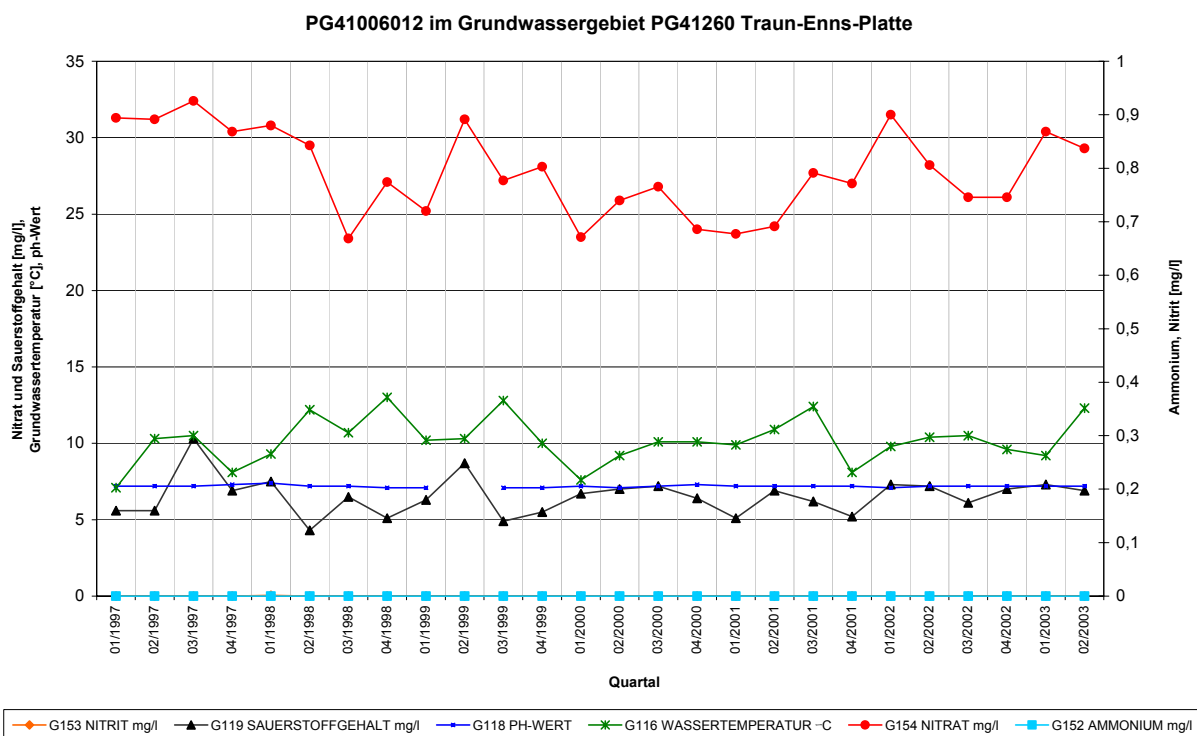


Abbildung 10: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41006012

Auch aus Abbildung 10 ist ersichtlich, dass die Ammonium- und Nitritkonzentrationen unter der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze liegen (Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenzen wurden durch Null ersetzt) und keine Veränderungen in der Entwicklung der beiden Parameter aufgetreten sind. Sämtliche gemessene Nitratkonzentrationen liegen unterhalb dem Grundwasserschwellenwert von 45 mg/l.

PG41013012

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG41013012	▲	01.01.1997 bis 01.10.2002	83,23	Schachtbrunnen	Hausbrunnen, - quelle	Hauptverkehrsstraße; Kläranlagen; Ackerland/v.a. Getreide (ohne Mais), Raps

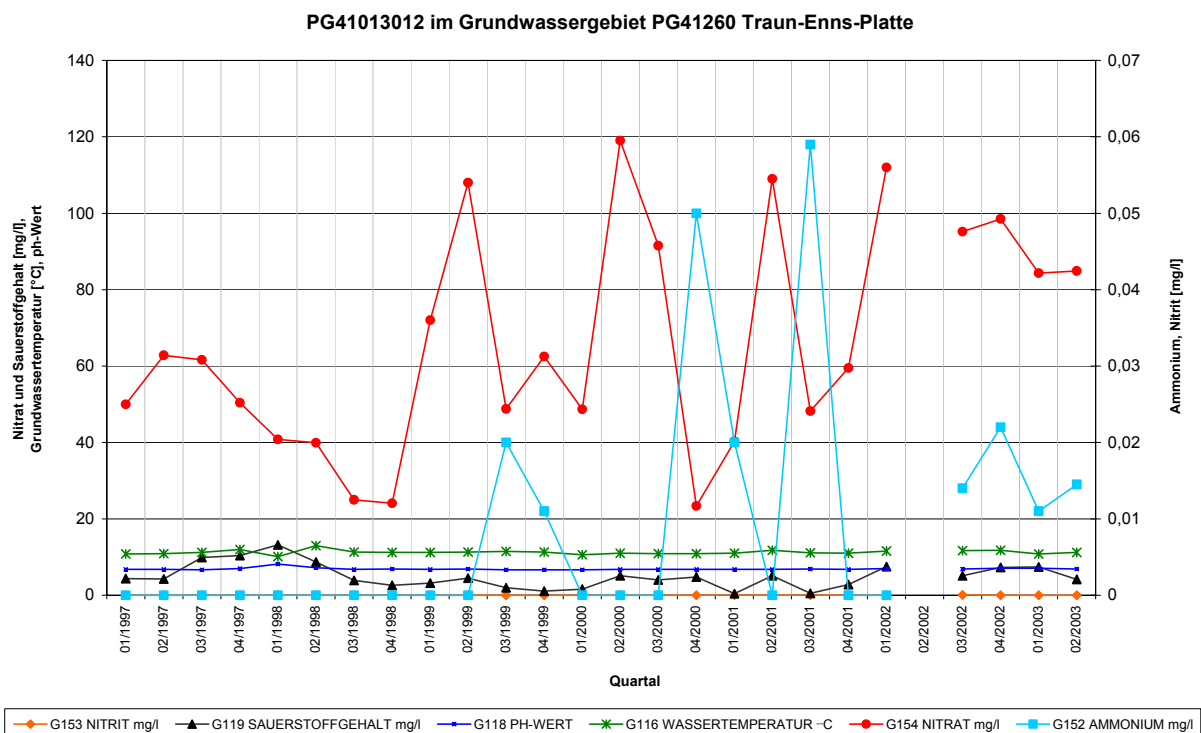


Abbildung 11: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41013012

Abbildung 11 zeigt teilweise gegenläufige Konzentrationen von Nitrat und Ammonium, allerdings unterscheiden sich die Konzentrationsniveaus der beiden Parameter beträchtlich: während Nitrat in Konzentrationen über 100 mg/l auftritt, liegen die Ammoniumkonzentrationen bei einem Maximum von 0,06 mg/l auf einem sehr niedrigen Niveau. Auffallend an Messstelle PG41013012 ist die starke Variabilität der Nitratkonzentrationen; die Trendauswertung ergab ein saisonales Verhalten der Messstelle bezüglich Nitrat.

PG41020012

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG41020012	--↑	01.01.1997 bis 01.10.2002	51,98	Schachtbrunnen	Hausbrunnen, - quelle	Kläranlagen; Beeinflussung durch geschlossene Siedlungsgebiete

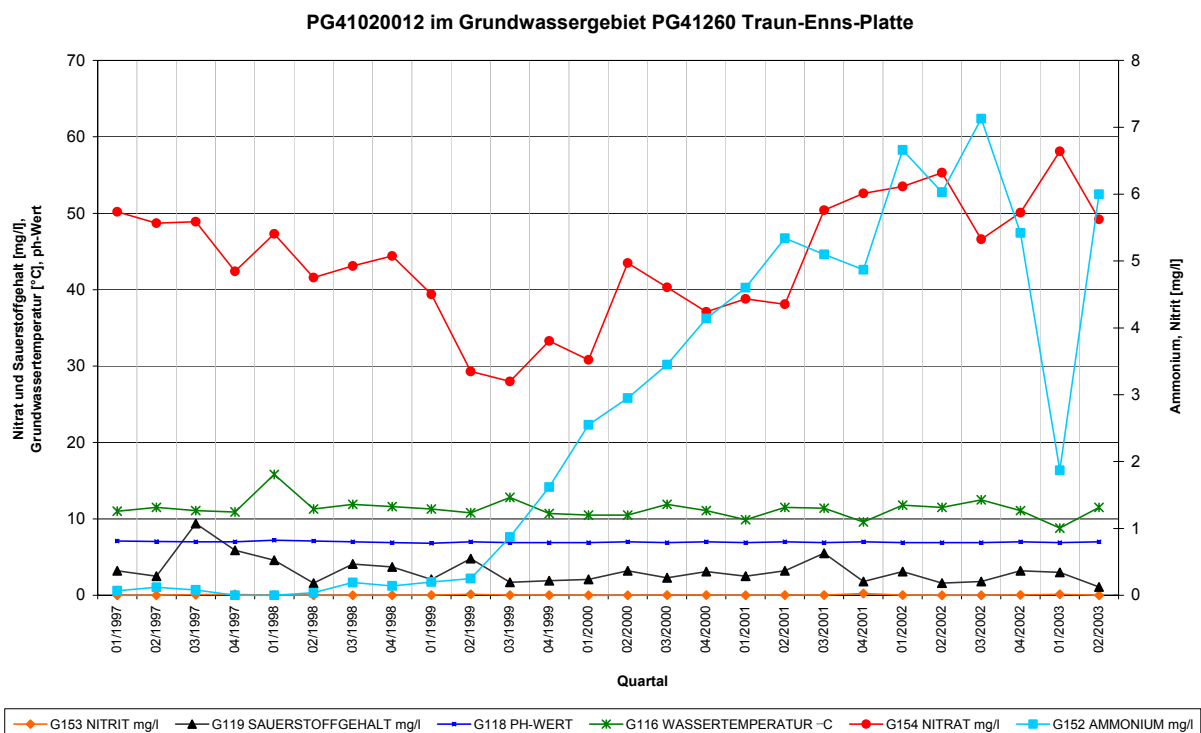


Abbildung 12: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41020012

Aus Abbildung 12 ist ersichtlich, dass der Anstieg der Nitratkonzentrationen mit einem Anstieg der Ammoniumkonzentrationen einhergeht; letztere liegen seit 1999 über dem Grundwasserschwel­lenwert von 0,3 mg/l (bei einem Maximum von 7 mg/l). Der Sauerstoffgehalt zeigt nur geringe Veränderungen, ebenso der ph-Wert sowie die Wassertemperatur und Nitrit.

PG41824012

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG41824012	▲	01.01.1997 bis 01.10.2002	4,30	Schachtbrunnen	Hausbrunnen, -quelle	Kläranlagen; Ackerland/v.a. Getreide (ohne Mais), Raps

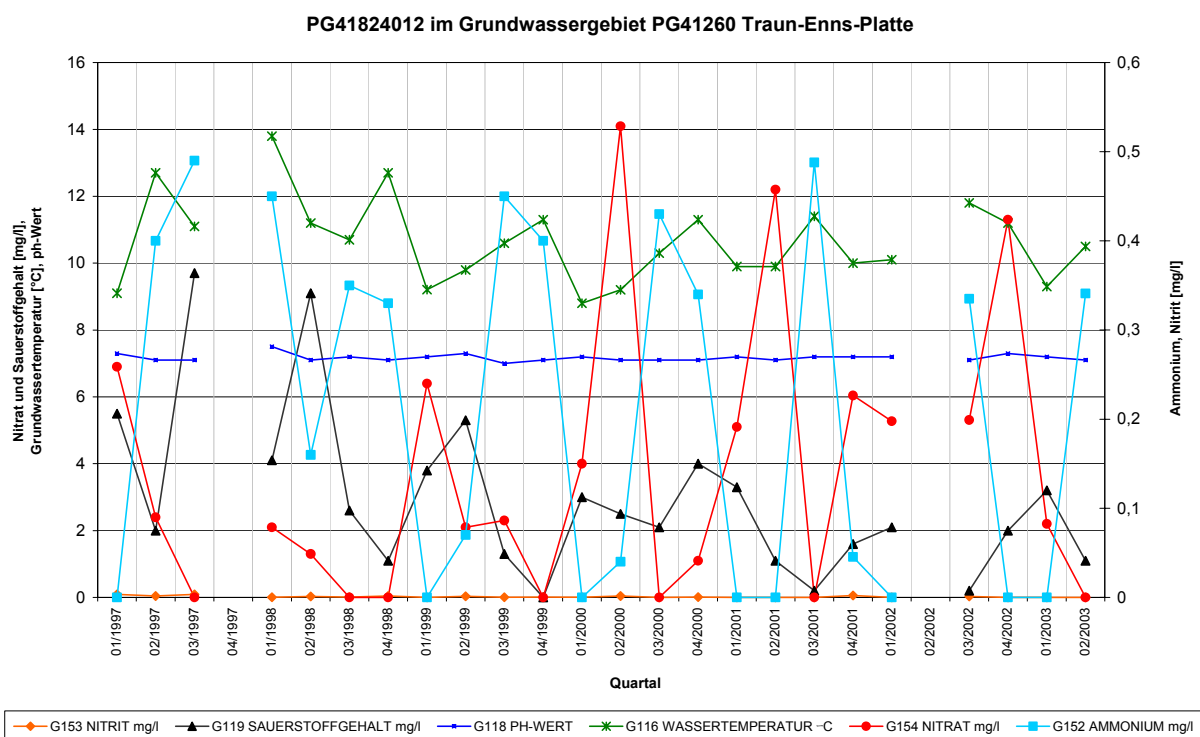


Abbildung 13: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41824012

Abbildung 13 zeigt gegenläufige Konzentrationen für die Parameter Nitrat und Ammonium, allerdings unterscheiden sich die Konzentrationsniveaus der beiden Parameter (wenn auch nicht so beträchtlich wie in Abbildung 11). Die Sauerstoffgehalte sind bei einem Anstieg der Ammoniumkonzentrationen meistens gering, während sie bei einem Anstieg der Nitratkonzentrationen steigen. An dieser Messstelle wurde eine signifikante Saisonalität für Nitrat festgestellt, die Messwerte schwanken zwischen der Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze von 14 mg/l auf einem niedrigen Niveau.

Messstellenbezogene Auswertungen für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ)

Für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) wurde für den Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2004 eine Trendberechnung für Nitrat auf Messstellenebene durchgeführt (Tabelle 19).

Tabelle 19: Ergebnisse der Trendauswertungen für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2004 für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ)

Trendergebnis	Anzahl MST	Anzahl der Messstellen absolut
----	12	27,9%
**	4	9,3%
▲	7	16,3%
▲↑	2	4,7%
▲↓	0	0,0%
▼	6	14,0%
▼↑	4	9,3%
----↑	7	16,3%
----↓	1	2,3%

Ein Wiederanstieg der Nitratkonzentrationen (d.h. Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurde an ca. 47 % der Messstellen festgestellt (ca. 28 % der MST weisen keinen Trend auf, an ca. 16 % der ausgewerteten 43 Messstellen konnte eine Abwärtsentwicklung (Abwärtstrend bzw. Bruch nach unten) festgestellt werden).

Zur Bewertung des bestehenden Zustands der Messstellen wurde der Messstellenmittelwerte für den Zeitraum von 1.7.2002 bis 30.6.2004 berechnet und klassifiziert. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 20.

Tabelle 20: Klassifizierung der Messstellenmittelwerte im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) im Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003

Mittel Mittel 2002 bis Mitte 2004	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
<10 mg/l	6	14,0%
10 - 25 mg/l	3	7,0%
25-50 mg/l	10	23,3%
50-75 mg/l	8	18,6%
75-100 mg/l	8	18,6%
>100	8	18,6%

Der Mittelwert von Mitte 2002 bis Mitte 2004 weist an 24 von insgesamt 43 ausgewerteten Messstellen Nitratkonzentrationen über 50 mg/l (Parameterwert gemäß Trinkwasserverordnung 2001) auf. Der Grundwasserswellenwert von 45 mg/l wird an 28 Messstellen überschritten.

Eine Auswertung der aktuell am Umweltbundesamt verfügbaren Stammdaten ergab folgende Arten an Messstellen im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) (Tabelle 21):

Tabelle 21: Klassifizierung der Art der Messstellen im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) gemäß den derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdatenblättern

Art der Messstelle	Anzahl der Messstellen absolut	Anzahl der Messstellen in %
Sonde	19	44,2%
Bohrbrunnen	10	23,3%
Schachtbrunnen	9	20,9%
Schlagbrunnen	3	7,0%
Sonstige Art der Messstelle	1	2,3%
keine Angabe	1	2,3%

Für jene 20 Messstellen, bei denen die Trendanalyse eine Aufwärtsentwicklung ergab (durch Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben) wurden Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt erstellt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Trendauswertung, der Mittelwert von Mitte 2002 bis Mitte 2004, die Art der Messstelle sowie mögliche Beeinflussungen der Messstelle tabellarisch dargestellt.

Ein möglicher Zusammenhang zwischen den Parametern ist nur an einer dieser 20 Messstellen ersichtlich, die im Folgenden dargestellt wird.

PG31600042

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG32400522	▲↑	01.01.1997 bis 01.04.2004	75-100 mg/l	Sonde	Mst. zur Erhebung der Wasserkreislaufs (Quantität)	Keine Angabe

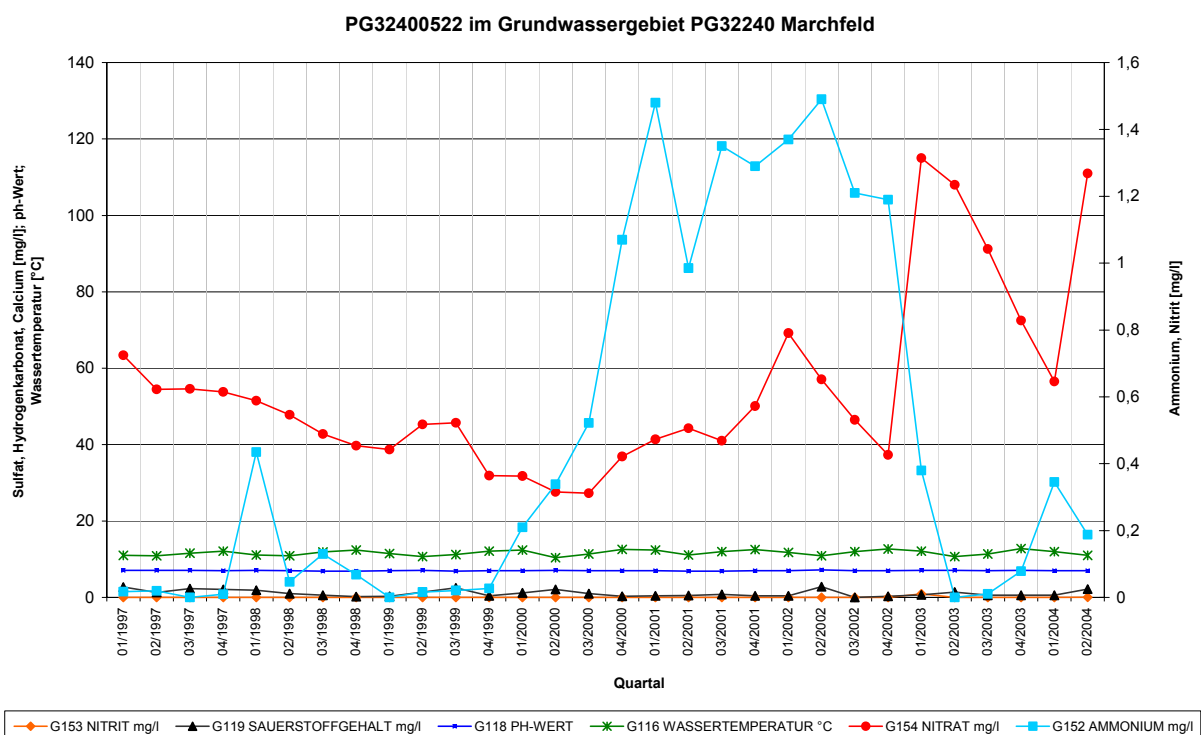


Abbildung 14: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG32400522

An der Messstelle PG32400522 geht der Anstieg der Nitratkonzentrationen mit einem Abfall der Ammoniumkonzentrationen einher. Sowohl die Nitrat- als auch die Ammoniumkonzentrationen liegen teilweise auf einem hohen Niveau über dem Grundwasserswellenwert von 45 mg/l bzw. 0,3 mg/l.

Exemplarisch für jene Messstellen im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ), an denen anhand der Zeitreihen kein Zusammenhang zwischen den Parametern erkennbar ist, erfolgt an der Messstelle PG30800022 eine graphische Darstellung der Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt.

PG3080022

WGEV-Nr	Trend	Auswerte-Zeitraum	Mittelwert Nitratkonzentrationen Mitte 2002 bis Mitte 2004	Art der MST	Art der Nutzung	Mögliche Beeinflussungen
PG3080022	▲	01.01.1999 bis 01.04.2004	50-75 mg/l	Sonde	Mst. zur Erhebung der Wasserkreislaufs (Quantität)	Ackerland/v.a. Getreide (ohne Mais), Raps

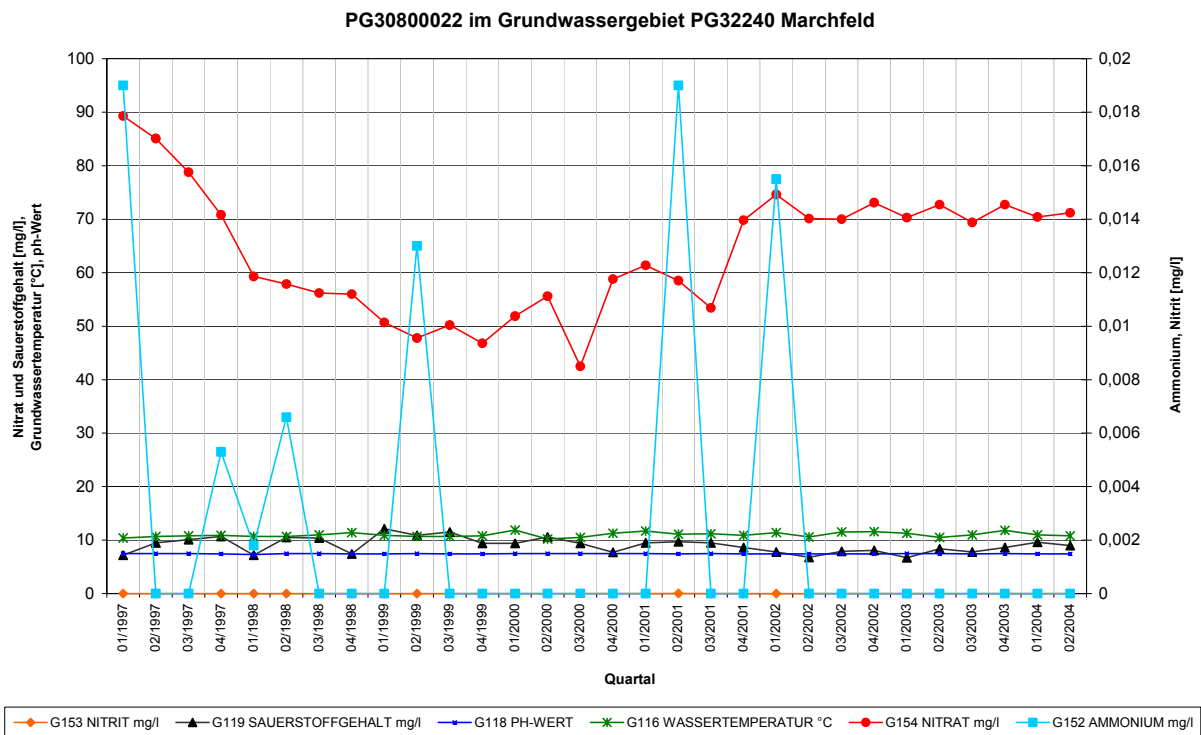


Abbildung 15: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG3080022

Ein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ist aus Abbildung 15 nicht ersichtlich.

B3.4 Diskussion der Ergebnisse

In Teil B des vorliegenden Berichts wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen Veränderungen der Sauerstoff-, Ammonium-, Nitrit- und Nitratgehalte im Grundwasser untersucht. Durch Änderungen der Redox-Bedingungen im Grundwasser kann es zu einer Oxidation von Ammonium bzw. Nitrit zu Nitrat kommen, die ursächlich für steigende Nitratkonzentrationen sein könnte.

Aus den graphischen Darstellungen mit

- der Anzahl der Messwerte des Sauerstoffgehalts in Österreich, die eine Konzentration von 2 mg/l unterschreiten, sowie die Anzahl der Messwerte für Nitrit- und Ammonium- und Nitratkonzentrationen, die den Grundwasserschwellenwert überschreiten, zur Gesamtanzahl der Messwerte pro Kalenderjahr berechnet bzw.
- dem Anteil der Messstellen, deren Mittelwert im jeweiligen Jahr den Grundwasserschwellenwert für Nitrat, Ammonium und Nitrit überschreitet bzw. deren Sauerstoffgehalt 2 mg/l unterschreitet, zur Gesamtanzahl der Messstellen,

lässt sich kein Zusammenhang in der Entwicklung der genannten Parameter erkennen. Auffällig ist allerdings, dass der Anteil jener Messstellen, deren Jahresmittelwert eine Sauerstoffkonzentration von 2 mg/l unterschreitet, zur Gesamtanzahl der Messstellen ansteigt, und zwar von 8,4 % im Jahr 1992 bis 16,9 % im Jahr 2002. Über die Ursachen dieser Entwicklung kann im Rahmen der vorliegenden Auswertung keine Aussage getroffen werden. Die Annahme, dass großräumig auftretende Veränderungen der Redoxbedingungen im Grundwasser einen Anstieg der Nitratkonzentrationen bewirken, hat sich nicht bestätigt.

Dies zeigt auch die Prüfung eines möglichen Zusammenhangs der Trendentwicklung der Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit mit Nitrat auf Basis von Grundwassergebieten. Bei den 5 Grundwassergebieten mit Aufwärtstrend bezüglich Nitrat (siehe Tabelle 9) ist kein derartiger Zusammenhang abzuleiten; einerseits weil für die Parameter Ammonium und Nitrit die Anzahl der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze (BG)- bzw. Nachweisgrenze (NG) zu hoch war, sodass keine Berechnung durchgeführt werden konnte, andererseits – bei Vorhandensein von Ergebnissen der Trendauswertung – durch den fehlenden Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit.

Die Betrachtung der Trendentwicklungen für die 26 Grundwassergebiete mit einem Wiederanstieg der Nitratkonzentrationen (d.h. Bruch in der Trendlinie nach oben) zeigte, dass in keinem dieser Gebiete eine Aufwärtsentwicklung bezüglich der Sauerstoffsättigung aufgetreten ist. Im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel ist ein Abwärtstrend bezüglich Nitrit aufgetreten. Im Grundwassergebiet PG31850 Ybbstal-Urtal ist ein Abwärtstrend für Ammonium aufgetreten.

Für die Grundwassergebiete PG13180 Seewinkel, PG32240 Marchfeld (NÖ) und PG41260 Traun-Enns-Platte wurden exemplarisch messstellenbezogene Trendauswertungen für Nitrat durchgeführt. Im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel weisen 4 von 24 ausgewerteten

Messstellen einen (Wieder)-Anstieg der Nitratkonzentrationen durch Aufwärtstrend bzw. Bruch in der Trendlinie nach oben auf, im PG32240 Marchfeld (NÖ) 20 von 43 ausgewerteten Messstellen und im Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte 5 von 25 ausgewerteten Messstellen.

Es stellte sich heraus, dass die einzelnen Messstellen sowohl bezüglich Zustand (ermittelt durch den Mittelwert im zweijährigen Beobachtungszeitraum) als auch Trend sehr heterogen sind. Für jene Messstellen, bei denen eine Aufwärtsentwicklung für Nitrat festgestellt wurde, wurden graphische Darstellungen der Zeitreihen für die Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Sauerstoffgehalt, Grundwassertemperatur und ph-Wert erstellt. Für die meisten Messstellen gilt, dass kein Zusammenhang in der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Wassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt ersichtlich ist. In den wenigen Fällen, in denen ein Zusammenhang der Entwicklung möglich scheint, unterscheiden sich die Konzentrationsniveaus der Parameter allerdings.

Begriffsbestimmungen und Abkürzungen

Im vorliegenden Bericht wurden folgende **Begriffe** verwendet:

Jahresniederschlagssummen: umfassen die Niederschlagssummen im Zeitraum von Jänner bis Dezember

Sommerniederschlagssummen: umfassen die Niederschlagssummen im Zeitraum von April bis August

Herbstniederschlagssummen: umfassen die Niederschlagssummen im Zeitraum von September bis Dezember

Winterniederschlagssummen: umfassen die Niederschlagssummen im Zeitraum von Jänner bis März

Herbst/Winterniederschlagssummen: umfassen die Niederschlagssummen im Zeitraum von September bis März

Sommer/Herbst/Winterniederschlagssummen: umfassen die Niederschlagssummen im Zeitraum von April bis März

Nicht zusammenhängende Grundwassergebiete: Regionen mit kleinen, nicht zusammenhängenden Grundwasservorkommen

Zusammenhängende Grundwassergebiete: Regionen mit zusammenhängenden Grundwasservorkommen

Quartal: Grundwasseruntersuchungen erfolgen je Quartal. Entsprechend sind 4 Quartale pro Jahr vorgesehen. Das erste Quartal umfasst die Monate Jänner, Februar und März. Das zweite Quartal umfasst die Monate April, Mai und Juni. Das dritte Quartal umfasst die Monate Juli, August und September. Das vierte Quartal umfasst die Monate Oktober, November und Dezember.

Grundwassergebiet: Grundwassergebiet entsprechend der Wassergüte–Erhebungsverordnung

Im vorliegenden Bericht wurden folgende **Abkürzungen** verwendet:

BMLFUW: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

WGEV: Wassergüte-Erhebungsverordnung

GWG: Grundwassergebiet entsprechend der Wassergüte - Erhebungsverordnung

PG: Porengrundwasser

MST: Messstelle

BG, NG: Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze

ND-Messstelle: Niederschlagsmessstelle

ND: Niederschläge

h: halbjährlich

v: vierteljährlich

Datengrundlage

Datengrundlage Niederschlag

Datenquelle: Die monatlichen Niederschlagssummen an Niederschlagsmessstellen (kurz ND- Messstellen) wurden von der Abteilung VII/3 - Wasserhaushalt (Hydrographisches Zentralbüro) im BMLFUW für die Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien zur Verfügung gestellt.

Zeitreihen: 1980 bis 2001: geprüfte Daten

2002 bis Mitte 2003: ungeprüfte Daten

Für die Auswertung wurde die Zeitreihe 1980 bis 2001 mit Daten herangezogen.

Auswertezeitraum: von 1980 bis 2001

Aktualitätsstand: April 2004

Messstellen: Niederschlagsmessstellen

Die Auswertung erfolgte auf Basis von zusammenhängenden Grundwassergebieten und Regionen mit z.T. kleinräumigen Grundwasservorkommen (auch nicht zusammenhängende Grundwassergebiete). Dazu wurden die aktuellen Koordinaten der Niederschlagsmessstellen mit den Grundwassergebieten (zusammenhängend und nicht zusammenhängend) verschnitten.

Tabelle n zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Grundwassergebiete in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien sowie die Anzahl jener Grundwassergebiete, in denen sich Niederschlagsmessstellen befinden.

Tabelle 22: Anzahl der Grundwassergebiete in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien sowie die Anzahl jener Grundwassergebiete, in denen sich Niederschlagsmessstellen befinden

Bundesland	Anzahl der Grundwassergebiete im jeweiligen Bundesland	Anzahl der Grundwassergebiete mit ND-Messstellen
Burgenland	20	12
Kärnten	24	18
Niederösterreich	27	23
Oberösterreich	17	15
Salzburg	9	1
Steiermark	32	22
Wien	2	2
Summe	131	93

In Summe wurden 93 von 131 Grundwassergebieten, für die sowohl Nitrat- als auch Niederschlagsdaten verfügbar waren, ausgewertet.

Eine Liste der untersuchten Grundwassergebiete und des Beprobungsintervalls (halb- bzw. vierteljährlich) sowie der Anzahl der in den entsprechenden Grundwassergebieten liegenden Niederschlags- bzw. Porengrundwassermessstellen findet sich in Anhang 1.

Datengrundlage Nitrat

Datenquelle: Wassergüte in Österreich, Wasserwirtschaftskataster im Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Ämter der Landesregierungen

Detaillierte Prüfungen auf Vollständigkeit der Daten sowie Rückfragen betreffend allfälliger Datenübermittlungen bei den Ländern wurden nicht durchgeführt.

Aktualitätsstand: Juni 2004

Untersuchungszeitraum: von 1.7.1992 bis 30.6.2003 (d.h. von 1.7.1992 bis 30.6.2003; das entspricht 11 Jahren) soweit verfügbar

Messstellen: alle im Zeitraum 2001/2002 aktiven Porengrundwasser(PG)-Messstellen mit konsistenten Messreihen

Die Auswertungen erfolgten auf Basis von zusammenhängenden Grundwassergebieten und Regionen mit z.T. kleinräumigen Grundwasservorkommen. Die Bestimmungs- und Nachweisgrenzen (BG / NG) wurden durch 0,5 k.A. BG / NG ersetzt.

Literaturverzeichnis

Cepuder, P.: Landbewirtschaftung und Stickstoffaustrag – Feldstudie 1997 bis 2001 im Tullner Feld. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 5-6, 2003.

Eggenfellner, M.: Wasserhaushalt und Stickstofftransport in einem tiefgründigen und seichtgründigen Boden im Leibnitzer Feld. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, 1998.

Grath, J.; Scheidleder, A.; Uhlig, S.; Weber, K.; Kralik, M.; Keimel, T.; Gruber, D.: The EU-Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results" Technical Report N°1, European Commission, 2001.

Heyder, D.: Nitratverlagerung, Wasserhaushalt und Denitrifikationspotential in mächtigen Lößdecken und einem Tonboden bei unterschiedlicher Bewirtschaftung. Dissertation an der Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Bodenkunde, 1993.

Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, wpa Beratende Ingenieure: ÖPUL-Evaluierung: Analyse der Ursachen für das Sinken von Nitratbefruchtungen im Grundwasser. Interner Endbericht im Auftrag von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft vom Oktober 2002.

Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt: Modelle für die gesättigte und ungesättigte Bodenzone. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Band 7, 1998.

Ketelsen, H. et al: Zur Aussagekraft des N_{\min} -Herbstwertes als Instrument der Erfolgskontrolle im Grundwasserschutz. Wasser & Boden, 46-52, 2003.

Pamperin, L.: Nitratverlagerung in Abhängigkeit von der Bodennutzung, den Standorteigenschaften und der Grundwasserneubildung eines stauwasserbeeinflussten Grundmoränenstandortes. Dissertation an der Universität Hannover, Institut für Bodenkunde, 2002.

Renger, M.: Sicker- und Fließzeiten von Nitrat aus dem Wurzelraum ins Grundwasser. Arbeitsbericht, Technische Universität Berlin, Institut für Biologie und Ökologie, 2002.

Roggenbauer, R.: Bodenspezifisches Austragspotential von Nitrat in das Grundwasser, am Beispiel des Eferdinger Beckens. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung, 1998.

Umweltbundesamt: Nitrat-Auswertung österreichischer Grundwassergebiete bis Mitte 2003. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2004.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewertete Grundwassergebiete, Anzahl der statistisch signifikanten Impulsfunktionen sowie dem Ergebnis der Trendauswertungen für Nitrat von 1.1.1997 bis 30.6.2003	19
Tabelle 2: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ).....	25
Tabelle 3: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG32250 Weinviertel Sonstige.....	30
Tabelle 4: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte.....	34
Tabelle 5: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG64000 Unteres Murtal.....	37
Tabelle 6: Zusammenstellung der Modellergebnisse für das Grundwassergebiet PG92240 Marchfeld (W).....	40
Tabelle 7: Zusammenstellung der Modellergebnisse für jene Grundwassergebiete mit Einzellösungen	48
Tabelle 8: Ergebnisse der Modellierung des kombinierten Temperatur / Niederschlagsimpulses unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Niederschlagssumme und der mittleren Temperatur des jeweiligen Monats (angeführt sind dabei nur jene Resultate, bei denen ein Temperatureffekt feststellbar ist)	54
Tabelle 9: Ergebnisse der Modellierung des kombinierten Temperatur / Niederschlagsimpulses unter Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen Niederschlagssumme und der mittleren Temperatur des jeweiligen Vormonats	54
Tabelle 10: Zusammenfassung der Ergebnisse der Trendentwicklungen für die Parameter Nitrat (mg/l) sowie Sauerstoffsättigung (%), Ammonium (mg/l) und Nitrit (mg/l) von 1.1.1997 bis 30.6.2003 (Anzahl der Grundwassergebiete in den ausgewählten Bundesländern mit dem jeweiligen Auswertergebnis):.....	61
Tabelle 11: Lösungsmatrix der Ergebnisse der Trendauswertung für die Parameter Sauerstoffsättigung (%), Ammonium (mg/l), Nitrat und Nitrit (mg/l) von 1.1.1997 bis 30.6.2003 (k.A.: keine Auswertung möglich):	61
Tabelle 12: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Trendauswertung für die Parameter Nitrat, Sauerstoffsättigung, Ammonium und Nitrit inklusive Auswertung auf Bruch in der Trendlinie ausschließlich für jene Grundwassergebiete, die bezüglich Nitrat einen Bruch in der Trendlinie nach oben aufweisen (k.A.: keine Auswertung möglich):.....	63
Tabelle 13: Ergebnisse der Trendauswertungen für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 31.12.2002 für das Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel	64
Tabelle 14: Klassifizierung der Messstellenmittelwerte im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel im Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003	65

Tabelle 15: Klassifizierung der Art der Messstellen im Grundwassergebiet PG13180 Seewinkel gemäß den derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdatenblättern	65
Tabelle 16: Ergebnisse der Trendauswertungen für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 31.12.2002 für das Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte	70
Tabelle 17: Klassifizierung der Messstellenmittelwerte im Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte im Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003	70
Tabelle 18: Klassifizierung der Art der Messstellen im Grundwassergebiet PG41260 Traun-Enns-Platte gemäß den derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdatenblättern	71
Tabelle 19: Ergebnisse der Trendauswertungen für Nitrat im Zeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2004 für das Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ)	77
Tabelle 20: Klassifizierung der Messstellenmittelwerte im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) im Zeitraum von 1.7.2001 bis 30.6.2003	77
Tabelle 21: Klassifizierung der Art der Messstellen im Grundwassergebiet PG32240 Marchfeld (NÖ) gemäß den derzeit am Umweltbundesamt vorliegenden Stammdatenblättern.....	78
Tabelle 22: Anzahl der Grundwassergebiete in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien sowie die Anzahl jener Grundwassergebiete, in denen sich Niederschlagsmessstellen befinden	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Trendauswertung für Nitrat in Grundwassergebieten (Auswertzeitraum 1.1.1997 bis 30.6.2003).....	9
Abbildung 2: Veränderung der Niederschläge von 1990 bis 2000 in Grundwassergebieten in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien.....	12
Abbildung 3: Anteil der Schwellenwertüberschreitungen für Nitrat, Ammonium und Nitrit sowie Anteil der Unterschreitungen von 2 mg/l für Sauerstoff zur Gesamtanzahl der Messwerte.....	57
Abbildung 4: Anteil der Messstellen, deren Mittelwert im jeweiligen Jahr den Grundwasserschwellenwert für Nitrat, Ammonium und Nitrit überschreitet bzw. einen Sauerstoffgehalt von 2 mg/l unterschreitet	58
Abbildung 5: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10002972 von 1.1.1997 bis 30.6.2003	66
Abbildung 6: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10003002.....	67
Abbildung 7: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10003012.....	68
Abbildung 8: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG10003082.....	69
Abbildung 9: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG40913022.....	72
Abbildung 10: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41006012.....	73
Abbildung 11: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41013012.....	74
Abbildung 12: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41020012.....	75
Abbildung 13: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG41824012.....	76
Abbildung 14: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG32400522.....	79
Abbildung 15: Darstellung der Entwicklung der Parameter Ammonium, Nitrit, Nitrat, Grundwassertemperatur, ph-Wert bzw. Sauerstoffgehalt für die Grundwasser-Messstelle PG30800022.....	80

Anhangverzeichnis

- Anhang 1:** Grundwassergebiete in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Wien sowie Beprobungsintervall und Anzahl der in den entsprechenden Grundwassergebieten liegenden Niederschlagsmessstellen 1
- Anhang 2:** Graphische Darstellung der mittleren Niederschlagssummen und der Trendlinien des Niederschlags auf Basis des gleitenden Mittels mit einem Zeitfenster von drei Jahren je Grundwassergebiet für die Jahresniederschlagssummen und für die Zeiträume April bis August (Sommerniederschlagssummen), September bis Dezember (Herbstniederschlagssummen) sowie Januar bis März (Winterniederschlagssummen) 3
- Anhang 3:** Ergebnisse der Auswertung der relativen Veränderungen der Niederschlagssumme von 1990 bis 2000; betrachtete Zeiträume: Winterniederschlagssummen, Sommerniederschlagssummen, Herbstniederschlagssummen und Jahresniederschlagssummen 45
- Anhang 4:** Darstellung der statistisch signifikanten Impulsfunktionen sowie des Regressionsmodells für die genannten Impulsfunktionen unter Einbeziehung eines linearen Trends mit einem prognostizierten Trendverlauf bis Mitte 2004 47
- Anhang 5:** Statistisch signifikante Trends bzw. Brüche der Trendlinie für Nitrat, Ammonium, Nitrit und die Sauerstoffsättigung für den Beobachtungszeitraum von 1.1.1997 bis 30.6.2003 70