



## BLATT 1 · DATENGRUNDLAGEN

### KONTEXT

#### Metadatenkatalog

Für die von LOGAR genutzten Werkzeuge werden Daten verwendet, deren Merkmale und Rückverfolgbarkeit einem Metadatenkatalog zu entnehmen sind. Der Metadatenkatalog wurde im Rahmen des INTERREG IV-Projekts „Länderübergreifende Organisation für Grundwasserschutz am Rhein - LOGAR“ definiert.

Im Metadatenkatalog sind die Daten beschrieben, die für die Modellierungswerkzeuge gebraucht werden - die Datenbeschreibung erfolgt nach Maßgabe der Kategorien „Fragestellung“, „Gebiet“, „Herkunft und Erstellung“, „Bezeichnung“, „Inhaber“, „genaue Typologie“, „Geometrie“, „zeitliche Dimension“, „unmittelbare Verwendung“ und „allgemeine Verwendung“.

Die Vielzahl der verwendeten Parameter und Daten kommt im Metadatenkatalog in Form einer erheblichen Spannweite in Bezug auf die Menge der vorgelegten Informationen und die Einzelheiten zum Ausdruck.

### ANWENDUNGSBEISPIELE

Bei den Datengrundlagen handelt es sich um Daten zu:

- Landbewirtschaftung
- Entnahmen
- Bodenkunde
- Gewässerabflüssen
- Grundwasserständen
- Grundwasserqualität
- Geologie

### ZENTRALE ERGEBNISSE

#### bis zu 50% Gründecke im Winter.

• Körnermais wird auf über der Hälfte der Anbauflächen im Gebiet des Grundwassers an Oberrhein angebaut, gefolgt von Winterweizen, Gerste, Futtermais und Zuckerrüben. Aufgrund von Winterungen, Wechselwiesen und Zwischenfruchtanbau betrug die Gründecke der Ackerfläche im Winter im Elsass im Jahr 2014 rund 40% und in Baden-Württemberg 60%. Die Belastung durch Stickstoff aufgrund von Tierhaltung ist im Flachland relativ gering, in den Berggebieten (Vogesen/Schwarzwald) in den Randzonen des Aquifers liegt sie etwas höher.

• Die Grundwasserentnahmen stiegen bis Ende der 90-er Jahre an, sind allerdings seither rückläufig.

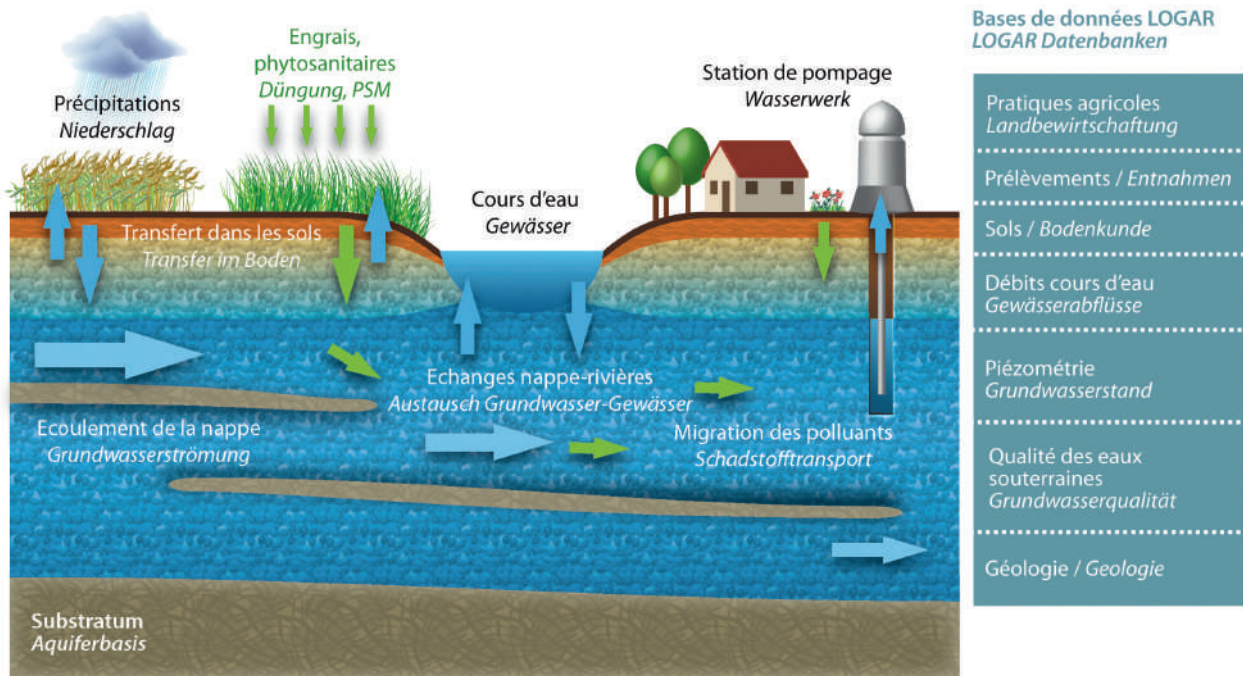
• Der oberirdische Zufluss aus den Gewässern des Schwarzwalds liegt mit durchschnittlich 90 m<sup>3</sup>/s deutlich höher als der aus den Vogesen, der im Durchschnitt lediglich 60 m<sup>3</sup>/s beträgt.

Weitere Informationen:  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

ABBILDUNGEN

**ABBILDUNG 1** Prinzipskizze der Wechselwirkungen um das Grundwasser am Oberrhein, vom LOGAR-Netzwerk modellierte maßgebliche Vorgänge und LOGAR-Datenbanken.

Weitere Informationen siehe [www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)





## BLATT 2 · MODELLIERUNGSWERKZEUGE

### KONTEXT

Um prognosefähige Simulationen zur künftigen Qualität des Grundwassers vornehmen zu können und damit die Auswirkungen der menschlichen Aktivitäten im Rahmen der Fragestellung der diffusen Belastung durch Nitrat und Pflanzenschutzmittel zu bewerten, ist es notwendig, mithilfe geeigneter Berechnungsmodelle die Mechanismen abzubilden, die im natürlichen Milieu wirksam sind.

Für Prognosen sind Modelle erforderlich.

Die Werkzeuge zur Prognose der zukünftigen Belastung des Grundwassers mit Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) im Oberrheingraben sind Modelle unterschiedlicher Konzeption und räumlicher bzw. zeitlicher Auflösung. Bei der Auswahl der Modelle wurden die Aspekte Eignung, Datenverfügbarkeit und technische Umsetzbarkeit berücksichtigt. Zur Anwendung kamen numerische Simulationsmodelle (MODFLOW und MT3DMS sowie MACRO), ein deterministisches Bodenwasserhaushaltsmodell (GWN-BW), ein konzeptionelles Stickstoffbilanzmodell (STOFFBILANZ) und verschiedene Regressionsmodelle (Q-Regio, RheinWsp).

### ANWENDUNGSBEISPIELE

Bewährte Modelle aus den Bereichen Wasserhaushalt und Landwirtschaft wurden gekoppelt.

Die Modelle lassen sich einzelnen Modulen (Austrag von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln aus dem Boden, Hydrologie, Grundwasser) zuordnen. Sie sind untereinander mehr oder weniger eng gekoppelt. Der Austausch von Daten über Modellgrenzen hinweg erfolgt über definierte Datenformate. Folgende Modelle wurden im Rahmen des LOGAR-Netzwerks für das Oberrheingebiet angepasst und validiert:

- das Modell STOFFBILANZ zur Simulation des Nitrataustrags aus dem Boden in das Grundwasser am Oberrhein, das vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) gepflegt wird,
- das Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW zur Simulation der Grundwasserneubildung im Oberrheingebiet aus dem Niederschlag, das von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) gepflegt wird,
- das Grundwassersmodell MODFLOW/MT3DMS zur Simulation der Grundwasserströmung und des Stofftransports im Grundwasser am Oberrhein, das von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) gepflegt wird,
- das Modell Q-Regio zur Berechnung der oberirdischen Abflüsse aus den Einzugsgebieten, das von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) gepflegt wird,
- das Modell MACRO zur Simulation des Austrags von Pflanzenschutzmitteln aus dem Boden in das Grundwasser am Oberrhein, das vom Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) gepflegt wird.

### ZENTRALE ERGEBNISSE

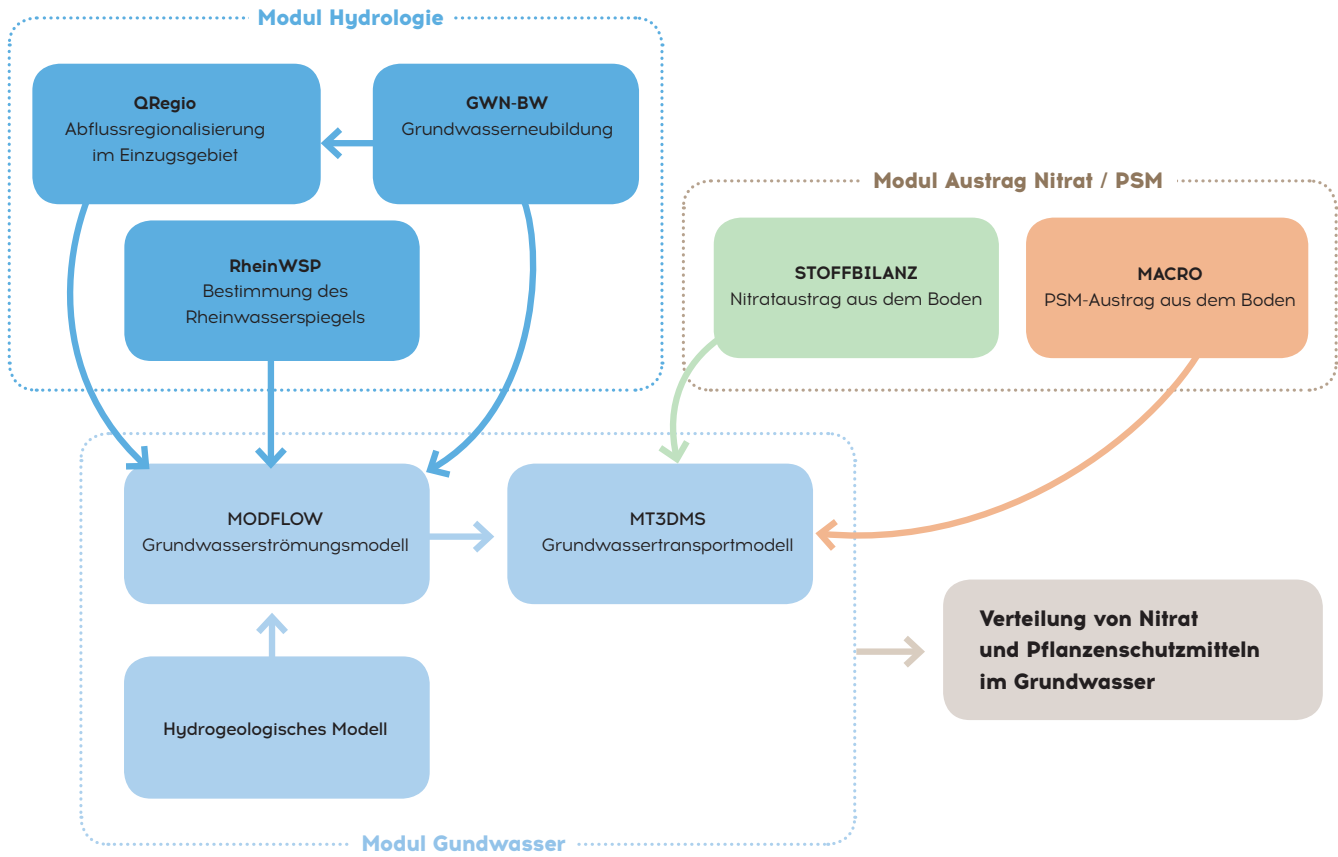
Die prognosefähigen Simulationen basieren auf 3 Modulen, in die 8 Modelle eingebettet sind:

- > Modul Hydrologie:
  - Modell Q-Regio: Abflussregionalisierung im Einzugsgebiet
  - Modell GWN-BW: Abfluss- und Grundwasserneubildung
  - Modell RheinWSP: Bestimmung der Rheinwasserspiegel
- > Modul Grundwasser:
  - Modell MODFLOW: Grundwasserströmungsmodell
  - Modell MT3DMS: Grundwassertransportmodell
  - Hydrogeologisches Modell
- > Modul Austrag Nitrat / Pflanzenschutzmittel:
  - Modell STOFFBILANZ: Nitrataustrag aus dem Boden
  - Modell MACRO: PSM-Austrag aus dem Boden

Weitere Informationen:  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

ABBILDUNGEN

Kopplung der Teilmodelle und Datenfluss



## BLATT 3 · GRUNDWASSERBILANZ

## KONTEXT

Das Grundwasser strömt durch mächtige Schotter-schichten langsam nach Norden.

Das Strömungsmodell für das Grundwasser zwischen Basel und Karlsruhe wurde im Zeitraum 2010 bis 2012 ausgehend von einem Modell konzipiert, das davor im Rahmen des INTERREG III-Projekts MoNit entwickelt worden war.

Die Strömungsprozesse werden mithilfe des Modells MODFLOW (Mc Donald, Harbaugh 1988) der US-Behörde Geological Survey berechnet. Es basiert auf dem Finite-Differenzen-Verfahren.

Das Modell enthält Daten zur Struktur des Grundwasserleiters (Verteilung der durchlässiger und gering durchlässiger Schichten) und berücksichtigt den Austausch zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern sowie Randbedingungen wie Grundwasserneubildung aus Niederschlägen, Grundwasserentnahmen und den unterirdischen Zufluss und Abfluss in den Randgebieten des Modells. Im Zuge der Eichung der Durchlässigkeitswerte und der Leakagekoeffizienten der Oberflächengewässer konnten die gemessenen Grundwasserstände mit großräumig ausreichender Genauigkeit modelliert werden.

## ANWENDUNGSBEISPIELE

Grundwasserbilanz bei mittleren Grundwasserverhältnissen (in m<sup>3</sup>/s):

Grundwasserbilanz	Zufluss	Abfluss
Grundwasserneubildung	27,15	2,98
Rhein/Rheinseitenkanal	44,02	14,28
Weitere Fließgewässer in der Rheinebene	20,79	73,36
Kiesgruben	3,01	3,01
Randzustrom	8,89	0,05
Grundwasserentnahmen	0,04	10,84
<b>Gesamt</b>	<b>103,90</b>	<b>104,51</b>

Der Grundwasser im Oberrheingraben wird in der Hauptsache über Niederschläge und Versickerung aus Fließgewässern, insbesondere dem Rhein und dem Rheinseitenkanal gespeist. In den Rheinniederungen tritt das Grundwasser wieder ins Gewässernetz über und führt neben den Grundwasserentnahmen zu den wesentlichen Abflüssen.

## ZENTRALE ERGEBNISSE

- Fläche des Modellgebiets: 4 289 km<sup>2</sup>
- Rasterzellen 100m x 100m
- monatliche Zeitschrittweite
- Volumen des Grundwasserleiters: 317 Milliarden m<sup>3</sup>
- Wasservolumen: etwa 50 Milliarden m<sup>3</sup>
- Der durchschnittliche jährliche Austausch bewegt sich in einer Größenordnung von 3,3 Milliarden m<sup>3</sup>/Jahr
- Für einige Komponenten der Grundwasserbilanz ergibt sich eine sehr große monatliche und jährliche Variabilität, dies betrifft insbesondere den Austausch mit dem Rhein und den Fließgewässern (Abb. 1 bis 3) sowie die Grundwasserneubildung.

Weitere Informationen:  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

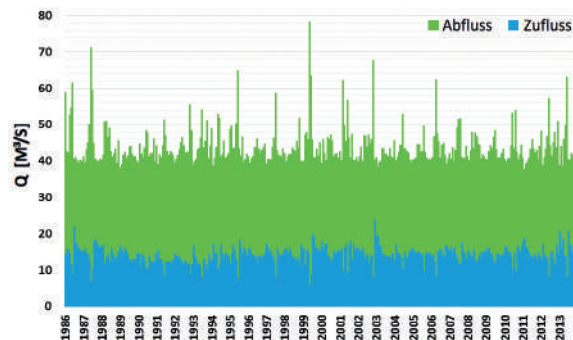
ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1

Abbildung 1 zeigt die monatlichen Veränderungen des Austauschs zwischen dem Grundwasser und dem Rhein bzw. dem Rheinseitenkanal.

Die Zufluss/Abfluss-Jahresbilanz variiert zwischen +820 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr 2003 und +1 066 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr 1999. Im Durchschnitt sind es +938 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr.

> Der Rhein speist das Grundwasser, da der Zustrom größer ist als der Abfluss.



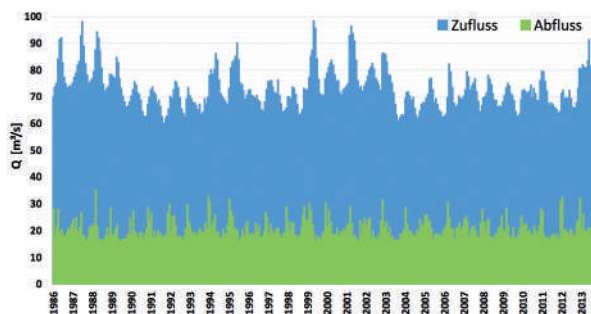
Monatliche Veränderungen von Grundwasserzufluss und -abfluss aus dem und in den Rhein bzw. Rheinseitenkanal.

ABBILDUNG 2

Abbildung 2 zeigt die monatlichen Veränderungen des Austauschs zwischen Grundwasser und Fließgewässern.

Die Zufluss/Abfluss-Jahresbilanz variiert zwischen -1 459 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr 1991 und -1 940 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr 1987. Im Durchschnitt sind es -1 658 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr.

> Die weiteren Fließgewässer nehmen mehr Wasser aus dem Grundwasser auf als aus ihnen ins Grundwasser versickert.

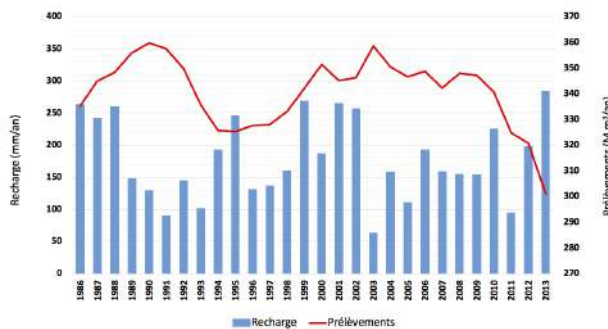


Monatliche Veränderungen von Grundwasserzufluss und -abfluss aus den bzw. in die Fließgewässer.

ABBILDUNG 3

Die jährliche Grundwasserneubildung variiert zwischen 62 mm/Jahr 2003 und 283 mm/Jahr 2013. Im Durchschnitt sind es im Darstellungszeitraum 178 mm/Jahr bzw. 760 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr.

Die Grundwasserentnahmen variieren zwischen 300 und 350 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr. Seit Beginn der 2000-er Jahr sind sie rückläufig.



Jährliche Veränderung der Grundwasserentnahmen und der Grundwasserneubildung durch Niederschläge (PE / GwN).





## BLATT 4 · NITRATAUSWASCHUNG

### KONTEXT

**STOFFBILANZ**  
liefert räumlich  
differenzierte  
Daten zur  
Nitratauswaschung.

Das Modell STOFFBILANZ wurde entwickelt, um für Gebiete (mit Flächen von einigen wenigen bis zu mehreren tausend Quadratkilometern) die Nitratauswaschung unter der Wurzelzone ausgehend von einer Stickstoffbilanz zu simulieren. Bei der Bestimmung der potenziell auswaschbaren Stickstoffmenge werden der Stickstoff-Eintrag und der Stickstoff-Austrag in die bzw. aus den Flächen sowie die Mobilisierung und Immobilisierung des Stickstoffs im Boden zugrundegelegt. Über einen Auswaschkoeffizienten, der vom Wasserhaushalt des Bodens abhängig ist, wird die jährliche durchschnittliche Nitratauswaschung berechnet (Abbildung 1). STOFFBILANZ ist ein Instrument, für das umfangreiche Eingangsdaten zur Landnutzung, zur Bodenbeschaffenheit, zum Anbau sowie zur mineralischen und organischen Düngung genutzt werden. Die Berechnungen erfolgen für Raster von 500x500 m über dem Grundwasser der oberrheinischen Tiefebene und von 1000x1000 m in den angrenzenden Einzugsbereichen von Schwarzwald und Vogesen. Die Berechnungsergebnisse lassen sich grafisch darstellen.

### ANWENDUNGSBEISPIELE

- Der berechnete Stickstoffaustrag im Jahr 2009 beträgt für die Ackerflächen zwischen 5 und 70 kg N/ha/Jahr je nach landwirtschaftlicher Nutzung, Boden und Klima im betreffenden Gebiet. Im Durchschnitt liegt er bei ca. 30 kg N/ha/Jahr.
- Der berechnete Stickstoffaustrag hängt maßgeblich von der mithilfe des Bodenwasserhaushaltsmodells GWN-BW berechneten Sickerwassermenge des Bodens und damit von den Niederschlägen und den Wasserreserven im Boden einerseits und andererseits vom Stickstoffsaldo ab, für den wiederum der Boden und das Anbausystem (landwirtschaftliche Kulturen und dazugehörige Anbaumethoden) ausschlaggebend sind.
- Vor dem Hintergrund der derzeitigen Anbaumethoden ist die Reduzierung der Menge stickstoffhaltiger Dünger die wirkungsvollste Methode zur Minderung der Stickstoffauswaschung. Die Optimierung der Zwischenfruchtanbauverfahren ist ebenfalls eine wichtige Maßnahme, die Wirkung ist jedoch bezogen auf das LOGAR-Gebiet begrenzt, da hierfür relativ geringe Flächen in Frage kommen.

### ZENTRALE ERGEBNISSE

**N-Auswaschung für  
die Rheinebene:**  
1980: 41 kg N/ha  
1990: 27 kg N/ha  
2000: 20 kg N/ha  
2009: 15 kg N/ha.

- Mithilfe von STOFFBILANZ lassen sich die Nitratverluste im Boden unter der Wurzelzone bestimmen und kartographisch darstellen. Die Ausgabedaten fließen in das Grundwassermodul des Modellierungssystems ein. Dazu wurde die Nitratauswaschung für die Zeitpunkte 1980, 1990, 2000 und 2009 berechnet.
- STOFFBILANZ nutzt die besten verfügbaren Angaben zu Boden, Landwirtschaft und Anbaumethoden im LOGAR-Gebiet.
- Eine Verringerung des Stickstoffeintrags bei der Düngung von Körnermais um 20% würde den Austrag auf der Ackerfläche um rund 10 kg N/ha/Jahr reduzieren. Bei dieser Berechnung wird der Ertragsverlust durch die Verringerung der Düngemittelmenge berücksichtigt. Die Berechnung ist als Sensitivitätsanalyse zu verstehen und nicht als Maßnahmenvorschlag.
- Die Optimierung des Zwischenfruchtanbaus zur Maximierung der Stickstoffaufnahme in der Biomasse würde eine Verringerung des Stickstoffaustrags auf der Ackerfläche um 1 bis 3 kg N/ha/Jahr ermöglichen, je nachdem welche Pflanzenarten gewählt werden. Eine umfangreichere Verringerung der Stickstoffauswaschung im Bereich des Grundwassers am Oberrhein ließe sich nur durch eine Änderung der Fruchtfolge bewirken, durch die sich die Flächen für den Zwischenfruchtanbau ausweiten lassen.

**Weitere Informationen:**  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

ABBILDUNGEN

Funktionsweise des Modells STOFFBILANZ

ABBILDUNG 1

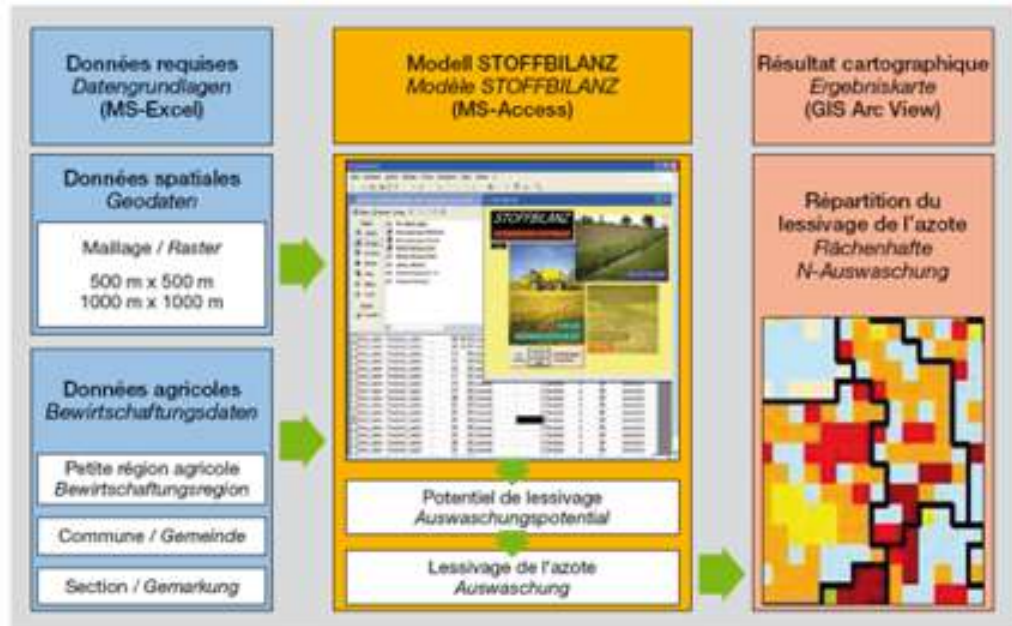
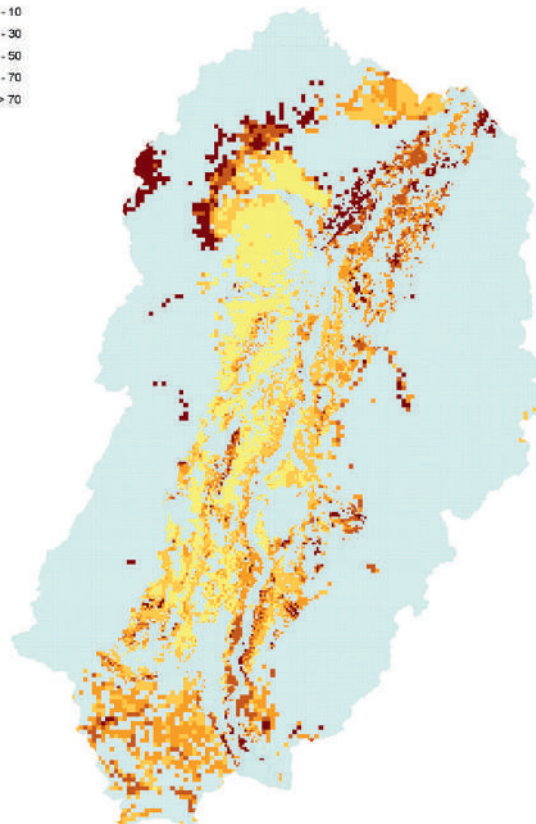
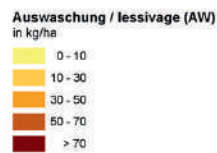


ABBILDUNG 2

Stickstoffaustrag (in kg N/ha) berechnet mit STOFFBILANZ für die Anbauflächen 2009.



Die Abbildung zeigt die Intensität der Stickstoffauswaschung für die Ackerbauflächen im LOGAR Gebiet (hellblau). Die berechnete Auswaschung weist eine große räumliche Variabilität auf, die sich aus der räumlichen Variabilität des Anbaus und der Anbaumethoden und der Sensitivität der Böden für Auswaschungsprozesse ergibt.



## BLATT 5 · NITRAT IM GRUNDWASSER

## KONTEXT

Der Nitrattransport und -abbau im Grundwasser wurde mit dem Stofftransportmodell MT3DMS berechnet. Der jährliche Nitratreintrag ins Grundwasser wurde durch Interpolation der für die Jahre 1980, 1990, 2000 und 2009 berechneten Nitratwaschung aus dem Boden (Modell STOFFBILANZ) ermittelt und die Entwicklung der Nitratkonzentration im Grundwasser zwischen 1950 und 2014 simuliert. Aufbauend auf der berechneten Nitratkonzentrationsverteilung für 2014 wurden vier Szenarien zur landwirtschaftlichen Bewirtschaftung bis zum Jahr 2050 berechnet.

## ANWENDUNGSBEISPIELE

Prognosen zur Entwicklung der Nitratbelastung im Grundwasser bis zum Jahr 2050.

Zwischen 1950 und 1999 stieg die im Grundwasser gespeicherte Nitratmenge von 150 kt  $\text{NO}_3$  auf etwa 1.075 kt  $\text{NO}_3$  an und ging anschließend bis 2014 wieder auf etwa 960 kt  $\text{NO}_3$  zurück (Abbildung 1a). Die berechneten Nitratkonzentrationen stimmen hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung und der räumlichen Verteilung sehr gut mit den Messwerten überein (Abbildung 1b und 2a).

Für vier Szenarien wurde die Entwicklung der Nitratkonzentration bis zum Jahr 2050 berechnet (Abbildung 3):

**Szenario 0:** Beibehaltung des Nitratreintrages aus dem Jahr 2009 (Abbildung 2b)

**Szenario 1:** Um 20 % reduzierte Düngung auf Flächen mit Körnermaisbau

**Szenario 2:** Best case - optimale Entwicklung der Zwischenfrüchte (hohe Nitrataufnahme)

**Szenario 3:** Worst case - kein Anbau von Zwischenfrüchten

## ZENTRALE ERGEBNISSE

Trotz deutlicher Reduzierung der Nitratbelastung wird es im Jahr 2050 noch Bereiche mit hohen Nitratkonzentrationen geben!

Je nach Szenario ergeben sich relativ starke Abnahmen, vor allem in den höher belasteten Gebieten. Je stärker die Belastung, desto wirkungsvoller ist der Zwischenfruchtanbau.

- Szenario 1 zeigt eine wirkungsvolle Verringerung der Nitratbelastung im Grundwasser. Flächen mit Konzentrationen über 50 mg/l werden bis 2050 auf ein Neuntel reduziert, Flächen mit mehr als 25 mg/l auf ein Viertel.

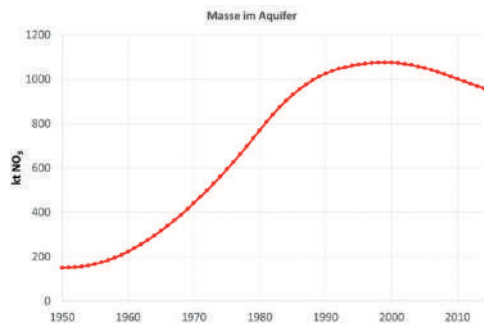
- Anhand des Vergleichs von Szenario 0 mit Szenario 3 „Keine Zwischenfrüchte“ wird deutlich, dass der Zwischenfruchtanbau (Umfang 2009) einen erkennbaren Beitrag zur Minimierung der Nitratbelastung im Grundwasser leistet.

- Durch Änderungen der Fruchtfolge hat sich der Anbauumfang für Zwischenfrüchte inzwischen erhöht und leistet einen noch größeren Beitrag zur Verringerung der Nitratbelastung.

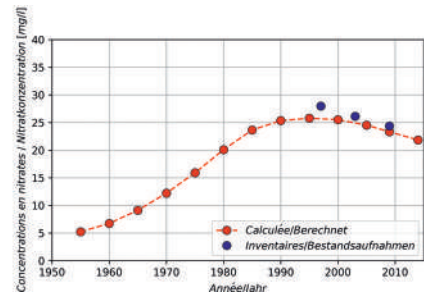
Weitere Informationen:  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1

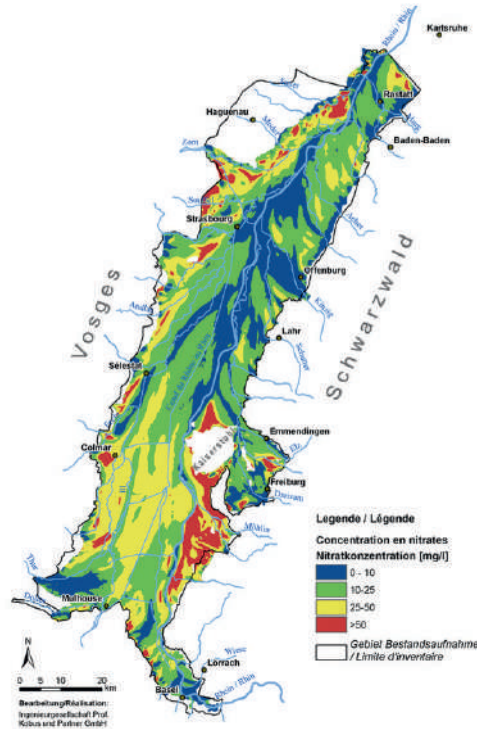


a) Zeitlicher Verlauf der im Aquifer gespeicherten Nitratmenge [kt NO<sub>3</sub>] zwischen 1950 und 2014. Die Nitratmenge im Grundwasser ist seit 1950 stark angestiegen und seit 2000 wieder rückläufig.

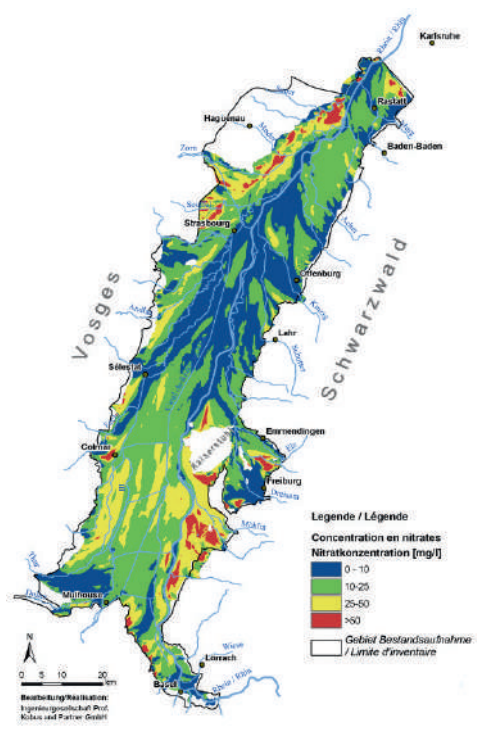


b) Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentration [mg/l] im Grundwasser (Tiefenstufe 0-40m). Die Messwerte zur Nitratkonzentration der grenzübergreifenden Bestandsaufnahmen bestätigen die rückläufige Entwicklung der Nitratbelastung.

ABBILDUNG 2

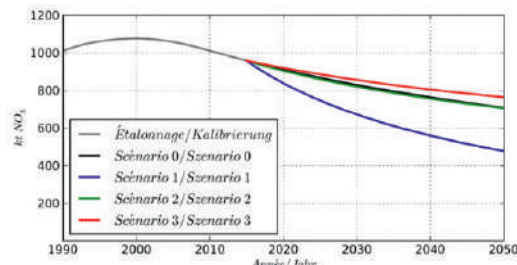


a) Berechnete Nitratkonzentrationsverteilung für das Jahr 2014 (Tiefenbereich 0 - 40 m).



b) Szenario 0: Berechnete Nitratkonzentrationsverteilung für 2050 (Tiefenbereich 0 - 40 m)

ABBILDUNG 3



Zeitlicher Verlauf der im Aquifer gespeicherten Nitratmenge für die vier Szenarien bis 2050. Der Zwischenfruchtanbau ist eine wirkungsvolle Maßnahme zur Verringerung des Nitratgehalts im Grundwasser (Szenario 0 bzw. 2 gegenüber Szenario 3). Bei Körnermais ist die Reduzierung der Düngemenge sehr wirkungsvoll (Szenario 1).

## BLATT 6 · AUSTRAG VON PFLANZENSCHUTZMITTELN

## KONTEXT

1D Simulation  
der Verlagerung  
im Boden.

Der Austrag von Pflanzenschutzmitteln wurde mithilfe des Modells MACRO simuliert. Es handelt sich dabei um ein Modell, das den Transport von Wasser und gelösten Stoffe durch den Boden hindurch vertikal nach unten beschreibt. Es verwendet physikalische Gleichungen und konzeptuelle Funktionsschemata zur Simulation der unterschiedlichen Vorgänge. Bei der Simulation können verschiedene Faktoren einbezogen werden, die bei der Verlagerung von Pflanzenschutzmitteln im Boden bis 2 m Tiefe eine Rolle spielen: Hydrologie, Klimatologie, Entwicklung der Vegetationsdecke, Pedologie sowie einige pestizideigene Verminderungsphänomene (Adsorption, Degradierung).

Beim Modell MACRO liegt der Schwerpunkt auf dem Eintrag von Pflanzenschutzmitteln aus einer landwirtschaftlich genutzten Parzelle in das Grundwasser. Bei der Modellierung im Rahmen von LOGAR wird mit MACRO die Verlagerung von Wasser und Pflanzenschutzmitteln für verschiedene Kombinationen aus Nutzungs-, Boden- und Klimabedingungen in Tageszeitschritten berechnet. Für jede geänderte Randbedingung ist eine erneute Simulationsrechnung erforderlich. Im Rahmen von LOGAR wurden 34 Kombinationen berechnet.

Bei der Modellierung wurde MACRO für die Berechnung des Austrags von sechs Herbiziden und einem Abbauprodukt eingesetzt, und zwar für Atrazin, Metolachlor, 2,4-D, Bentazon, Dicamba und Nicosulfuron sowie Desethylatrazin („DEA“, ein Atrazin-Abbauprodukt).

## ANWENDUNGSBEISPIELE

Das  
Zusammenwirken  
verschiedener  
Faktoren hat  
Folgen für den  
Austrag.

- Die Berechnungen zum Pflanzenschutzmittelaustrag aus dem Boden im Rheingraben bestätigen die Persistenz von Atrazin. Die Simulationen zeigen, dass Atrazin noch bis zu sechs Jahre lang nach Einstellen der Verwendung aus dem Boden ins Grundwasser abgegeben werden kann. Die Simulationen ergeben, dass die durchschnittliche Fracht bei Ersatzstoffen für Atrazin (beispielsweise Metolachlor und Bentazon) geringer ist (Abbildung 1).

- Die Simulationen zeigen zudem, dass der Pflanzenschutzmittelaustrag umso höher liegt, je größer die Sickerwassermengen sind. Der umfangreichste Austrag entfällt auf die regenreichsten Klimazonen (Abbildung 1). Zudem sind die simulierten Frachten in regenreichen Jahren größer. Die Niederschlagsmenge ist jedoch nicht der einzige ausschlaggebende Faktor, auch die Niederschlagsverteilung wirkt sich aus.

- Die Simulationen bestätigen die Relevanz bestimmter Stoffeigenschaften und -parameter für den Pflanzenschutzmittelaustrag (Sorption, Abbau). Der Einfluss der Stoffeigenschaften wird allerdings immer durch die Auswirkungen der Bodeneigenschaften beeinflusst (Abbildung 2).

- Der Pflanzenschutzmittelaustrag aus tiefen Böden (z.B. Boden 3) ist geringer als aus Böden mit geringerer Tiefe (z.B. Boden 2). Verfügen Böden über einen hohen Anteil an organischen Stoffen im gesamten Profil (z.B. Boden 13) hat das ebenfalls einen geringen Austrag zur Folge (Abbildung 2).

## ZENTRALE ERGEBNISSE

Die Simulationen im Rahmen des LOGAR-Netzwerks ergaben, dass sich folgende Faktoren am häufigsten auf den Pflanzenschutzmittelaustrag auswirken:

- Niederschläge haben bedeutende Auswirkungen auf den Austrag, denn je regenreicher ein Jahr ist, desto größer ist die berechnete Pflanzenschutzmittelfracht.

- Der Austrag ist auch von den Stoffeigenschaften abhängig, denn es gilt: Je geringer der Sorptionskoeffizient, desto höher der Austrag. Auch die ausgebrachte Menge an Pflanzenschutzmitteln wirkt sich auf den Pflanzenschutzmittelaustrag aus dem Boden aus.

- Für Böden mit hohem Anteil an organischer Substanz im gesamten Profil ergibt sich ein geringerer Austrag. Ein zweiter wichtiger Faktor für den PSM-Austrag ist die Bodentiefe.

- Die Simulationen zeigen, dass wenn es unmittelbar nach Anwendung des Pflanzenschutzmittels regnet, auch Stoffe mit geringer Halbwertszeit ins Grundwasser gelangen.

Weitere Informationen:  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

ABBILDUNGEN

Durchschnittliche Fracht von drei Pflanzenschutzmitteln in drei Klimazonen

Bei allen Pflanzenschutzmitteln ist der Austrag in Klimazone 4, der regenreichsten, am größten.

ABBILDUNG 1

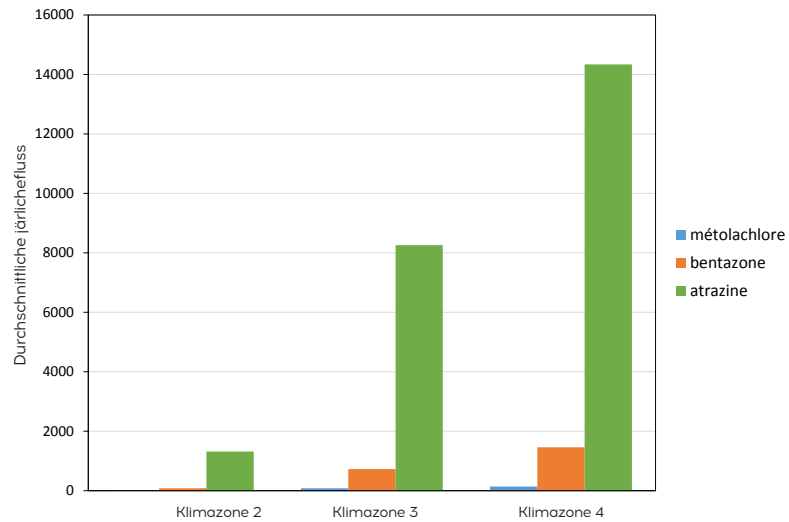
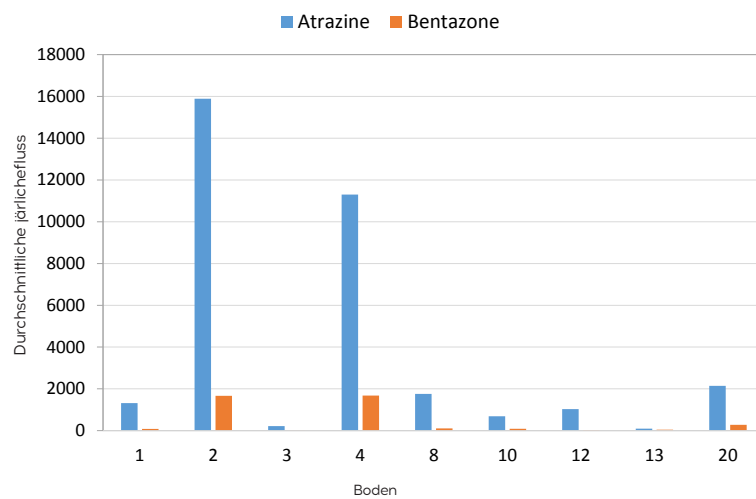


ABBILDUNG 2

Durchschnittliche jährlicher Fracht von Atrazin und Bentazon in Klimazone 2 für alle Böden der Zone

Aus der Abbildung geht hervor, dass in ein- und derselben Klimazone je nach Bodenbeschaffenheit der Austrag sehr unterschiedlich ausfallen kann.



## BLATT 7 · ATRAZIN IM GRUNDWASSER

## KONTEXT

Prognosen zur Menge von Atrazin und DEA im Grundwasser bis zum Jahr 2050.

Mit dem Stofftransportmodell MT3DMS, welches auf dem Grundwasserströmungsmodell LOGAR aufbaut, wurden Berechnungen für den PSM-Transport im Grundwasser von 1960 bis 2050 durchgeführt. Sie beschränkten sich allerdings auf das früher weit verbreitete Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin (DEA). Der Transfer und Abbau von Atrazin im Boden wurde mit dem eindimensionalen Modell MACRO für verschiedene Bodentypen und Niederschlagskombinationen in der Rheinebene berechnet und die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Maisanbauflächen regionalisiert. Diese Ergebnisse zum Austrag von Atrazin und Desethylatrazin (DEA) aus der Bodenzone wurden als Eintrag ins Grundwasser für den Zeitraum 1960 bis 2030 übernommen, zwischen 2030 und 2050 wurde ein Nulleintrag angesetzt.

## ANWENDUNGSBEISPIELE

Obwohl Atrazin seit mehr als 30 Jahren verboten ist, wird es noch lange dauern bis das Grundwasser saniert ist.

Zwischen 1960 und 1990 steigt die im Grundwasser gespeicherte Menge an Atrazin auf etwa 16 t an und bleibt bis zum Jahr 2008 etwa auf diesem Niveau. Im gleichen Zeitraum steigt die Menge an DEA auf etwa 10 t an und bleibt bis zum Jahr 2005 etwa auf diesem Niveau. Danach erfolgt eine stetige Abnahme der Menge an PSM im Aquifer (Abbildung 1). Die Berechnungen zeigen, dass noch längere Zeit mit dem Vorhandensein von Atrazin und DEA im Grundwasser gerechnet werden muss.

## ZENTRALE ERGEBNISSE

- Die PSM-Menge im oberrheinischen Grundwasser stieg ab 1960 innerhalb von 30 Jahren auf etwa 16 t Atrazin und 10 t DEA an.
- In den folgenden etwa 15 Jahren blieb die im Grundwasser gespeicherte Menge an PSM mehr oder weniger konstant.
- Ab dem Jahr 2005 erfolgte eine stetige Abnahme von 16 t Atrazin und 10 t DEA auf voraussichtlich etwa 7 t Atrazin und 5 t DEA im Jahr 2050.

Weitere Informationen:  
[www.logar2050.eu](http://www.logar2050.eu)

ABBILDUNGEN

**ABBILDUNG 1** Zeitlicher Verlauf der im Grundwasser gespeicherten Menge an Atrazin und DEA [t] zwischen 1960 und 2050.

