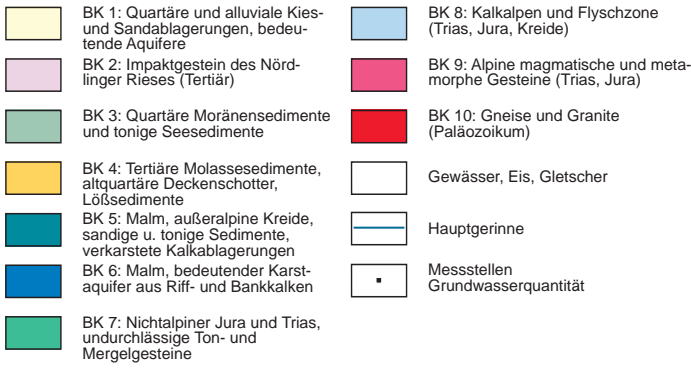
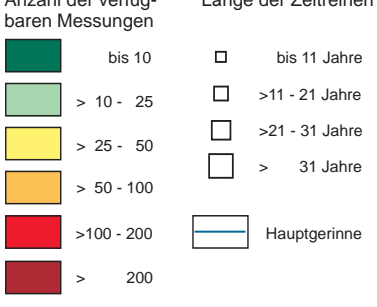


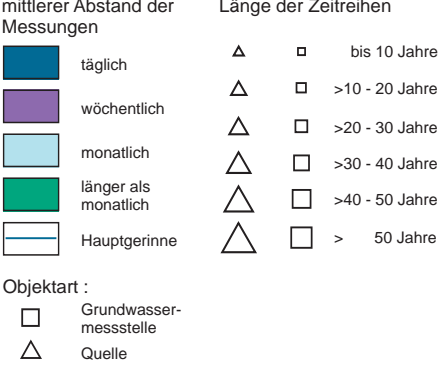
Karte 1: Hydrogeologische Teilräume



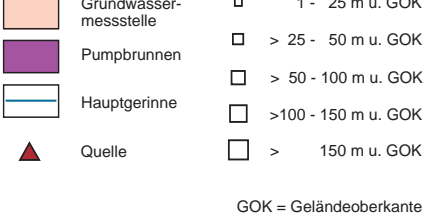
Karte 3: Qualität - Beispiel Nitrat



Karte 2: Quantität der Zeitreihen



Karte 4: Messstellenart und Endteufenverteilung



GLOBAL CHANGE ATLAS EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:
GLOWA-Danube-Projekt, Ludwig-Maximilians-Universität München

1.18 Daten zur Grundwassermenge und Grundwasserqualität

Rastergröße: 1 x 1 km²
Maßstab: 1: 3.800.000

Datengrundlage:
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2005
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), 2006 und 2007
Bayerisches Geologisches Landesamt, 2003
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2002, 2007 und 2008
Erhebung der Wassergüte in Österreich gemäß Hydrographiegesetz, BGBl. Nr. 252/90, i.d.g.F.; BMLFUW, Sektion VII Wasserwirtschaftliche Planung; Ämter der Landesregierungen
Umweltbundesamt GmbH Wien, auf Ersuchen vom 2. April 2001 (UBA-ZI.: 134-164/01) und auf Ersuchen vom 26.04.07 (UBA-ZI.: 134-82/07)
CCM River and Catchment Database, © European Commission - JRC, 2007

Autoren:
T. Römer, J. van Heyden, R. Barthel
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

Grafik:
V. Falck
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung, Ludwig-Maximilians-Universität München

1.18 Daten zur Grundwassermenge und Grundwasserqualität - Teilprojekt Grundwasserhaushalt, Grundwasserbewirtschaftung und Wasserversorgung

1. Einleitung

Der überwiegende Anteil der Wasserversorgung im Einzugsgebiet der Oberen Donau basiert auf der Nutzung von Grundwasserressourcen. Auswirkungen dieser Nutzung und des Globalen Wandels können über die Kenntnisse von Wirkungszusammenhängen abgeschätzt und über Modelle simuliert werden. Möglichkeiten zur Ableitung von Zusammenhängen und zur Validierung von Modellergebnissen bietet jedoch nur der Abgleich mit realen Messungen. Messungen und Messnetze zur Grundwasserquantität und -qualität sind daher von besonderer Wichtigkeit im Grundwassermanagement und beim Schutz dieser Ressource. Die Beurteilung der Grundwassermenge erfolgt über die indirekten Messgrößen der Schüttung von Quellen und der Standrohrspiegelhöhe von Grundwassermessstellen (GWM). Die Bewertung der Grundwasserqualität erfolgt über verschiedene chemische Parameter, die aus Wasserproben von Quellen, GWM und Förderbrunnen der Wasserversorgung entweder vor Ort oder im Labor bestimmt werden. Neben der Probenahme an sich ist für die spätere Zusammensetzung des Datenpools die Konfiguration des Messnetzes von entscheidender Bedeutung.

2. Datenaufbereitung

Die Daten zur Grundwassermenge und Grundwasserqualität stammen aus mehreren Datenquellen; ein zusammenhängendes, einzugsgebietsübergreifendes Messnetz existiert nicht.

2.1 Grundwassermenge

Zur quantitativen Beurteilung des Grundwassers werden für Baden-Württemberg (BW) von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), für Bayern (BY) vom Landesamt für Umwelt (LfU) und für Österreich (AT) vom Lebensministerium Quellschüttungen und Grundwasserstände erhoben.

Insgesamt wurden seitens der Behörden ca. 10,9 Mio. Grundwasserstandmessungen und ca. 230.000 Quellschüttungsmessungen zur Verfügung gestellt. Vor allem aus dem bayerischen Raum des Einzugsgebiets liegt eine große Menge an Grundwasserstandmessungen vor, die vereinzelt bis in das Jahr 1915 zurückreichen (siehe Karte 1 und Abbildung 1.18.1).

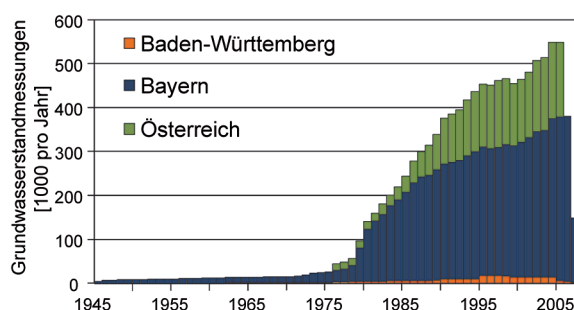


Abbildung 1.18.1: Anzahl der Grundwasserstandmessungen (gestapelt) in tausend pro Jahr.

Hinzu kommen ab 1975 Messungen aus AT und vergleichsweise wenige Messungen aus BW. Deutlich ist ein steiler Anstieg der Grundwasserstandmessungen seit Anfang der 80er Jahre zu erkennen, der zu einem umfassenden Datensatz geführt hat.

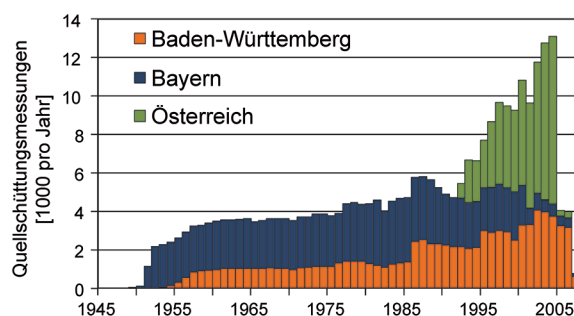


Abbildung 1.18.2: Anzahl der Quellschüttungsmessungen (gestapelt) in tausend pro Jahr.

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Darstellung der Anzahl der erhobenen Quellschüttungen (siehe Abbildung 1.18.2). Hier ist die Gesamtanzahl an Messungen in BY und BW seit Ende der 50er Jahre nahezu konstant, wobei die Menge der Messungen in BW leicht zunimmt. Aus AT stehen Daten zur Quellschüttung erst seit den 90er Jahren zur Verfügung. Die räumliche Verteilung der Messstellen (siehe Karten 1 und 2) orientiert sich an den Flüssen des Einzugsgebiets der Oberen Donau. Fluvio-glaziale Talfüllungen entlang der Gerinne stellen besonders ergiebige,

leicht zu erschließende Grundwasserspeicher dar und müssen daher genauer beobachtet werden (Bayerisches Geologisches Landesamt, 2003). Anhand von Karte 1 kann die Lage der GWM (schwarze Punkte) den einzelnen hydrogeologischen Basisklassen zugeordnet werden (siehe auch Kapitel 1.10). Mehr als die Hälfte aller Messstellen, ca. 58,6%, liegt im Bereich quartärer Talfüllungen (BK 1), obwohl dieser nur etwa 18,8% der Fläche ausmacht. Weitere ca. 18,3%, befinden sich im Bereich der Molasse (BK 4), die mit 23,5% Flächenanteil einen größeren Bereich einnimmt als die quartären Talfüllungen. 5,8% der Messstellen befinden sich im Malm (BK 5 und 6) mit einem Flächenanteil von 8,2%. Die restlichen 17,3% der Messstellen verteilen sich auf die übrigen Gebiete, die 49,5% der Fläche des Einzugsgebiets ausmachen. Ein Großteil der Daten wurde in täglichen oder wöchentlichen Intervallen erhoben (siehe Karte 2).

2.2 Grundwasserqualität

Entsprechend der Daten zur Grundwassermenge stammen die Daten zur Grundwasserqualität im Einzugsgebiet der Oberen Donau aus mehreren Datenpools, deren Zusammensetzung Schwankungen unterliegt. Der Messnetzaufbau oder unterschiedliche gesetzliche Regelungen, besonders in AT (Österreich, 1993) wirken sich auf die verfügbaren Datenmengen aus (siehe Abbildung 1.18.3 und Karte 3). Abbildung 1.18.3 stellt die Entwicklung der Häufigkeit der Nitratmessungen dar. Bei Nitrat handelt es sich um den am längsten und am häufigsten bestimmten Parameter. Im Folgenden wird Nitrat daher stellvertretend für die Fülle der bestimmten Parameter genutzt, um den Charakter der Qualitätsmessungen darzustellen. Der Nitratreintrag ins Grundwasser ist variabel in Raum und Zeit (siehe Kapitel 2.8.3). Neben Nitrat sind Vollanalysen ab ca. 1950 für einen Teil der Messstellen verfügbar. Mit dem Aufkommen der Spurenanalytik erhöht sich die Anzahl der maximal untersuchten Parameter auf mehr als einhundert.

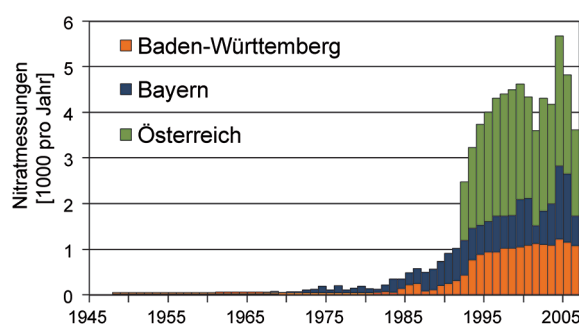


Abbildung 1.18.3: Anzahl der Qualitätsmessungen (gestapelt) am Beispiel Nitrat in tausend pro Jahr.

Die Anzahl der Messungen nimmt kontinuierlich zu und pendelt sich in den letzten Jahren (1995-2004) auf konstantem Niveau ein. Im Jahr 2005 nehmen die Messungen dann wieder ab, da die Daten meist mit zeitlicher Verzögerung in die Datenhaltungssysteme der Länder eingepflegt werden. Erst mit Einrichtung der Messnetze in den 80er Jahren kann von einem regional flächendeckenden Datenpool gesprochen werden. Karte 3 gibt für den Parameter Nitrat einen Überblick über die räumliche Verteilung langer und gut belegter Zeitreihen. Klar lassen sich hierbei die verschiedenen Datenpools des Gesamtdatensatzes abgrenzen. BY verfügt nur über eine begrenzte Anzahl an Zeitreihen (ZR), diese beginnen meist in den 80er Jahren. BW weist einen Querschnitt an Daten mit z.T. sehr langfristigen und gut belegten Zeitreihen auf (siehe Abbildung 1.18.4). Zeitlich sind bereits am Ende der 20er Jahre des letzten Jahrhunderts erste Messungen im baden-württembergischen Teil des Einzugsgebiets zu Nitrat verfügbar.

3. Darstellung der Ergebnisse

Eine im Einzugsgebiet der Oberen Donau flächendeckende Datengrundlage existiert seit den 70er (Quantität) bzw. den 80er (Qualität) Jahren. Unterschiede der verschiedenen Datenquellen sind messnetz- und behördenbedingt und bis heute existent. Hinsichtlich Trend, Variabilität und saisonalem Einfluss zeigen die Zeitreihen der Grundwasserstände und Quellschüttungen ein teilweise sehr unterschiedliches Verhalten. Der Grund hierfür ist, dass die Messstellen in verschiedenen Grundwasserleitern verortet sind, die je nach Standort unterschiedlichen Faktoren

wie hydrogeologischen Rahmenbedingung, Bodenbedeckung, Klima, Einfluss von Oberflächen-gewässern, Wasserentnahme usw. unterliegen. Für eine statistische Auswertung der Daten ist es entscheidend, die heterogene Verteilung der Messstellen in Betracht zu ziehen, um nicht zu falschen Schlüssen zu gelangen. Die Auswahl an Messstellen, die z.B. für bestimmte Teilräume als repräsentativ erachtet werden kann, ist die Basis für künftige Auswertungen und somit entscheidend für deren Ergebnis.

Besonders für die Qualitätszeitreihen lassen sich verschiedene relevante Eigenschaften der Zeitreihen herausstellen. Die wichtigsten sind: (a) häufig wechselnde Probenahmeintervalle (die typischen Intervalle betragen 2 bis 3, 6 oder 12 Monate), (b) größere Datenlücken (> 2 Jahre) und (c) überwiegend statistisch extrem schief verteilte Parameter.

Eine differenzierte Vorgehensweise in der Auswertung der Daten ist nötig und lässt sich für den Datensatz anhand der Grundwasserqualitätsdaten näher aufzeigen. Abbildung 1.18.4 stellt alle Nitrat-Einzelmesswerte (blaue Kreise) der sechs längsten Zeitreihen des Qualitätsdatensatzes gemeinsam dar. Die sechs Messstellen gruppieren sich räumlich in der Region Langenau (BW), Günzburg (BY) und östlich des Randes der Schwäbischen Alb (siehe auch Karte 3). Deutlich zu erkennen ist die für landwirtschaftlich genutzte Regionen in Europa typische Entwicklung (Stockmarr et al., 2005 und Visser et al., 2009) mit stetigem Anstieg der Nitratwerte bis in die späten 80er Jahre. Flächendeckende Analysen für das Einzugsgebiet der Oberen Donau sind nur eingeschränkt möglich, da sich die Zusammensetzung des Datenpools im Verlauf der Jahrzehnte hinsichtlich der Endteufen und Messstellenart stark ändert. Für den Zeitraum 1983-2006 lässt sich jedoch auf Basis von 139 Zeitreihen kontinuierlich bemessener Messstellen zusammengefasst die mittlere Entwicklung der hydrogeologischen Basisklassen 1 (83 Zeitreihen), 4 (30 Zeitreihen) und 6 (26 Zeitreihen) darstellen (siehe gelbe Linie in Abbildung 1.18.4).

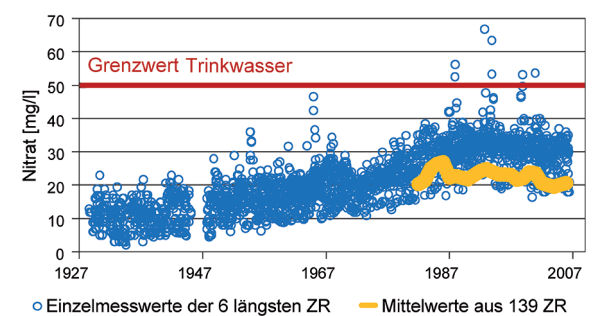


Abbildung 1.18.4: Gemeinsame Darstellung der längsten Nitratzeitreihen.

Die GWM, Förderbrunnen der Wasserversorgung und Quellen der Messnetze weisen eigene Charakteristika auf, die stets Berücksichtigung in Analysen finden sollten. Karte 4 stellt die Verteilung von Messstellen mit mehr als 40 Nitratmessungen pro Messstelle dar. Besonders in BY werden viele Parameter an Förderbrunnen der Wasserversorgung erhoben. Pumpbrunnen weisen längere vertikale Verfilterungen auf und haben tiefere Endteufen. Im Vergleich zu GWM und Quellen integrieren Proben dieser Messstellen über größere Bereiche des Aquifers. Die hydrogeologische Situation und die Messstellenkonfiguration (Filterintervalle, Endteufe) sowie die Lage in Wasserschutzgebieten mit veränderter Landnutzung etc. führen zu signifikant geringeren Nitratwerten. Die Einzelmessungen der Abbildung 1.18.4 (Endteufen um die 10 m) sind daher nicht direkt mit den Messungen der 139 Zeitreihen (Endteufen im Mittel 50-70 m) vergleichbar.

Literatur

Bayerisches Geologisches Landesamt (2003): Hydrogeologische Raumgliederung von Bayern. GLA Fachberichte Nr.20, München.
Österreich (1993): Bundesgesetz über den Zugang zu Informationen über die Umwelt. BGBl. 495/93, Wien.
Stockmarr, J., Grant, R. & Jørgensen, U. (2005): Monitoring effectiveness of the EU Nitrates Directive Action Programmes: Approach by Denmark. In: Fraters, B., Kovar, K., Willems, W., Stockmarr, J. & Grant, R. (2005): Monitoring effectiveness of the EU Nitrates Directive Action Programmes, RIVM report 500003007/2005, 107-138.
Visser, A., Broers, H. P., Heerdink, R. & Bierkens, M. F. (2009): Trends in pollutant concentrations in relation to time of recharge and reactive transport at the groundwater body scale. Journal of Hydrology, 369, 427-439.