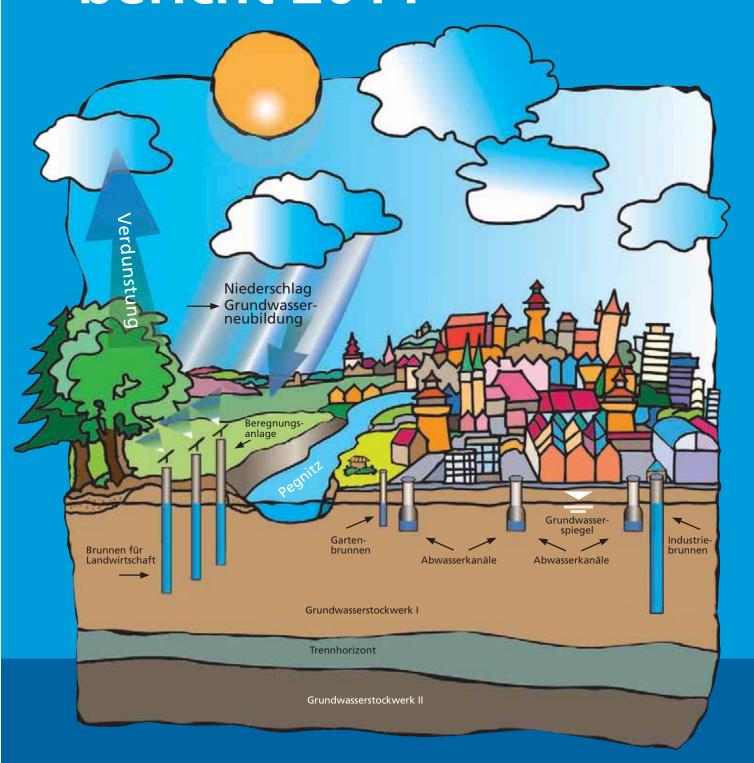




Daten zur Nürnberger Umwelt / Sonderausgabe

# **Grundwasser-bericht 2011**



#### Impressum:

Herausgeber:

Stadt Nürnberg / Umweltreferat

Hauptmarkt 18 90403 Nürnberg

Tel.: 0911 / 231 - 3977 Fax: 0911 / 231 - 3391

Mail: umweltreferat@stadt.nuernberg.de

Koordination, Konzeption, Gesamtredaktion:

Stadt Nürnberg / Umweltamt Gisela Löhr, Dr. Klaus Köppel

#### Autoren:

Die an der Datenrecherche und Texterstellung beteiligten MitarbeiterInnen externer Organisationen und der Stadtverwaltung sind am Ende des Berichtes im Anhang IX - Autorenverzeichnis aufgeführt.

Fotos: vgl. Anhang V - Abbildungsverzeichnis

Diagramme, Karten:

Kartengrundlagen: Amt für Geodaten und Bodenordnung Karten: vgl. Anhang VI - Kartenverzeichnis

Kartenumsetzung: Elke Hussenöder

Gestaltung und Layout: Dr. Reinhold Harrer
Umschlaggestaltung: Stadtgrafik, Herbert Kulzer

#### Datenquellen:

Wo nicht anders vermerkt, stammen die Daten von den Dienststellen der Stadt Nürnberg (Jahres- und Geschäftsberichte, interne Angaben und Auswertungen).

Papier: chlorfrei gebleichtes Bilderdruckpapier

Druck: hofmann druck nürnberg gmbh & co kg

Auflage: 3000 Exemplare

Bezugsadresse: Stadt Nürnberg Umweltamt

Abteilung UwA/1 Umweltplanung

Lina-Ammon-Straße 28 90471 Nürnberg

Alle Rechte vorbehalten Nürnberg, Oktober 2011

### Vorwort



Dr. Peter Pluschke Umweltreferent der Stadt Nürnberg



Dr. Klaus Köppel Leiter des Umweltamtes

Seit nunmehr fast 25 Jahren legt das Umweltamt Grundwasserberichte vor. Der vorliegende Bericht ist der fünfte in dieser Reihe seit 1987. Ging es früher schwerpunktmäßig um die Belastungen des Grundwassers durch Schadstoffe, also fast ausschließlich um die Qualität des Wassers, so wird es künftig stärker um die Quantität des Wassers, also um die Menge der Grundwasserneubildung, die Grundwasserstände und die Konsequenzen struktureller Veränderungen in Industrie und Landwirtschaft gehen. Diese ganzheitliche Sichtweise des Grundwasserschutzes wird nicht zuletzt durch die Wasserrahmen-Richtlinie der EU sowie die daraus resultierende aktuelle Bundesgesetzgebung geprägt, die als übergeordnete Zielsetzung den guten Zustand der Gewässer in qualitativer, quantitativer und schließlich ökologischer Hinsicht postulieren.

Mit dem vorliegenden Bericht wird eine wesentliche Basis für diese künftig stärker ganzheitlich ausgelegte Berichterstattung gelegt. So wurde ein festes Messnetz aus bereits bestehenden und leistungsfähigen Grundwasserpegeln entwickelt und gesichert. Darüber hinaus wurde erstmals für das Stadtgebiet durch Stichtagsmessungen ein einheitlicher Grundwasserstand ermittelt. Schließlich konnten in intensiver und sehr guter Kooperationen von städtischem Umweltamt mit bayerischen Fachbehörden (Bayerisches Landesamt für Umwelt und Wasserwirtschaftsamt Nürnberg), dem GeoZentrum Nordbayern der Universität Erlangen (Institut für Angewandte Geologie), der N-Ergie/AquaOpta, der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg und privaten Sachverständigen (hier: R & H Umwelt GmbH) die Daten erhoben, ausgewertet und dargestellt werden.

Für diese gute Zusammenarbeit danken wir herzlich! Dies gilt umso mehr, als die Vielseitigkeit der Zusammenarbeit und die vielfältige Bedeutung des Grundwassers durch Textbeiträge zahlreicher Expertinnen und Experten unterstrichen werden und der vorliegende Bericht damit bereichert und vervollständigt wird.

Mit den durchgeführten Untersuchungen kann erneut festgestellt werden, dass der Grundwasserschutz in Nürnberg seit über 25 Jahren auf einem guten Weg ist. Die Belastungen durch Lösungsmittel konnten verbreitet deutlich reduziert werden. Belastungen durch Pflanzenschutzmittel und Nitrate gehen vereinzelt zurück. Schwermetalle sind nach wie vor oft kaum nachweisbar. Auch sind erste Anzeichen für eine Regeneration des Grundwasserkörpers durch reduzierte Wasserentnahmen von Industrie, Landwirtschaft und sanierte Kanäle erkennbar.

Dennoch bleibt der Grundwasserschutz natürlich eine Daueraufgabe. So sind deutlich erhöhte Nitratgehalte im Knoblauchsland nach wie vor vorhanden. Die Salzfracht des Grundwassers – insbesondere durch Chlorid – nimmt offensichtlich zu und neue Schadstoffgruppen – wie die der perfluorierten Tenside (PFT) – stellen uns vor neue Herausforderungen. Von immer wieder neu ermittelten Altlasten ganz abgesehen.

Darüber hinaus ist die deutliche Zunahme neuer energetischer Grundwassernutzungen zum einen sehr zu begrüßen, zum anderen müssen mögliche Auswirkungen auf den Grundwasserkörper langfristig beobachtet werden, um hier eine umweltfreundliche und nachhaltige Wärmeversorgung sicherzustellen.

Nachhaltig soll auch die Grundwasserberichterstattung über den vorliegenden Bericht hinaus fortgeführt werden. So ist vorgesehen, dass künftig alle 5 Jahre ein aktueller Grundwasserbericht vorgelegt und als wichtiger Teil der Umweltinformationen der Stadt Nürnberg allgemein zur Verfügung gestellt wird.

Vorsorgender Grundwasserschutz ist eine Gemeinschaftsaufgabe von Politik, Verwaltung, Unternehmen und Bürgern, um die wertvolle und lebensnotwendige Ressource Grundwasser mit seinen vielfältigen Funktionen im Wasserkreislauf und in den Ökosystemen zu schützen und zu bewahren.

Wir freuen uns in diesem Sinne den aktuellen Grundwasserbericht 2011 vorlegen zu können, wünschen eine anregende Lektüre und hoffen, dass die aktuellen und neuen Informationen vielfältige Beachtung finden.

Dr. Peter Pluschke Umweltreferent Dr. Klaus Köppel Leiter des Umweltamtes

# Inhaltsverzeichnis

vorw	ort
Inhal	tsverzeichnis
Zusai	mmenfassung und Fazit
1. Bo	edeutung des Grundwassers
1.1.	Grundwasser im Naturhaushalt
1.2.	Historische Grundwassererschließung in Nürnberg
1.3.	Trinkwasser für Nürnberg
1.4.	Bewässerung des Knoblauchslandes
1.5.	Oberflächennahe Geothermie in Nürnberg
1.6.	Grundwassernutzungen im Stadtgebiet im Überblick
1.7.	Stadtentwicklungskonzepte: Projekt "Nürnberg am Wasser"
2. H	ydrogeologie
2.1.	Grundlagen der Hydrogeologie Nürnbergs
2.2.	Hydrogeologische Besonderheiten
<ul><li>2.2.1.</li><li>2.2.2.</li><li>2.2.3.</li></ul>	Staunässe und SchichtenwasserSchwebende Grundwasserstockwerke
2.2.4.	Kohlendioxidreiche, betonaggressive Grundwässer und Artesische Brunnen
2.3.	Unterschiede und Gemeinsamkeiten Nürnberger Grundwässer
2.4.	Grundwasserhaushalt
3. G	rundwasseruntersuchungsprogramm 2010
3.1.	Grundwasserqualität im Stadtgebiet Nürnberg
	Hauptuntersuchungsparameter (LHKW, Nitrat und Pflanzenschutzmittel)
	Grundwasserquantität im Stadtgebiet Nürnberg
3.2.1. 3.2.2. 3.2.3. 3.2.4. 3.2.5.	Grundwassermessprogramm 2010 Grundwasserfließrichtungen Grundwasserflurabstand Langfristige Grundwasserschwankungen im Stadtgebiet
4. G	rundwasserschutz und bautechnische Aspekte
4.1.	Grundwasser und Bauen
4.2.	Vorsorgender Grundwasserschutz
4.3.	Nachsorgender Grundwasserschutz
4.4.	Grundwasserschutz in der Landwirtschaft
4.5.	Dichte Kanäle für mehr Grundwasserschutz
4.6.	Weiterführende Untersuchungsprogramme für das Grundwasser

#### Inhaltsverzeichnis

Anhänge		Seite
Anhang I	Angebote und Dienstleistungen, Ansprechpartner	86
Anhang II	Erlaubnis- und anzeigepflichtige Grundwasserbenutzungen	88
Anhang III	Weiterführende Informationen	89
Anhang IV	Glossar	90
Anhang V	Abbildungsverzeichnis	93
Anhang VI	Kartenverzeichnis	96
Anhang VII	Tabellenverzeichnis	97
Anhang VIII	Literaturverzeichnis	98
Anhang IX	Autorenverzeichnis	100

#### Anlagen

Anlaga 1	Deckschichtenkarte von	Nimahama
Anlage 1	Deckschildhenkarte von	numberd

Anlage 2 Grundwassergleichenplan

Anlage 3 Flurabstandskarte

6

# Zusammenfassung und Fazit

Grundwasser hat eine maßgebliche Bedeutung im Wasserund Naturhaushalt. Für die Pflanzen- und Tierwelt bieten grundwassernahe Böden ganz besondere Voraussetzungen, so dass sich dort spezialisierte und seltene Arten entwickeln und vermehren können. Grundwasser ist vor allem aber auch eine lebensnotwendige Ressource. Bereits im mittelalterlichen Nürnberg hatte es für die Wasserversorgung größte Bedeutung. Die moderne Trinkwasserversorgung Nürnbergs besteht zu 100 % aus Grund- und Quellwasser aus nahe und fern gelegenen Fassungsgebieten. Grundwasser aus dem Rednitztal sichert zudem seit 2004 als Uferfiltrat die Versorgung des Knoblauchslandes mit qualitativ einwandfreiem Wasser zur Beregnung.

Mit mehr als 2100 existierenden Grundwasserentnahmebrunnen im Stadtgebiet für die gewerbliche, industrielle, landwirtschaftliche und private Brauchwassernutzung und nicht zuletzt mit dem aktuell feststellbaren Trend zur zunehmenden geothermischen Nutzung des Grundwassers ist insbesondere auch die wirtschaftliche Bedeutung dieses Schutzgutes und die Notwendigkeit einer planerischen Vorsorge aufgezeigt.

Grundwasservorkommen, Grundwasserfließverhalten und Grundwasserbeschaffenheit werden ganz maßgeblich von den geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen bestimmt.

Die Grobgliederung der Grundwasserstockwerke im Bereich Nürnberg kann relativ einfach und übersichtlich in ein oberflächennahes Stockwerk (Stockwerk I) aus quartären Lockersedimenten und Keupersandsteinen (bis zu 60m mächtig) sowie ein tieferes Stockwerk aus Benkersandstein (Stockwerk II, ab ca. 90m) dargestellt werden.

Hydrogeologische Besonderheiten stellen u.a. Urtalrinnen dar, die bis zu 35m tief eingeschnitten sein können und insbesondere im südlichen Stadtgebiet auftreten. Sie sind auch wegen ergiebiger Grundwasservorkommen bedeutend. Weitere Besonderheiten sind insbesondere im nördlichen Stadtgebiet auftretende kleinere Störungszonen sowie kleinräumige Ton- und Lettenlagen, die lokal die Grundwassersituation deutlich beeinflussen können.

Mit den Grundwasserberichten wird seit 1987 vor allem die Grundwasserqualität regelmäßig und konsequent erfasst. Jeweils basierend auf diesen Erkenntnissen wurden Maßnahmenprogramme durchgeführt. Die jüngsten Untersuchungen zeigen erneut, dass die Entwicklungen der letzten 25 Jahre, allen voran die erfolgreiche Altlastenbearbeitung, deutliche Verbesserungen des qualitativen Zustandes des Nürnberger Grundwassers bewirkt haben.

Insbesondere beim Hauptschadstoff LHKW (das sind leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe) sind erfreulich deutliche Fortschritte feststellbar. Erkennbare Erfolge können auch bei der Belastung des Grundwassers mit dem zweiten Hauptparameter, dem Nitrat, in Teilbereichen des Stadtgebietes aufgezeigt werden. Im Kernbereich des Knoblauchslandes gehen allerdings die Nitratkonzentrationen nur sehr langsam zurück. Boden und Grundwasser haben hier auf Grund jahrhundertelanger Kultivierung und Düngung ein "langes Gedächtnis".

Ein besonderes Augenmerk hinsichtlich der Beschaffenheit des Grundwassers wird in Zukunft auf die Salzfracht gelegt werden müssen. Hier wurden zwar noch keine erheblichen Belastungen, aber bereits fast flächendeckend zunehmende Konzentrationen durch Chlorid festgestellt. Weiter wird in Zukunft angesichts der zunehmenden thermischen Nutzung des Grundwassers auch die Beobachtung und Überwachung der Grundwassertemperaturen erforderlich sein, um die Nachhaltigkeit dieser Energieversorgung sicherzustellen und nachzuweisen.

Von besonderer Bedeutung für den vorliegenden Grundwasserbericht war die Aktualisierung der Daten zu den Grundwasserständen im Stadtgebiet. Grundwasserstände wurden bis dato ausschließlich im Rahmen von privaten und öffentlichen Bau- und Planungsvorhaben projektbezogen und damit kleinräumig und zeitlich begrenzt erhoben. Eine konsistente und flächendeckende Erhebung der Grundwasserstände war damit bislang nicht gegeben.

Für den vorliegenden Bericht wurde ein Messstellennetz für das Stadtgebiet eingerichtet. Es wurde hierbei auf ca. 230 bereits bestehende Grundwasserpegel zurückgegriffen, für die umfangreiche Bestandserhebungen durchgeführt wurden. Auf diese Weise besteht nun auch für künftige weitere Erhebungen ein sehr gut geeignetes Messnetz zur Ermittlung der Grundwassersituation des Hauptgrundwasserleiters (Stockwerk I).

Mit der im März und Oktober 2010 durch die Umweltanalytik Nürnberg (SUN/U) durchgeführten Erfassung der Grundwasserstände im gesamten Stadtgebiet und mit der Einbindung in die zeitgleichen aktuellen großräumigen Untersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt sowie den Untersuchungen des staatlichen Wasserwirtschaftsamtes im Knoblauchsland, wurde eine qualitativ hochwertige Datengrundlage zur Erfassung der Grundwasseroberfläche und des Grundwasserfließgeschehens im Stadtgebiet geschaffen.

#### Zusammenfassung und Fazit

Die gute und intensive Zusammenarbeit mit den genannten bayerischen Landesbehörden und dem GeoZentrum Nordbayern der Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg (Lehrstuhl für Angewandte Geologie) ermöglicht wesentlich die hohe Aussagekraft der mit diesem Bericht vorgelegten Grundwasserkarten.

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurden von den Beteiligten die jeweils bis zum Sommer 2011 vorliegenden Erkenntnisse und Forschungsergebnisse bezüglich des Vorkommens quartärer Lockersedimente im Stadtgebiet zur Verfügung gestellt. Auf dieser Basis konnte eine Aktualisierung der "Deckschichtenkarte von Nürnberg" diesem Bericht beigelegt werden.

Grundwasserschwankungen sind unterjährlich als auch über Jahrzehnte durch den Witterungsverlauf in natürlichen Grenzen nachweisbar. Jedoch waren in der Vergangenheit bereichsweise auch deutliche anthropogene Einflussnahmen z.B. in Form von Baumaßnahmen und/oder Grundwasserförderungen für das Stadtgebiet festgestellt worden. Zwischen 1965 und 1990 wurden in Teilbereichen Grundwasserabsenkungsbeträge zwischen 3 m und 5 m nachgewiesen. Mit dem vorgelegten Grundwasserbericht kann punktuell in gewissem Umfange eine veränderte Entwicklung dargestellt werden. Es wird davon ausgegangen, dass dies erste Anzeichen für eine Regeneration des Grundwasserkörpers durch reduzierte Wasserentnahmen von Industrie, Landwirtschaft und sanierte Kanäle sind.

Mit dem vorgelegten Grundwasserbericht 2011 werden der interessierten Öffentlichkeit und auch Fachexperten eine ganze Reihe wertvoller Informationen und Grundlagendaten (z.B. zu Grundwasserständen und Grundwasserbeschaffenheit) zur Verfügung gestellt. Mithilfe dieser orientierenden Erstinformationen können für konkrete Maßnahmen erforderliche Detailuntersuchungen geplant werden.

Es wird angeregt, zukünftige Untersuchungsprogramme für das Grundwasser im 5-jährigen Rhythmus durchzuführen. Künftig sollte hier – neben den bekannten Parametern – die konsequente Ermittlung der Konzentration von Chlorid, von Pflanzenschutzmitteln und deren (relevanten) Metaboliten sowie der Grundwassertemperatur erfolgen. Regelmäßige Messkampagnen am neu eingerichteten Grundwassermessnetz sollen darüber hinaus die Datenlage zu den Grundwasserständen im Stadtgebiet weiter verbessern als auch genauere Beobachtungen zu den Grundwasserschwankungen und deren Ursachen zulassen. Ebenso wird in Zukunft die Frage der Belastung des Grundwassers durch Arzneistoffe aufzugreifen sein.

Die sehr positiven Erfahrungen in der Zusammenarbeit zwischen städtischen und staatlichen Behörden und Einrichtungen, universitären Instituten und privaten Sachverständigen sollten für eine möglichst effiziente Erstellung künftiger Berichte weiter genutzt und möglichst ausgebaut werden.

## 1. Bedeutung des Grundwassers

#### 1.1. Grundwasser im Naturhaushalt

#### Der Wasserkreislauf

Wasser befindet sich seit Milliarden von Jahren in einem steten Kreislauf. Es verdunstet v.a. über die Wasseroberfläche der Meere in die Atmosphäre und sinkt als Niederschlag wieder zurück auf die Erdoberfläche. 2/3 dieser Wassermenge verdunstet erneut über Oberflächen oder über die Transpiration durch den Pflanzenbewuchs. Etwa 1/5 der Niederschlagsmenge, fließt direkt über die Oberflächengewässer ab. Der übrige Niederschlagswasseranteil versickert und erreicht die Grundwasseroberfläche (Abb. 1).

Ca. 15 % bis 25 % der Niederschlagsmenge kommen so in unseren gemäßigten Breiten der Grundwasserneubildung zu Gute. Sowohl die Versickerung als auch das Fließen des Wassers im Untergrund sind sehr langsame Vorgänge, so dass je nach Tiefe und Ausbildung des Untergrundes die dortigen Grundwasservorkommen meist ein Alter von mehreren Hundert Jahren haben. Langsam zirkulierende Tiefenwässer können mehrere zehntausend Jahre alt sein. Oberflächennahe Grundwässer, die innerhalb der sandigen Lockersedimente zirkulieren, weisen dagegen lediglich ein Alter von mehreren Jahren bzw. Jahrzehnten auf

Das versickernde Wasser wird durch die Bodenpassage von Schmutzpartikeln und Schadstoffen gereinigt. Der Boden, bzw. die Grundwasserdeckschicht, entspricht somit einem natürlichen Filter. Ein unbelasteter und leistungsfähiger Boden ist daher von großer Bedeutung für eine gute Grundwasserqualität. In Bayern bereitgestelltes Trinkwasser wird wegen der meist sehr guten Qualität und dem verhältnismäßig großen Wasservorrat im Untergrund zu ca. 95 % aus Grund- und Quellwasser gewonnen [11].

Grundwasser ist definitionsgemäß das Wasser, das im Untergrund die Hohlräume im Gestein vollständig ausfüllt. Grundwasser fließt im Untergrund vergleichsweise langsam (in feinporigen Sanden z.B. 1 m/Tag) und folgt einer Gefälleneigung, die u.a. von der geologischen Ausprägung des Untergrundes abhängig ist. Das oberflächennahe Grundwasser fließt grundsätzlich den sogenannten Vorflutern zu. Unsere Flüsse und Bäche werden in regenarmen Zeiten ausschließlich vom unterirdischen Niederschlagsabfluss, also dem Grundwasser, gespeist. Diese Gewässer versorgen wiederum unsere großen Wasserflächen, die auch der Naherholung dienen. Von besonderer Bedeutung sind in Nürnberg, neben den großen Fließgewässern Pegnitz und Rednitz, der Wöhrder See (Abb. 2) sowie der Dutzendteich.

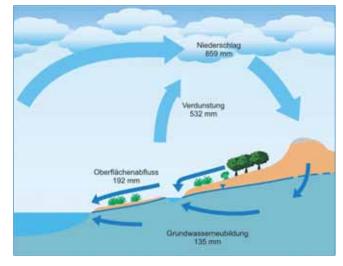


Abb. 1: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufs mit Zahlen der mittleren Wasserbilanz für Deutschland von 1961 bis 1990 (nach BfG 2008, Niederschlagswert korrigiert)
Quelle: BGR.



Abb. 2: Unterer Wöhrder See.

#### 1. Bedeutung des Grundwassers



Abb. 3: Erlenbruchwald im Eibacher Forst

#### Grundwassernahe Lebensräume

Grundwasser kann in einigen Teilbereichen des Stadtgebietes bis knapp unter die Erdoberfläche, manchmal auch, je nach jahreszeitlichen Schwankungen, über die Erdoberfläche hinaus auftreten. Viele ehemals grundwassernahe Standorte im Stadtgebiet wurden trocken gelegt und wären ohne diese Einflussnahme richtige Moorgebiete. Die Bezeichnungen Loher Moos oder Maiacher Soos deuten auf entsprechende ehemalige Standortbedingungen hin.

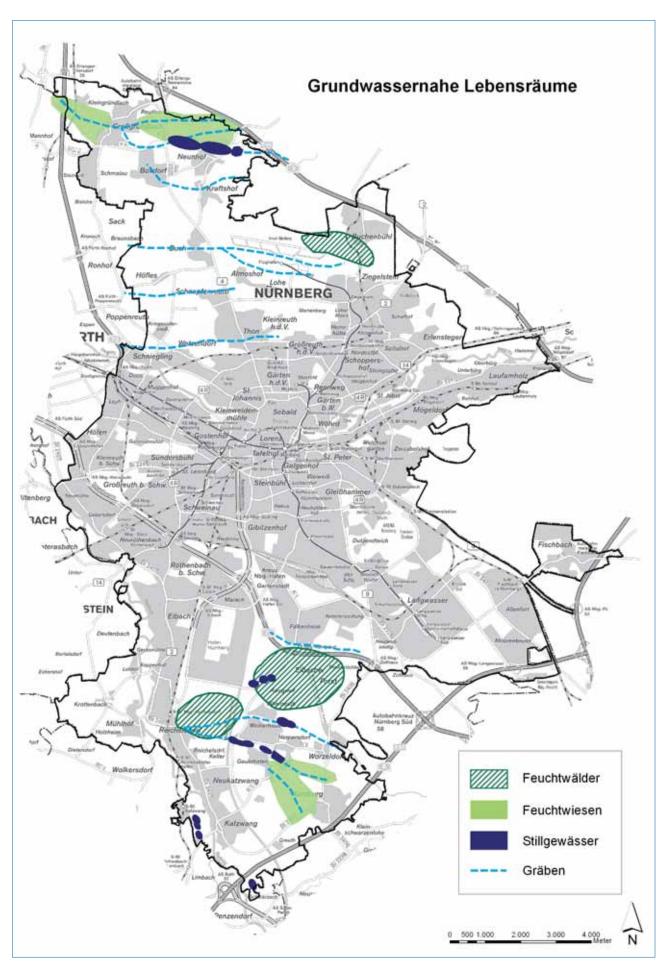
Soweit noch vorhanden, bieten grundwasserbeeinflusste Böden (Abb. 4) mit anhaltend hohen Grundwasserständen wichtige Standortvoraussetzungen für die Existenz ökologisch wertvoller Biotoptypen, wie z.B. Feucht- und Nasswiesen, Feuchtwälder, Fließ- und Stillgewässer sowie Schilf- und Großseggenbestände. Diese mittlerweile selten gewordenen Lebensraumtypen beherbergen eine hohe Vielfalt an natürlichen und oft sogar gefährdeten Tier- und Pflanzenarten. Im Nürnberger Stadtgebiet konzentrieren sich die grundwassernahen Lebensraumtypen im Süden zwischen Katzwang-Kornburg-Worzeldorf und Eibach, im Norden in der Gründlachaue zwischen Neunhof und Kleingründlach sowie zwischen Buchenbühl und Ziegelstein (Karte 1).

Relikte von naturnahen Feuchtwäldern und Waldmooren, wie z.B. Erlenbruchwäldern (Abb. 3), findet man vor allem im Eibacher Forst, in der Ziegelach bei Buchenbühl und im Kraftshofer Forst nördlich des Flughafens. Sie sind als Lebensräume von seltenen Tieren und Pflanzen sowie als Hochwasserrückhalträume und Kohlendioxidsenken von besonderer Bedeutung für die Umweltqualität.



- Ah Humoser Oberboden
- Bv Braunerde-Horizont durch Verwitterung entstanden
- Go Grundwasserbeeinflusster Horizont, Grundwasserschwankungsbereich mit typischer Rotfärbung durch Eisenoxide
- Gr Grundwasserbeeinflusster Horizont, ständig wassergesättigt, aufgrund Sauerstoffarmut liegen Eisenverbindungen in reduzierter Form vor (Graufärbung)

Abb. 4: Grundwasserbeeinflußter Boden (Braunerde-Gley mit typischen Bodenhorizonten)



Karte 1: Vorkommen grundwassernaher Lebensraumtypen

#### 1. Bedeutung des Grundwassers



Abb 5: Gründlachaue bei Neunhof



Abb. 6: Knoblauchkröte; Foto: DGHT

Feucht- und Nasswiesen, Schilfröhrichte und Hochstaudenfluren sind vor allem entlang des Eichenwald-, des Gaulnhofener und des Röthegrabens in den Gemarkungen Kornburg und Worzeldorf sowie in den nördlichen Gemarkungen Neunhof und Großgründlach in der Gründlachaue verbreitet (Abb. 5). Sie beherbergen eine Vielzahl schützenswerter Pflanzen, wie z.B. verschiedene Binsen und Seggen, und Tiere, wie z.B. Heuschrecken, Spinnen und Vögel.

Grundwassergefüllte Stillgewässer gehören zu den raren Biotoptypen im Stadtgebiet, obwohl vielerorts gute Voraussetzungen für ihre Anlage vorhanden sind. Deshalb zählen die auf diesen Lebensraum spezialisierten Arten, wie z.B. der Laubfrosch oder die Knoblauchkröte, zu den seltensten und gefährdetsten Organismen. Beispiele für ökologisch wertvolle Stillgewässer sind die Teiche an der Wolkersdorfer Straße im Rednitztal und die Tümpel in der ehemaligen Sandgrube am Föhrenbuck.

Bäche und Gräben sind ein häufiges Element der freien Landschaft in Nürnberg. Sie dienen vorrangig der Entwässerung von grundwassernahen Bereichen, um diese für die Bebauung und Landwirtschaft nutzbar zu machen. Andererseits bieten naturnahe Fließgewässerabschnitte wertvolle Lebensräume für aquatische Organismen, wie z.B. Amphibien und Libellen. Beispiel hierfür ist die Gebänderte Heidelibelle, eine sehr seltene Libellenart, die an einigen Gräben im Rednitztal vorkommt.

Der Erhalt und die Wiederherstellung grundwassernaher Standorte und ihrer charakteristischen Lebensraumtypen sind ein wesentliches Ziel des Naturschutzes und der Landschaftspflege in Nürnberg.

Entsprechende Maßnahmen in den oben beschriebenen Bereichen werden von der Naturschutzbehörde und dem Landschaftspflegeverband Nürnberg im Rahmen des Ökokontos und im Rahmen von privat und staatlich geförderten Landschaftspflegemaßnahmen laufend durchgeführt.

#### 1.2. Historische Grundwassererschließung in Nürnberg

(Geozentrum Nordbayern, Universität Erlangen/Nürnberg - Dr. Alfons Baier)

Die in der Sigena-Urkunde 1050 erstmals erwähnte Burganlage wurde "Nuorenberc" (ahd. "nuor" = "nackter Fels") bezeichnet und verweist damit auf ihre geologisch bedingte Lage [2], d.h. auf einen unvermittelt in der relativ ebenen Landschaft aufragenden Burgsandsteinfelsen. Abgesehen vom militärischen Nutzen des Felsens war die Lage für eine größere Ansiedlung jedoch nicht sonderlich geeignet. Auf den beiden Flussseiten reichte der Urwald nahe an den Steilabfall des linken und an die sumpfige Niederung des rechten Pegnitzufers. Die breiten, hochwassergefährdeten Flusstäler blieben bis heute meist frei von Bebauung. Im cañonartigen Pegnitztal der Altstadt hatte die Pegnitz in kleineren Buchten Faulschlammsedimente abgelagert, welche bereits bei der mittelalterlichen Bebauung Pfahlgründungen erforderlich machten: So befand sich im Bereich des heutigen Hauptmarktes ein ausgedehntes Versumpfungsgebiet [46].

Der rasante Aufschwung des mittelalterlichen Nürnberg war weder von der Verkehrslage begünstigt noch von den Erzeugnissen der kargen Böden. Auch die tägliche Wasserversorgung für Mensch, Tier und Gewerbe stellte aufgrund der wenigen und nur schwach schüttenden Quellen im Bereich des Burgbergs ein fundamentales Problem dar. Trotz dieses Fehlens natürlicher Standortvorteile schuf die Nürnberger Bevölkerung unter geschickter Ausnutzung der vorliegenden geologischen, hydrologischen und hydrographischen Bedingungen eine der blühendsten und mächtigsten Städte der mittelalterlichen Welt.

Die Erschließung ausbeutungsfähiger Quell- und Grundwasservorkommen erfolgte durch die ersten Nürnberger Burgbauherren und Siedler nach geradezu modern anmutenden hydrogeologischen Erkundungsmethoden. Sie erkannten, dass die Sandsteinhorizonte des Nürnberger Burgberges in verschiedenen Höhenniveaus von Ton- und Lettenlagen durchzogen werden. Diese wirken hydraulisch als Grundwasserstauer ("Aquicluden") und bedingen, dass im Burgberg mindestens vier einzelne (hiervon drei schwebende; vgl. Kap. 2.2.2.) Grundwasserhorizonte ("Aquifere") auftreten (Abb. 7). Hierdurch bedingt speisen am Südhang des Burgberges schwebende Grundwässer auf natürliche Weise eine Anzahl von frei auslaufenden, meist jedoch nur gering schüttenden Quellen [2].

In der Frühzeit Nürnbergs bildeten diese Quellen eine einfache und qualitativ einwandfreie Wasserversorgung für die ersten Burganlagen. So rinnt – im Bereich der heutigen Kaiserburg – aus dem obersten Aquifer des Mittleren Burgsandsteins der nur gering schüttende Margarethenbrunnen, welcher in seinen Anfängen zu den ältesten Wassergewinnungsstellen Nürnbergs zählen dürfte. Diese kleine, heute mit einem schmiedeeisernen Gitter verschlossene Felsnische befindet sich in der Sandsteinmauer nördlich der "Himmelsstallung" (Abb. 8 - nächste Seite).

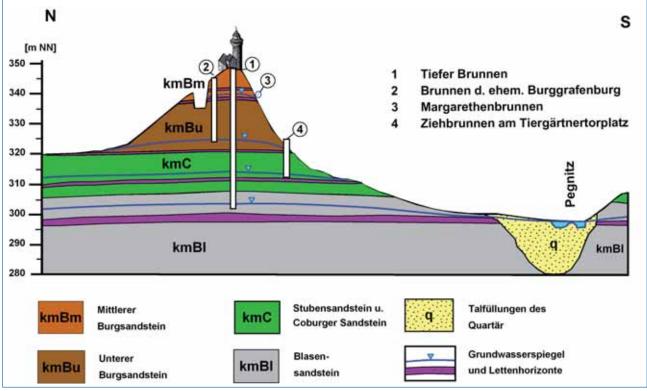


Abb. 7: Hydrogeologisches Profil des Burgbergs

#### 1. Bedeutung des Grundwassers



Abb. 8: Margarethenbrunnen



Abb. 9: Brunnenschacht des ehemaligen Burggrafenbrunnen südlich des Fünfeckturms; Foto: HERPPICH



Abb. 10: Der Tiefe Brunnen auf der Kaiserburg

Wenige Meter südlich des "Fünfeckigen Turm", einem Relikt der bereits 1420 zerstörten, der Kaiserburg ehemals vorgelagerten Burggrafenburg, existiert heute noch die Röhre eines – nunmehr abgedeckten – Brunnens, welcher wohl die zweitälteste Wassergewinnungsanlage der Nürnberger Burganlage darstellen dürfte. Dieser Ziehbrunnen war über 20 Meter tief bis zum Basiston des Unteren Burgsandsteins abgeteuft worden. Im Jahre 1473 wurde in bemerkenswerter Präzessionsarbeit von einem südlich gelegenen, unterirdischen Wassergewinnungsstollen (der "Schildbrunnleitung") zu diesem Brunnenschacht ein Stichstollen vorgetrieben (Abb. 9). Durch diesen zusätzlichen Wassergang wurde das überschüssige Brunnenwasser der ehemaligen Burggrafenburg unterirdisch nach Süden in die Reichsstadt geleitet und speiste hier vom Mittelalter bis in die Neuzeit mehrere Brunnenanlagen [25].

Auf der, vom Jahre 1120 ab erbauten Kaiserburg wurde der – heute von Touristen gerne besuchte – "Tiefe Brunnen" vollständig aus dem Fels herausgearbeitet (Abb. 10). Seine erste Erwähnung fällt in das 14. Jahrhundert, er ist jedoch vermutlich ebenso so alt wie die Kaiserburg selbst. Mit einem Durchmesser von 1,7 m bis 2,2 m wurde der Brunnenschacht mit einer Gesamttiefe von 46,7 m über den Burg- und Stubensandstein bis zum Blasensandstein abgeteuft [2].

Für die Wasserversorgung der südlich der Burg gelegenen Siedlung wurden zunächst frei auslaufende Quellen genutzt. Am Südhang des Burgberges liegt der Haupt-Quellgürtel über dem Basiston des Mittleren Burgsandsteins auf einem Höhenniveau von etwa 335 m ü. NN und somit etwa in der Höhe und im Verlauf der Oberen Schmiedgasse [25].

In der Frühzeit Nürnbergs bildeten diese Quellen eine einfache und qualitativ einwandfreie Wasserversorgung für die Bürger- und Patrizierhäuser. Diese natürlich gegebenen, selbstständigen Wasservorkommen sind entsprechend der Flächenausdehnung der Tonlagen in den Burgsandsteinen jedoch nicht sehr groß. Im Bereich des Nürnberger Burgberges beträgt ihre Fläche nur rund 2 km². Weil zudem das Grundwasser die Burgsandsteine nur relativ langsam durchsickert, war diese Art der Wassergewinnung nicht sehr ergiebig. So betrug nach den Überschlagsberechnungen von FISCHER (1912) [23] selbst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die gesamte Wasserförderung aus den Nürnberger Quellfassungen lediglich 16 L/s.

Um nun noch mehr Grundwasser aus dem Burgberg gewinnen zu können, orientierte man sich auch hierbei geschickt an den vorliegenden hydrogeologischen Verhältnissen. Da innerhalb der Burgsandsteine infolge der zwischengelagerten, flächenhaften Tonlagen mehrere Grundwasserhorizonte auftreten, machten sich die Nürnberger "Wasserkundigen" die flächenhafte Ausdehnung der als Grundwasserstauer wirkenden Tonschichten zunutze und gingen dazu über, an deren oberster Schichtgrenze lange begehbare Wasserstollen aufzufahren, um somit auf der gesamten Ganglänge entsprechend große Bereiche der Wasserhorizonte aufzuschließen (Abb. 11). Diese weit verzweigten, bei der Nürnberger Bevölkerung stets geheimnisumwitterten unterirdischen Gänge stellen eine Besonderheit der Wassergewinnung im mittelalterlichen Nürnberg dar, da sie ausschließlich zur Gewinnung von Grundwasser und zu dessen Weiterleitung angelegt wurden.

Damit das so gewonnene Grundwasser einer Entnahmestelle oder einem Schachtbrunnen zugeführt werden konnte, wurde in der Sohle der Wassergänge eine – meist mit gebrannten Ziegelplatten abgedeckte – Ablaufrinne angelegt.

Das Wasser wurde von den Entnahmestollen aus zu möglichst vielen Standorten weitergeleitet. Hierzu wurden an den Mundlöchern der Wasserstollen tiefe und breite Wasserbecken oder -gewölbe mit entsprechenden Fassungsvermögen geschaffen, von denen ausgehend hölzerne oder bleierne Leitungsröhren oder aus dem Fels gehauene Gänge weiter zu den Verbrauchsstellen führten. Diese "Röhrengänge" wiesen im Gegensatz zu den Wassergewinnungsstollen eine nur geringe Höhe auf, so dass man zu Kontrollbefahrungen lediglich durch sie hindurchkriechen konnte [25].

Der älteste, sichere Schriftbeleg über die Wasserstollen stammt aus dem Jahre 1459. Bis heute ist nicht vollständig geklärt, wo überall in der Stadt Nürnberg unterirdische Stollensysteme bestanden haben und wie groß sie insgesamt waren. Das gesamte Netz aller jemals unter der Stadt angelegten Wassergewinnungsstollen kann wahrscheinlich niemals mehr vollständig rekonstruiert werden [25].

Da aus den Felsengängen des Burgbergs meist nur relativ wenig Trinkwasser gewonnen werden konnte, war man schließlich dazu übergegangen, stark schüttende Quellen außerhalb der Stadtmauern zu fassen und deren Wässer über unterirdische Gänge und Rohrleitungen in die Reichsstadt einzuleiten. So erfolgte beispielsweise die Wasserversorgung des "Schönen Brunnens" am Hauptmarkt aus zwei in Gleißhammer gelegenen Quellen, aus denen mit hohem Aufwand über zwei Holzröhrenleitungen etwa 3000 L/h in den Brunnen eingespeist wurden [43]

Bedingt durch den starken wirtschaftlichen Aufschwung wuchs im ausgehenden Mittelalter die Bevölkerungszahl der Freien und Reichsstadt Nürnberg beständig an: Im 15./16. Jahrhundert lebten und arbeiteten in Nürnberg rund 50.000 Einwohner [14]. Für diese große Menschenanzahl konnte der Wasserbedarf mit den in den Felsengängen gewonnenen Wassermengen keinesfalls gedeckt werden.

So erfolgte schließlich der Hauptanteil der reichsstädtischen Wasserversorgung durch Grundwasserbrunnen (Abb. 12), wobei die meisten dieser Brunnen wohl nur in die oberflächennahen Aquifere des Blasen-, Stuben- und Unteren Burgsandsteins abgeteuft worden sind [2].

Die Vielzahl der Grundwasserbrunnen ist heute kaum noch vorstellbar.

Nach Aufzeichnungen des TUCHER'schen Baubuches [40] gab es 1459 in Nürnberg 96 öffentliche Brunnen wie z.B. den bis zum Zwischenletten des Stubensandsteins abgeteuften Doppelziehbrunnen am Tiergärtnertor.

In der Sebalder Stadtseite wurden im Jahre 1766 Pegelmessungen der dortigen Brunnenspiegel durchgeführt: Hierbei ergab sich, dass in diesem Areal der Grundwasserspiegel zwischen 0,60 m und 7 m unter der Geländeoberkante an-

stand [46]. Die Gesamttiefe der mittelalterlichen Brunnenschächte betrug zwischen 6 m und 15 m, wobei die einzelnen Brunnen teils ausgemauert, teils aus dem anstehenden Sandstein ausgebrochen waren. Bis zum Jahr 1810 stieg die Anzahl der öffentlichen Brunnen auf 137 an. Diesen allgemein zugänglichen Brunnenanlagen standen zu diesem Zeitpunkt noch 1065 private Brunnenschächte gegenüber, wobei deren Anzahl für die vorangegangenen Jahrhunderte auf 2000 bis 3000 geschätzt wird [26].

Schon seit Beginn des 19. Jahrhunderts und vor allem aufgrund der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war die Stadt Nürnberg gezwungen, wegen des immensen Zuzugs von Arbeitnehmern und den hierdurch überraschend angestiegenen Wasserverbrauch ihre Wasserversorgung grundlegend zu erweitern. Infolge der Einführung der zentralen städtischen Wasserversorgung benötigte man die alten unterirdischen Wasserstollen nicht mehr zur Gewinnung und Verteilung des Wassers. Die Gangsysteme und Stollen wurden nicht mehr instand gehalten und gerieten zunehmend in Vergessenheit. Auch die privaten Grundwasserbrunnen mussten um 1860 stillgelegt werden und wurden großenteils verfüllt.

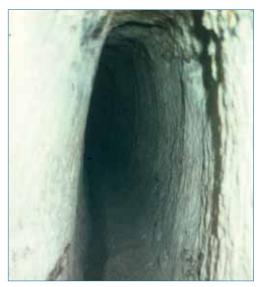


Abb. 11: Mittelalterlicher Wassergewinnungsstollen in den Sandsteinschichten des Burgbergs; Foto: HERPPICH.



Abb. 12: Der "Wolframsbrunnen" (im Keller des Anwesens Lorenzer Str. 5)

#### 1.3. Trinkwasser für Nürnberg

(N-ERGIE - Dr. Miriam Bergold und Thomas Ries)

"Wasser ist Leben" – dies gilt für jeden einzelnen von uns und ganz genauso auch für das Leben und die Entwicklung der Stadt Nürnberg.

Ein Bürger in Deutschland benötigt heute durchschnittlich 123 Liter Trinkwasser am Tag. In Summe speist die N-ERGIE Aktiengesellschaft derzeit jährlich rund 33 Mio m³ Trinkwasser in die Versorgungsnetze von Nürnberg und Schwaig ein. Dies entspricht ca. einem Viertel des Speichervolumens des Brombachsees.

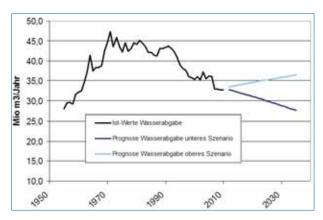


Abb. 13: Entwicklung der Trinkwasserabgabe der N-ERGIE Aktiengesellschaft und Prognose

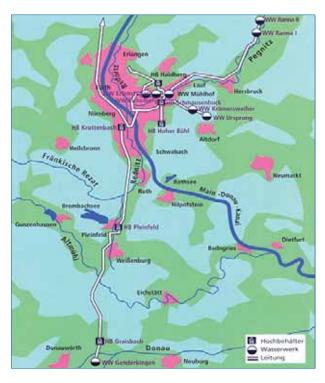


Abb. 14: Wasserversorgung der Stadt Nürnberg

#### Entwicklung und Prognose des Wassergebrauches

Seit den 90-er Jahren beobachten wir einen deutlichen Rückgang der Wasserabgabe. Der technische Fortschritt sowohl bei Haushaltsgeräten und Sanitärarmaturen als auch in betrieblichen Prozessen führte gemeinsam mit einem geänderten Verbraucherverhalten zu einer deutlichen Verringerung der Wasserabgabe.

## Wie wird sich der Wasserbedarf für Nürnberg in Zukunft weiterentwickeln?

Da der weitaus überwiegende Anteil der Wasserabgabe heute für Haushalte und kleinere Gewerbebetriebe benötigt wird, ist Grundlage aller Szenarien die Bevölkerungsprognose für Nürnberg [1]. Es wird damit gerechnet, dass die Einwohnerzahl der Stadt auch zukünftig bei ca. 500.000 liegen wird.

Ergänzt wird dies durch Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung des pro-Kopf-Bedarfes, der verschiedenen Einflüssen unterliegt. So lässt sich zum Beispiel feststellen, dass Personen, die in ein- und zwei-Personenhaushalten leben, im Schnitt pro Kopf einen höheren Wasserbedarf verzeichnen als Personen, die Teil eines großen Haushaltes sind. Daraus lässt sich schließen, dass eine Zunahme des Anteils kleiner Haushalte in der Tendenz zu einer Zunahme des pro-Kopf-Bedarfes führt. Ähnlich wirken Entwicklungen in punkto Hygiene und Komfort.

Auf der anderen Seite haben wir in der Vergangenheit auch in Nürnberg einen deutlichen Rückgang des pro-Kopf-Bedarfes beobachtet. Ursache war unter anderem die zunehmende Ausstattung der Haushalte mit wassersparenden Geräten und Sanitäreinrichtungen. Dieser Prozess ist vermutlich im Wesentlichen – aber noch nicht vollständig - abgeschlossen. Hinzu kommt die Unsicherheit, in welchem Umfang und in welche Richtung sich Verhaltensänderungen der Verbraucher auswirken [18]. Aus unterschiedlichen Annahmen zum Verbrauchsverhalten lässt sich ein Korridor (Abb. 13) für den zukünftigen Wasserbedarf ableiten.

#### Woher kommt Nürnbergs Trinkwasser

Die Wasserversorgung der Stadt Nürnberg ist für die Zukunft gut gerüstet:

Rund ein Drittel der erforderlichen Wassermenge kommt aus dem Wasserwerk Genderkingen bei Donauwörth. Ein weiteres Drittel aus den Quellfassungen der fränkischen Alb des Wasserwerkes Ranna und das letzte Drittel stellen die nahe Nürnberg gelegenen Wasserwerke Ursprung, Krämersweiher, Erlenstegen und Eichelberg zur Verfügung.

In allen Gewinnungsgebieten werden die Grundwasserstände seit Jahrzehnten regelmäßig beobachtet. Die Messungen zeigen, dass die Grundwasserstände Schwankun-

16

gen in Abhängigkeit von Witterungsverlauf und Entnahme unterliegen, im langjährigen Mittel aber stabil sind. Die Grundwasserleiter werden also nicht übernutzt und stehen auf Dauer für die Versorgung der Stadt zur Verfügung.

#### Das Wassergewinnungsgebiet Erlenstegen

Das seit 1886 erschlossene Gewinnungsgebiet im Nürnberger Stadtteil Erlenstegen ist die einzige ortsnahe Anlage der Stadt.

Die 96 Heberbrunnen der Wasserwerke Erlenstegen und Eichelberg fördern das Grundwasser aus dem Talgrundwasserleiter der Pegnitz. Die Brunnen sind in den Sanden und Kiesen verfiltert und entnehmen das Grundwasser, im Durchschnitt. 4,3 Mio m³/Jahr, über zwei Sammelschächte mit zentralen Pumpen. Danach wird das im Grundwasser natürlich enthaltene Eisen und Mangan über große Kiesfilter entfernt.

#### Wasserschutzgebiet Erlenstegen

Zum Schutz der Ressource Grundwasser liegt am östlichen Stadtrand das Wasserschutzgebiet Erlenstegen. Es ist in 3 Zonen mit verschiedenen Anforderungen und Verboten unterteilt:

- Der Fassungsbereich ist eingezäunt, hier gilt: Betreten verboten, außer durch Werksangehörige.
- Für die engere Schutzzone gilt ein Verbot aller baulichen Anlagen, so dürfen z.B. keine Gebäude, Straßen oder Einfriedungen errichtet werden. Die landwirtschaftliche Nutzung ist stark eingeschränkt.
- In der weiteren Schutzzone A gilt neben anderem, dass hier der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen verboten bzw. sehr stark eingeschränkt ist. Baumaßnahmen sind unter Beachtung von Auflagen möglich.

Die genauen Regelungen finden sich in der Wasserschutzgebietsverordnung, die bei der N-ERGIE angefordert werden kann.

Das von der N-ERGIE abgegebene Trinkwasser ist qualitativ einwandfrei und kann jederzeit direkt aus dem Wasserhahn genossen werden.

\*\*Maschinenhaus\*\*

\*\*Piltzerboden\*\*

\*\*Pi

Abb. 15: Fließschema Wasserwerk Erlenstegen

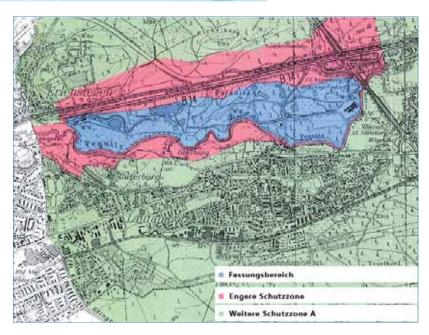


Abb. 16: Wasserschutzgebiet Erlenstegen

# 1.4. Bewässerung des Knoblauchslandes Wasserbeileitung Knoblauchsland Nürnberg

(Wasserwirtschaftsamt Nürnberg - Udo Kleeberger)

Seit jeher versorgen die Äcker nördlich von Nürnberg das Siedlungsgebiet rund um Nürnberg mit ortsnah erzeugtem Frischgemüse. Heute ist das Knoblauchsland mit 2300 Hektar Bayerns größtes zusammenhängendes Gemüseanbaugebiet.

Um auf diesen sandigen, leichten Böden konkurrenzfähig wirtschaften zu können, war und ist eine künstliche Beregnung unerlässlich. Leider sind die Grundwasservorräte im oberen Grundwasserstockwerk im Knoblauchsland nicht sehr ergiebig (wenig Niederschläge und keine gut speicherfähigen Gesteine), sodass schnell eine Konkurrenzsituation um das kostbare Nass entstanden ist, und eine Vielzahl von gering ergiebigen Brunnen gebohrt werden musste.

Im Jahre 1960 haben sich deshalb viele Landwirte aus dem Knoblauchsland zu einem Beregnungsverband (Wasserverband Knoblauchsland) zusammengeschlossen, um so die gemeinsame Grundwasserbewirtschaftung besser steuern zu können. Trotzdem wurde das Grundwasser im Laufe der Jahre immer knapper, und selbst die problematische Erschließung von Tiefengrundwasser brachte auf Dauer keine Entspannung.

Aber auch qualitativ verschlechterte sich die Situation im oberen Grundwasserstockwerk zunehmend, besonders die Konzentration von Nitrat im Grundwasser stieg immer weiter an. Dies war besonders bedenklich, da im Abstrom des Knoblauchslandes Anlagen zur Trinkwassergewinnung stehen, die dadurch qualitativ gefährdet waren.

In einem ersten Schritt wurden daraufhin die bestehenden Verhältnisse mit Grundwassermodellen auf der Basis von mehreren Stichtagsmessungen untersucht. Diese Untersuchungen wurden unter der Leitung des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg durchgeführt, und zeigten, dass eine Lösung nur im Einvernehmen von Landwirtschaft und Wasserwirtschaft möglich ist.

Es mussten Lösungen gefunden werden, die zum Einen den Erhalt der wertvollen Kulturlandschaft gewährleisten und zum Anderen wasserwirtschaftliche Ziele ausreichend berücksichtigen. Sämtliche Planungen zu dem Projekt wurden vom Wasserwirtschaftsamt Nürnberg durch ein Sondersachgebiet koordiniert. Die Finanzierung der notwendigen Baumaßnahmen erfolgte zu 50 Prozent durch den Freistaat Bayern und zu 50 Prozent durch die Verbandsmitglieder, anteilig nach den jeweiligen Beregnungsflächen.

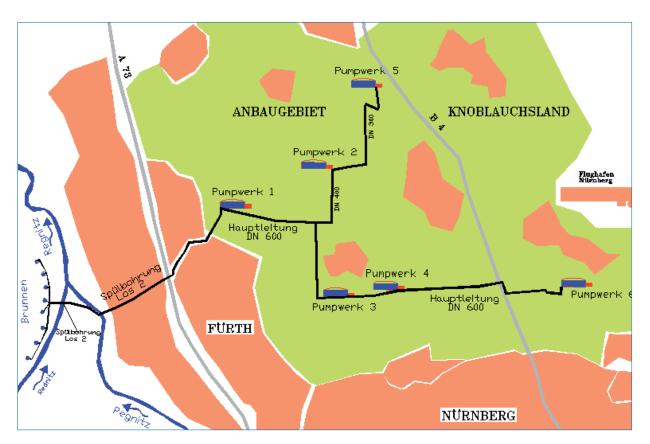


Abb. 17: Speicherbecken im Knoblauchsland (Quelle: WVK)

Der Verband verpflichtete sich unter anderem im Gegenzug zum Rückbau der Tiefbrunnen und zum Einsatz von Grundwasser schonender Beregnungstechnik. Zur technischen Lösung des Problems war es erforderlich, ein möglichst nahe gelegenes Gewinnungsgebiet zu finden, in dem über wenige Brunnen eine nur saisonal erforderliche, große Grundwassermenge mit guter Qualität nachhaltig und umweltschonend gewinnbar ist.

Schnell wurde deutlich, dass dies bei unseren geologischen Verhältnissen nur in den Lockersedimenten entlang der Rednitz/Regnitz (deren Wasserführung durch die Überleitung von Donau- und Altmühlwasser unterstützt wird) als sogenanntes Uferfiltrat möglich ist. So wurde schließlich als Standort für die neuen Brunnen des Wasserverbandes Knoblauchsland der Mündungsbereich der Pegnitz in die Rednitz in Fürth (Kapellenruh) erkundet und zum Gewinnungsgebiet ausgebaut, nachdem alle wasserrechtlichen Genehmigungen für die Entnahme erteilt waren.

Über wenige flache Hochleistungsbrunnen in unmittelbarer Nähe zum Gewässer ist es dort möglich, kurzzeitig bis zu 600 Liter pro Sekunde qualitativ hochwertiges Grundwasser zu gewinnen.

Große technische Herausforderungen waren noch zu bestehen, um das geförderte Grundwasser ins Knoblauchsland zu befördern und es dort zwischen zu speichern und zu verteilen, unter möglichst weitgehender Verwendung der vorhandenen Rohrleitungen unterschiedlichster Bauweise.

So entstand zum Beispiel unter dem dicht bebauten Fürther Stadtteil Ronhof hindurch die mit 1100 Meter damals längste, gesteuerte Horizontalbohrung (dieses Durchmessers) der Welt, in die schwimmend Gussrohre DN 600 eingezogen wurden. Die Bohrung verläuft dabei bogenförmig und hat bis zu 32 Meter Überdeckung durch Festgestein; das zu treffende Zielfenster war rund einen Quadratmeter groß und lag am Fuße der Böschung des Frankenschnellwegs.

Im Knoblauchsland weithin sichtbar sind die großen, überdachten Rundbecken, die in Spitzenzeiten des Verbrauches die Speicherung eines kompletten Tagesbedarfs ermöglichen

Als Fazit nach Abschluss des Projektes, seit 2003, kann Folgendes festgestellt werden:

Durch die Beileitung von Fremdwasser zur Beregnung wird langfristig nicht nur die Wasserknappheit im Knoblauchsland gemildert, sondern auch die Grundwasserqualität nachhaltig verbessert, da das Grundwasser aus dem Uferfiltrat der Rednitz nur sehr wenig Nitrat enthält.

Entsprechende Entwicklungen sind an Messwerten bereits erkennbar; bis zu einer völligen Erholung des oberflächennahen Grundwasserkörpers wird es allerdings noch einige Zeit dauern, da das Grundwasser ein "gutes Gedächtnis" besitzt.

Durch den qualifizierten Rückbau der stockwerkübergreifend verfilterten Tiefbrunnen wurde verhindert, dass weiterhin über die Brunnen mit Nitrat belastetes, oberflächennahes Grundwasser in das geologisch eigentlich gut geschützte Tiefengrundwasser im Benker Sandstein absickern kann.

Die strategisch weitsichtige und nachhaltige Entscheidung zur Umsetzung des Projektes Wasserbeileitung Knoblauchsland sichert auf lange Zeit den Bestand und die gesunde wirtschaftliche Weiterentwicklung des Gemüseanbaus im Knoblauchsland. Das Projekt sichert damit das kulturell und gesamtökologisch bedeutsame Gemüseanbaugebiet für die Nahversorgung der Nürnberger Bürger mit Frischgemüse.

Auch die wasserwirtschaftlichen Zielsetzungen (Schutz des Tiefengrundwassers, Rückgang der Nitratbelastung im oberen Grundwasserstockwerk) werden in der Zukunft erreicht werden. Somit hat sich langfristig und nachhaltig die gute Kooperation zwischen allen Projektpartnern für alle Beteiligten gelohnt.



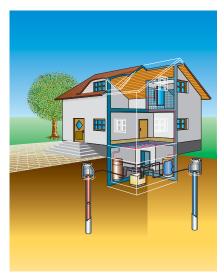
Abb. 18: Gemüseanbau im Knoblauchsland



Abb. 19: Speicherbecken im Knoblauchsland (Quelle: WVK)

#### 1.5. Oberflächennahe Geothermie in Nürnberg

(Landesamt für Umwelt – Marcellus Schulze und Dr. Timo Spörlein)





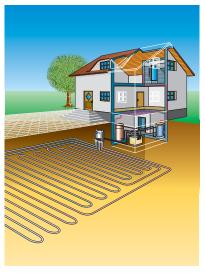


Abb. 20: Wärmeentzugsverfahren der oberflächennahen Geothermie: Grundwasser-Wärmepumpenanlage mit Förder- und Schluckbrunnen, Erdwärmesondenanlage und Erdwärmekollektoranlage. (Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.)

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie hat in den letzten Jahren einen starken Anstieg erfahren. Bei fachgerechter Auslegung der Anlagen zur Nutzung der Erdwärme bietet die Technologie ein hohes  $\mathrm{CO_2}$ -Einsparpotential und eine Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen. Im Gegensatz zu den anderen erneuerbaren Energien steht die Erdwärme rund um die Uhr zu jeder Jahreszeit zur Verfügung (grundlastfähig) und kann zum Heizen und zum Kühlen von Gebäuden eingesetzt werden.

Die Energie wird dem Untergrund durch Erdwärmesonde, Förder- und Schluckbrunnen oder Erdwärmekollektoren entzogen. Die Erhöhung der relativ kühlen Temperaturen (8° bis 12° C) aus dem Untergrund auf das Temperaturniveau von Flächenheizungssystemen (30° bis 45° C) wird durch eine zwischengeschaltete Wärmepumpe geleistet.

In der Städteachse Erlangen, Fürth und Nürnberg existieren im bayerischen Vergleich viele Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie (vgl. Karte 2). Im Stadtgebiet Nürnberg liegen aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten grundsätzlich günstige Bedingungen für diese Technologie vor. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist hierbei die thermische Erschließung auf das oberflächennahe, ungespannte Grundwasser sowie auf die Gesteinsschichten bis zur Basis des ersten Grundwasserleiters beschränkt. Im Wesentlichen werden die geologischen Schichten des Burg- und Blasensandsteins und der Lehrberg- und Estherienschichten thermisch genutzt. Dabei wird jedoch immer darauf geachtet, dass die Estherienschichten als geologische Schutzschicht für das Tiefengrundwasser im Benker Sandstein durch die Bohrungen nicht völlig durchteuft werden.

#### Grundwassernutzung

Voraussetzung für eine Nutzung des oberflächennahen Grundwassers für die thermische Versorgung von Gebäuden sind geringe Grundwasserflurabstände, eine hinreichende Ergiebigkeit des Grundwasserleiters (mindestens 1 L/s Grundwasserförderrate pro Kilowatt Energiegewinnung) und geeignete hydrochemische Bedingungen, insbesondere niedrige Eisen- und Mangangehalte.

Derartige Bedingungen existieren bereichsweise in den quartären sandigen und kiesigen Schichten des Regnitzund Pegnitztales (sog. Ur-Pegnitzrinne), mit geringen Flurabständen bei gleichzeitig hohen Ergiebigkeiten des Grundwasserleiters. So konnte aufgrund des großen Grundwasserandrangs im Bereich der Südstadt für eine Anlage zur Gebäudekühlung (mit Grundwasserrückführung) ein Entnahmekontingent in Höhe von 600.000 m³/Jahr genehmigt werden.

Für die thermische Nutzung des Grundwassers ist der Bau von Förder- und Schluckbrunnen erforderlich. Über den Förderbrunnen wird das ca. 8° bis 10° C warme Grundwasser einer Wärmepumpe zugeführt. Diese entzieht über einen Wärmetauscher dem Grundwasser die Energie (Heizfall) oder gibt die Wärme des Gebäudes an das Grundwasser ab (Kühlfall). Um eine nachhaltige Bewirtschaftung des Grundwassers zu erreichen wird das um maximal 4 Kelvin abgekühlte bzw. erwärmte Wasser anschließend über einen Schluckbrunnen wieder in den gleichen Grundwasserleiter reinfiltriert.

Auch außerhalb der gut durchlässigen quartären Rinnenfüllungen kann im Raum Nürnberg unter günstigen Voraussetzungen eine thermische Nutzung des Grundwassers

erfolgen. Hierbei wird über 30 bis 40 Meter tiefe Förderund Schluckbrunnen das Grundwasser des so genannten Sandsteinkeupers erschlossen. Dieser weist im Gegensatz zu den quartären Grundwasserleitern in der Regel deutlich geringere Ergiebigkeiten auf. In Anbetracht der hohen Gestehungskosten und Betriebskosten aufgrund der großen Grundwasserförderhöhen stoßen diese Anlagen häufig an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit. Problematisch können sich auch hohe Eisen- und Mangangehalte wegen der Verockerungsgefahr auswirken. In den für eine direkte Nutzung des Grundwassers ungünstigen Bereichen werden bevorzugt Erdwärmesonden gebaut.

Um die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse bewerten zu können, ist bereits im Vorfeld des Anlagenbaus ein hydrogeologisches Gutachten mit einer Grundwasseranalyse erforderlich. Für den anschließenden Bau und Betrieb der Anlage wird eine wasserrechtliche Erlaubnis benötigt. Die wasserwirtschaftliche Begutachtung und Bauabnahme von Grundwasser-Wärmepumpenanlagen bis 50 kJ/s erfolgt durch einen für diesen Fachbereich zugelassenen Privaten Sachverständigen der Wasserwirtschaft (PSW) für thermische Nutzung des Grundwassers, der durch den Bauherrn zu beauftragen ist.

#### Erdwärmesonden

Im Nürnberger Raum ist besonders die Nutzung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden stark verbreitet. Erdwärmesonden sind vertikale oder schräge Bohrungen, in die in der Regel zwei U-förmig gebogene Kunststoffrohre eingebracht werden. Der Hohlraum zwischen den Kunststoffrohren und der Bohrlochwand wird mit einem Spezialzement verpresst. Durch die Kunststoffrohre zirkuliert ein Wärmeträgermittel (Wasser-Glykol-Gemisch, Wassergefährdungsklasse 1) das den Energietransfer zwischen dem Untergrund und der Wärmepumpe leistet.

Nach den Vorgaben des "Leitfadens für Erdwärmesonden in Bayern" (http://www.bestellen.bayern.de) dürfen dabei grundwasserstockwerkstrennende Schichten grundsätzlich nicht durchbohrt werden. Der Bau und Betrieb von Erdwärmersonden und geothermischen Brunnenanlagen im 2. Grundwasserstockwerk, dem Benker Sandstein, ist nicht zulässig. Die zulässigen Bohrtiefen liegen zwischen 60 Metern im Südwesten und über 120 Metern im Südosten von Nürnberg. Im Norden und im Zentrum von Nürnberg sind Bohrtiefen von maximal 70 bis 80 Metern möglich.

Ausschlaggebend für einen effizienten Betrieb der Anlagen ist eine fachgerechte Auslegung der Anlage in Abhängigkeit von den zu erwartenden geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen. Der bedeutendste gesteinsphysikalische Parameter für die Auslegung ist die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine. Diese liegt bei den Sand-, Schluff- und Tonsteinen im trockenen Zustand zwischen 1,2 und 1,7 W/m·K. Zentrale Bedeutung für den Energieaustausch im Untergrund hat das Grundwasser. In wassergesättigten Sandsteinen sind

Wärmeleitfähigkeiten von bis zu 3,7 W/m·K messbar. Die Grundwasserstände im Stadtgebiet Nürnberg erreichen 1 bis 15 Meter unter der Geländeoberfläche. Somit sind die meisten Grundwasser leitenden Gesteinseinheiten wassergesättigt und weisen deshalb hohe Wärmeleitfähigkeiten auf. Hier erfolgt neben dem konduktiven Wärmetransport durch die Gesteine ein konvektiver Wärmestrom durch das fließende Grundwasser. Die Grundwasser stauenden Schichten sind ebenfalls wassergesättigt und weisen höhere Wärmeleitfähigkeiten auf. Sogenannte Thermal Response Tests in der Umgebung von Nürnberg haben mittlere Wärmeleitfähigkeiten für 80 bis 100 Meter tiefe Erdwärmesonden von 2,5 bis 2,7 W/m·K ergeben. Allerdings sind die Ergebnisse solcher Tests nur für den jeweiligen Standort maßgeblich und können nicht ohne weiteres auf andere Projekte übertragen werden.

Für den Bau und Betrieb einer Erdwärmesondenanlage ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich. Im Bereich des oberflächennahen, nicht gespannten Grundwassers (außerhalb von Wasserschutzgebieten und Altlastenverdachtsflächen) ist für die wasserwirtschaftliche Beurteilung des Vorhabens und die Abnahme der Anlage die Beauftragung eines Privaten Sachverständigen der Wasserwirtschaft (PSW) erforderlich.

#### Erdwärmekollektoren

Eine bei ausreichender Fläche kostengünstige Variante die Erdwärme zu nutzen sind Erdwärmekollektoren. Erdwärmekollektoren bestehen aus einem Rohrregister, das in 1 bis 1,5 Metern Tiefe flach im Boden ausgelegt wird und in dem das Wärmeträgermittel für die Wärmeübertragung zirkuliert.

Aufgrund des in der Regel großen Flächenbedarfs (Kollektorfläche umfasst ca. das Zweifache der zu beheizenden Wohnfläche) und der nicht möglichen Überbaubarkeit sind herkömmliche Erdwärmekollektoren in urbanen Gebieten wenig verbreitet. Neuerdings kommen Sonderbauformen von Erdwärmekollektoren, wie Grabenkollektoren, Helixsonden, Erdwärmekörbe zum Einsatz, die platzsparend installiert und zum Teil überbaut werden können.

Weitere Informationen zum Thema Oberflächennahe Geothermie mit Informationsbroschüre "Oberflächennahe Geothermie" und Leitfaden "Erdwärmesonden in Bayern" unter: http://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/geothermie oberflaechennah/index.htm/ .





#### 1.6. Grundwassernutzungen im Stadtgebiet im Überblick

Grundwasser ist eine lebensnotwendige aber auch für viele andere Zwecke geschätzte Ressource. Es dient neben der Trinkwasser-, Not- und Löschwasserversorgung vor allem Betrieben als Brauchwasser für die Produktion, zur Beregnung landwirtschaftlicher Flächen und gewinnt zunehmend an Bedeutung für Kühlzwecke bzw. zur Wärmegewinnung. Außerdem wird es vielfach für die Gartenbewässerung genutzt (Abb. 22).

Im Stadtgebiet wird über mehr als 2100 Brunnen Grundwasser entnommen (Karte 2).

Wasserrechtliche und umweltfachliche Überprüfungen tragen Sorge dafür, dass die Grundwasserbenutzungen schonend und nachhaltig erfolgen. Der Schutz der Grundwasservorräte vor qualitativer Beeinträchtigung und Überbeanspruchung hat bei der Vergabe von Wasserrechten höchste Priorität.

#### Betriebliche Grundwassernutzungen

Die betrieblichen Grundwassernutzungen bilden, neben der Trinkwassergewinnung, den größten Anteil der Grundwasserentnahmen im Stadtgebiet. Neben einigen Großverbrauchern, wie z.B. die Deutsche Bahn, die städtischen Klärwerke I und II, und der Tiergarten, fördern 51 Gewerbebetriebe mittels 112 Brunnen ihr eigenes Brauch-, Betriebs- und Kühlwasser (Industriebrunnen). Die Wasserentnahmekontingente (erlaubte Wassermengen) der Industriebrunnen belaufen sich auf insgesamt rund 9,8 Mio m³/Jahr. Hiermit werden grundsätzlich auch gelegentliche Bedarfsspitzen der einzelnen Verbraucher abgedeckt. Die tatsächlich entnommene Grundwassermenge ist in der Regel deutlich geringer. Erfahrungsgemäß werden nur rund 40-50 % des Entnahmekontingents tatsächlich gefördert.

Bereits im Grundwasserbericht 2000 [33] war eine Tendenz zur Reduzierung der Grundwasserförderung für betriebliche Zwecke (seit Beginn der 90 er Jahre) festgestellt worden. Dieser Trend hielt die letzten 10 Jahre weiter an. So wurden seit 1999 Erlaubnisse von 21 Brunnenanlagen mit einem Gesamtkontingent von rund 1,8 Mio m³ widerrufen.

Gleichzeitig wurden 8 neue Industriebrunnenanlagen neu errichtet. Diese dienen mit einer Ausnahme zu Kühlzwecken. Hier wird zum Großteil das entnommene Grundwasser über Schluckbrunnen wieder zurückgeführt, so dass der Grundwasserhaushalt ausgeglichen bleibt.

#### Landwirtschaftliche Grundwassernutzungen

In Nürnberg gibt es aufgrund der im Norden des Stadtgebietes auf Gemüseanbau spezialisierten Landwirtschaft einen besonders hohen Wasserbedarf zur Bewässerung (Abb. 23).

Insgesamt gibt es im Stadtgebiet 355 Beregnungsbrunnen mit einem genehmigten Entnahmekontingent von insgesamt 3,6 Mio m³/Jahr.

Im Knoblauchsland befinden sich 2/3 aller im Stadtgebiet vorhandenen Beregnungsbrunnen. Davon wurden mittlerweile, in Folge der Wasserbeileitung aus dem Rednitztal (Kap. 1.4.), rund 50 Brunnen des Wasserverbandes Knoblauchsland mit einem Kontingent von 1,5 Mio m³ stillgelegt. Somit haben sich die genutzten Entnahmekontingente im nördlichen, landwirtschaflich geprägten Stadtgebiet auf  $\sim$  0,7 Mio m³ reduziert. Sie verteilen sich auf ca. 180 Privatbrunnen. In der Regel werden auch hier die Entnahmekontingente nicht vollständig ausgeschöpft (2009: Förderung von 47 % der erlaubten Wassermenge).

Da sich die Grundwasservorräte von der vorausgegangenen Überbeanspruchung trotz des neuen Bewässerungssystems aktuell noch nicht erholt haben, können nach wie vor im Knoblauchsland keine neuen Brunnen für die Sommerberegnung genehmigt werden (Kap. 3.2.5.).

Die anderen ca. 125 Beregnungsbrunnen verteilen sich vor allem in den äußeren Stadtgebieten und werden in der

Hauptsache von Gärtnereien und Sportvereinen betrieben. Außerdem wird das Grundwasser zur Bewässerung größerer Freiflächen von Wohnanlagen und Parkflächen als auch für die landwirtschaftliche Bewässerung im Süden Nürnbergs genutzt.

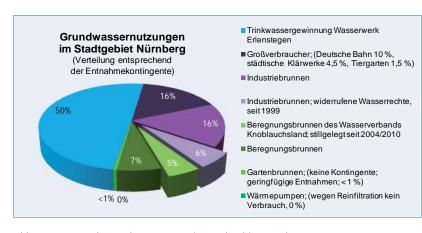
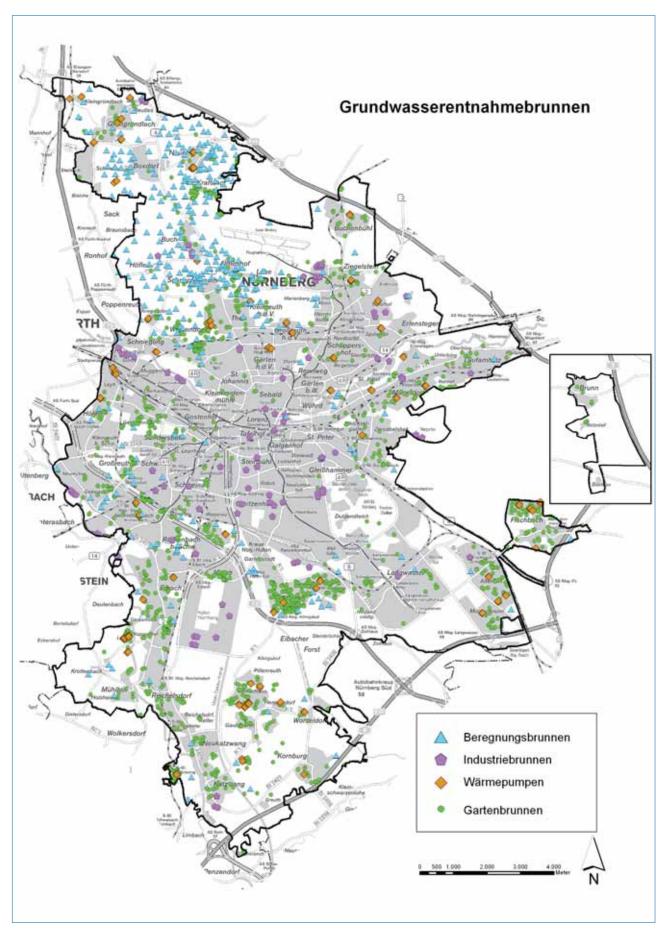


Abb. 22: Grundwasserbenutzungen im Stadtgebiet Nürnberg



Karte 2: Verteilung der Grundwasserentnahmebrunnen im Stadtgebiet Nürnberg

#### 1. Bedeutung des Grundwassers



Abb. 23: Beregnung im Knoblauchsland





Abb. 24: Beispiele für Notbrunnen (Handschwengelbrunnen in Eibach im oberen Bild Lufthebeanlage an der Salzbrunnerstr. im unteren Bild)

#### Gartenbrunnen

Gartenbrunnen dienen der Bewässerung von Hausgärten sowie von Gärten in Kleingartenanlagen, die nicht über einen Wasseranschluss vefügen. Der Wasserbedarf ist bei Entnahmemengen von < 100 m³/Jahr im Vergleich zu anderen Grundwasserbenutzungen sehr gering.

Im Stadtgebiet sind die Voraussetzungen für die Errichtung von Gartenbrunnen aufgrund der oft relativ nahe unter Flur vorkommenden Grundwasservorräte meist sehr gut. Es gibt ca. 1500 Gartenbrunnen in Nürnberg.

Einschränkungen gibt es lediglich in Wasserschutzgebieten, in denen grundsätzlich keine Bohrungen erlaubt sind, und im Knoblauchsland sowie in Buchenbühl hinsichtlich der Brunnentiefe.

Die Grundwasserbeschaffenheit kann je nach Lage im Stadtgebiet und Entnahmetiefe sehr unterschiedlich sein. Das Wasser aus Gartenbrunnen ist in jedem Fall kein Trinkwasser. Solche Brunnen dürfen deshalb nicht mit der eigenen Hausinstallation verbunden werden. Eine Vermischung im Leitungsnetz ist auf alle Fälle zu vermeiden.

#### Private Trinkwasserbrunnen

Die Trinkwasserversorgung im Stadtgebiet erfolgt durch die N-ERGIE (Kap. 1.3.). Sie stellt die einwandfreie Qualität des Trinkwassers sicher. Nur in Gebieten, die nicht an das Trinkwassernetz angeschlossen sind, können Brunnen für eine Trinkwassernutzung genehmigt werden. Im Stadtgebiet liegen wenige solche Bereiche vor (z.B. am Roten Bühl). Es gibt insgesamt 31 Trinkwasserbrunnen im Stadtgebiet. Das Wasser muss regelmäßig einer Analyse unterzogen werden, um die Trinkwasserqualität sicher zu stellen.

#### Notbrunnen

Notbrunnen können die Nürnberger Bevölkerung im Katastrophenfall mit Trinkwasser versorgen. Insgesamt befinden sich 119 Notbrunnen in Nürnberg und sind je nach Einwohnerzahl und förderbaren Wassermengen im Stadtgebiet verteilt. Die Notwasserversorgung ist so ausgelegt, dass pro Kopf und Tag 15 Liter Wasser abgegeben werden können.

Die Brunnen unterscheiden sich hinsichtlich der Fördertechnik. Es gibt Handschwengelbrunnen, Brunnen mit Unterwasser-Motorpumpe und Brunnen, die mittels einer Lufthebeanlage das Grundwasser zu Tage befördern. Notbrunnen sind regelmäßig zu warten und auf die Grundwasserbeschaffenheit hin zu prüfen. Ortsbegehungen, Prüfungen der Funktionstüchtigkeit sowie Grundwasserstandsmessungen finden mindestens einmal, in der Regel zweimal pro Jahr statt.

Eine umfassende Grundwasseranalytik wird nach Bedarf, mindestens jedoch alle 5 Jahre, durchgeführt. Notbrunnen sind hinsichtlich der Grundwasserqualität, abhängig von der Art des Katastrophenfalls, teilweise von der Bewertung nach der Trinkwasserverordnung (TVO) ausgenommen und werden bei Bedarf vom Amtsarzt freigegeben. Sie dienen nur in besonderen Situationen der Versorgung mit Trinkwasser und werden nur über verhältnismäßig kurze Zeiträume genutzt. Das geförderte Wasser wird im Bedarfsfall von der Feuerwehr zusammen mit Chlortabletten und einem Hinweiszettel zur Aufbereitung (z.B. Erfordernis des Abkochens) an die Bevölkerung ausgegeben.

#### Geothermische Nutzungen

Die bereits im Kapitel 1.5. "oberflächennahe Geothermie in Nürnberg" genannten Möglichkeiten der geothermischen Nutzungen werden vielfach in Nürnberg eingesetzt.

Die Anzahl der Wärmepumpenanlagen, die das Grundwasser direkt zur Energiegewinnung nutzen, ist im Stadtgebiet mit Beginn der 80 er Jahre relativ kontinuierlich angestiegen und beläuft sich zum Stand 2010 auf insgesamt 95 Anlagen.

Die Energiegewinnung über Erdwärmesonden gewinnt insbesondere in den letzten 5 Jahren sowohl bei privaten Haushalten als auch bei Gewerbetreibenden an Attraktivität. Die Anzahl der Neuanlagen beläuft sich in den letzten 5 Jahren auf rund 30 pro Jahr. Ende 2010 gab es im Stadtgebiet Nürnberg einen Gesamtbestand von 138 Geothermieanlagen mit insgesamt 841 Einzelsonden. In der Regel werden Anlagen mit 3-4 Sonden zum Heizen von Wohngebäuden genutzt. Es gibt jedoch auch größere Sondenfelder von mehr als 10 Sonden (max. 90 Sonden), die dann größere Bürokomplexe, Rechenzentren oder Lagerhallen klimatisieren. Über die Lebensdauer und langfristige Sicherheit der Anlagen werden erst nach längerer Betriebsdauer in ca. 10-15 Jahren aussagekräftige Erkenntnisse vorliegen.

Die Anzahl von Erdwärmekollektoren im Stadtgebiet wird statistisch nicht erfasst. Erdwärmekollektoren sind nur dann anzeigepflichtig, wenn sie im Grundwasserschwankungsbereich zu liegen kommen.

#### Bauwasserhaltungen

Bei grundwassernahen Standorten oder tiefreichenden Tiefbaumaßnahmen müssen, bis zum Einbau von Bodenplatten, Leitungen (z.B. Kanäle) oder sonstiger Bauwerke (u.a. U-Bahn-Bauten), die Baugruben trocken gehalten werden (Kap. 4.1.). Hierfür wird das anfallende Grundwasser abgepumpt. Nach Möglichkeit ist das geförderte Grundwasser dem Wasserkreislauf durch Versickerung oder durch Ableitung in Oberflächengewässer zurückzuführen.

Im Jahr 2010 war dies in 40 % aller Bauwasserhaltungsmaßnahmen durchführbar. In den anderen Fällen musste das abgepumpte Grundwasser kostenpflichtig über die öffentliche Kanalisation abgeleitet werden.

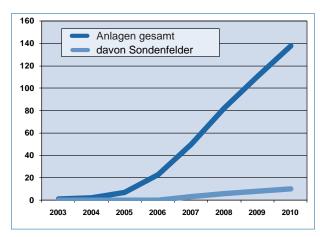


Abb. 25: Anzahl der errichteten Erdwärmesondenanlagen im Nürnberger Stadtgebiet

#### Regenwasser-Versickerungsanlagen

Auch Versickerungsanlagen sind Grundwasserbenutzungen. Sie führen auf technischem Weg das auf befestigten Flächen anfallende und gesammelte Niederschlagswasser dem Grundwasserkörper zu. Aus Gründen des Grundwasserschutzes muss sichergestellt sein, dass das zu versickernde Wasser keine Schadstoffe enthält und/oder in den Grundwasserkörper eintragen kann. Dazu ist eine ausreichende, mindestens 1 m mächtige Deckschicht als Bodenfilter und die Schadstofffreiheit des Untergrundes erforderlich.

Versickerungsanlagen vermindern die negativen Auswirkungen von Versiegelung und Überbauung auf den Grundwasserhaushalt. Seit der Einführung des geteilten Gebührenmaßstabs im Jahr 2000, wonach die Kanalgebühren für die Einleitung von Schmutzwasser und von Niederschlagswasser getrennt voneinander (statt pauschal) berechnet werden, besteht für Grundstückseigentümer zudem ein wirtschaftlicher Vorteil bei der Errichtung von Versickerungsanlagen, da sich die anteiligen Kanalgebühren reduzieren.

Seit dem Jahr 2000 wurden 276 Versickerungsanlagen im Stadtgebiet genehmigt. Insgesamt ist damit eine Fläche von 1.151.461 m² an erlaubnispflichtige Versickerungsanlagen angeschlossen. Zahlreiche weitere Flächen (angeschlossene Flächen je <1000 m²) unbekannter Anzahl werden über erlaubnisfreie Versickerungsanlagen entwässert.

#### 1.6. Stadtentwicklungskonzepte: Projekt "Nürnberg am Wasser"

Wasser hat aufgrund seiner verbindenden Funktion einen besonderen Stellenwert für die räumliche Entwicklung.

Das Projekt "Nürnberg am Wasser" soll Bürger/innen und Besucher/innen der Stadt das Thema Wasser näher bringen und Wasser erlebbar machen. Es ist Teil des Modellprojektes koopstadt und wird im Rahmen der Nationalen Stadtentwicklung vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung gefördert.

Das komplexe Gemeinschaftsprojekt koopstadt, an dem die Städte Bremen, Leipzig und Nürnberg beteiligt sind, ist auf einen Zeitraum von bislang neun Jahren (2007-2015) angelegt. Schwerpunkt hierbei ist der länderübergreifende Wissens- und Erfahrungsaustausch bei aktuellen Stadtentwicklungsprozessen. Innovative Lösungen und das Entwickeln neuer Prozesse und vor allem die Einbeziehung und Beteiligung der Bürger und Bürgerinnen sind wesentliche Ziele. Es sollen individuelle Gestaltungsmöglichkeiten in urbanen Handlungsfeldern eröffnet und für das Engagement von Bürgern und der Wirtschaft geschaffen werden. In Nürnberg werden in fachübergreifend besetzten Gebietsteams Teilgebiete der Stadt, die Altstadt, die Südstadt, die Weststadt und Nürnberg am Wasser, bearbeitet.

"Nürnberg am Wasser" entwickelt ein Konzept zur Vernetzung und Qualifizierung der Wassererlebnisse in der gesamten Region Nürnberg. Weiterhin werden Maßnahmen eines ökologischen und wirtschaftlichen Wassermanagements aufgezeigt. Neben der fachlich systematischen Arbeit und Auswertung vorhandener Konzepte (u.a. Landschaftsplanung, Gewässerpflegepläne) wurden im Gebietsteam gleichgewichtig kreative Lösungswege beschritten.

So wurde in 2009 ein Workshop in Anlehnung an die Methode der Zukunftswerkstatt durchgeführt und Herausforderungen und Handlungsfelder erarbeitet.

In Kooperation mit dem "Verein Geschichte für Alle" werden Wasserspaziergänge angeboten. Die Führung "Mühlen, Bäder, Springende Wasser" steht 2011 im Programm des Vereins.

Im Rahmen einer Artikelserie wird die Öffentlichkeit in der Tagespresse über vielfältige Themen rund um das Wasser informiert; u.a. über:

- eine (wiederentdeckte) Quelle in Zerzabelshof,
- Flussbäder und Bademöglichkeiten,
- Flussinseln,
- den Wöhrder See und
- die Zugänglichkeit des Pegnitztales von der Weststadt.

Mit einem Integrierten Stadtteilentwicklungskonzept (In-Sek) wird bis 2012 eine gesamtstädtische Perspektive mit dem Ziel einer nachhaltigen Einbindung des Wassers in die Stadtentwicklung auf den Weg gebracht. Im Mittelpunkt werden neben der Erlebbarkeit der Gewässer durch ausreichenden Zugang und Freiraum-/Freizeitnutzungen u.a. die gestalterische und funktionale Einbindung in das Stadtbild und durchgängige Wegeverbindungen für Fußgänger und Radfahrer stehen.

Weitere Themen werden die Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer, die Erhöhung des Versickerungsanteils von Niederschlagswasser oder die Schließung von Wasserkreisläufen sein. Dieser wichtige Planungsschritt soll auch unter Beteiligung der Naturschutzverbände sowie der Bürger- und Vorstadtvereine erfolgen.

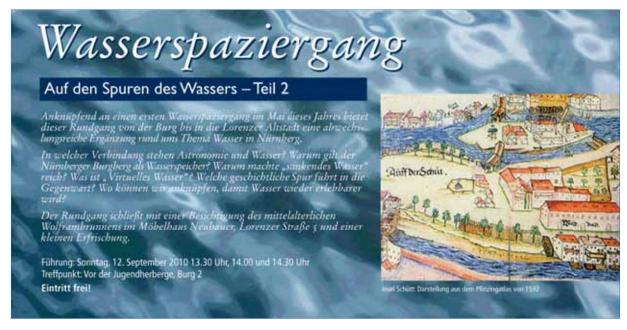


Abb. 26: Flyer Wasserspaziergang (September 2010)

# 2. Hydrogeologie

#### 2.1. Grundlagen der Hydrogeologie Nürnbergs

#### Gliederung der Grundwasservorkommen

Die geologischen Gegebenheiten bestimmen ganz wesentlich die Verbreitung, das Vorkommen, den Chemismus und das Fließverhalten von Grundwasser. Die Geologie im Raum Nürnberg lässt sich grob schematisch relativ übersichtlich und gegliedert darstellen (Abb. 27).

Die Grundwasservorkommen im Nürnberger Raum werden in 2 Hauptgrundwasserstockwerke gegliedert und können im Wesentlichen den Gesteinspaketen "Sandsteinkeuper" und "Benker Sandstein" zugeordnet werden. Getrennt werden die beiden Stockwerke durch die grundwasserstauenden, tonigen "Estherienschichten".

Vielfach befinden sich über dem Sandsteinkeuper Lockersedimente des Quartär. Grundwasservorkommen in den quartären Sedimenten werden dem Stockwerk I (Ia) zugeordnet. Ein Austausch der Grundwässer in Grundwasserstockwerk Ia und den unterlagernden Keupersandsteinen (Grundwasserstockwerk Ib) ist gegeben, da keine hydraulisch wirksamen Trennschichten vorliegen.

#### Das Grundwasserstockwerk I

Für Nürnberg sind die hydraulisch zusammenhängenden Stockwerke la und Ib besonders relevant. Sie stellen den oberflächennahen Grundwasserkörper dar, dessen Ausbildung und jahreszeitliche sowie langfristige Schwankungen für die Fragestellungen von Baumaßnahmen, Grundwasserhaushalt und Grundwassernutzung von größter Bedeutung sind.

Dieses oberflächennahe Grundwasser ist vor allem bei geringmächtiger und sandiger Überdeckung empfindlich gegenüber anthropogenen Einflüssen und Verunreinigungen. Es ist gleichzeitig das Grundwasser, das von der Landwirtschaft, der Industrie sowie von Privatleuten für Beregnung bzw. Brauchwasser gefördert und genutzt wird.

Im Folgenden sollen die geologischen und hydrogeologischen Charakteristika des Grundwasserstockwerkes I kurz beschrieben werden. Die Untergliederung des ersten Stockwerkes in la und Ib ist aufgrund der Unterschiede bei den hydraulischen Eigenschaften der jeweiligen grundwasserführenden Untergrundmaterialien Quartär und Sandsteinkeuper erforderlich.

#### la, Quartär- oberflächennahes Grundwasser

Quartäre Deckschichten sind weit verbreitet und mit unterschiedlichen Ausbildungen und Mächtigkeiten im Stadtgebiet vorzufinden.

Zum einen sind es die Sedimente der quartären Fließgewässer, die überwiegend aus Sanden und Kiesen mit zwischengeschalteten feineren Sedimenten (schluffig-tonigen Lagen) bestehen. Sie wurden in den ehemaligen Talräumen, den Urtalrinnen, abgelagert und können Mächtigkeiten zwischen 2 m und 20 m, stellenweise sogar mehr als 30 m, aufweisen (siehe auch Kap. 2.2.3. "Hydrogeologische Besonderheiten").

Grundwasser- Stockwerke			Schichtfolge	
	Durchlässig- keitsbeiwert [m/s]	Mächtigkeit der Schicht [m]		
la	k <sub>1</sub> = 5x10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-5</sup>	0 - 30	Sande und Kiese Qu	artär
		ca. 90	Burgsandstein	Sandsteinkeuper
	k <sub>f</sub> = 10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup>	ca. 15	Coburger Sandstein	stein
lb		ca. 25	Blasensandstein	Sand
	k= 10 <sup>s</sup>	ca. 30	Lehrbergschichten	
		4 - 30	Schlifsandstein	
Grundwasser- stauer	k <sub>f</sub> = 10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-9</sup>	20 bis 30	Estherienschichten	<b>Gipskeuper</b>
II	k≓ 10 <sup>-5</sup>	ca. 90	Benker Sandstein	Gipsk

Abb. 27: Grundwasserstockwerke und Schichtenfolge des Untergrundes von Nürnberg

#### 2. Hydrogeologie



Abb. 28: Sanddüne im Erlenstegener Forst, in der Nähe des Tierheimes

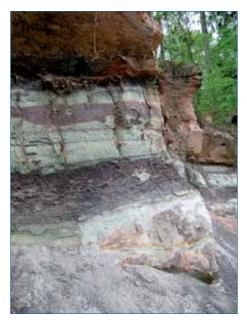


Abb. 29: Burgsandstein mit Zwischenletten im Bereich des Tiergarten Nürnberg

Zum anderen treten besonders im Nürnberger Süden eher flachgründig, dafür aber flächenhaft verbreitet Flugsandablagerungen (zum Teil auch Dünensande) auf, die durch Verwehungen über der ehemals weitgehend vegetationslosen Landschaft während der Eiszeiten im Quartär entstanden sind (Abb. 28). Die Mächtigkeiten dieser sandigen Überdeckungen liegen bei überwiegend 1 m bis 2 m, können aber auch über 10 m erreichen.

Zusätzlich sind im Untergrund sandige Lockermaterialien im Bereich der Verwitterungszone der Sandsteine anzutreffen. Diese Sande unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung, Körnigkeit und Kornform (ungleichkörniger, scharfkantig, grundsätzlich kräftiger gefärbt) von den quartären Ablagerungen und sind geologisch dem Sandsteinkeuper zuzuordnen. Hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften wird die Verwitterungszone der Sandsteine jedoch dem Grundwasserstockwerk la zugeschlagen.

Die Verbreitung und die Mächtigkeiten der quartären Lockersedimente sind für hydrogeologische Fragestellungen von großer Bedeutung. Deshalb wurde in Zusammenarbeit mit den bayerischen Fachbehörden sowie dem Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen/Nürnberg die von SPÖCKER im Jahr 1964 [32] erstellte Deckschichtenkarte von Nürnberg in Teilbereichen überarbeitet und aktualisiert (Anlage 1).

Die Eigenschaften des Grundwasserstockwerkes la:

- Die quartären Sande stellen einen gut durchlässigen Porengrundwasserleiter dar. Die kf-Werte (Durchlässigkeitsbeiwerte) liegen zwischen 5\*10<sup>-3</sup> m/s und 10<sup>-4</sup> m/s. Im Bereich mächtiger Quartär-Sedimente ist dieses Grundwasserstockwerk sehr ergiebig.
- Es handelt sich um freies Grundwasser, d.h. es liegen ungespannte Grundwasserverhältnisse vor.
- Vorhandene sandige Deckschichten bieten mit ihrer guten Wasserdurchlässigkeit grundsätzlich gute Voraussetzungen für das Einrichten von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.
- Sehr mächtige quartäre Füllungen sind in den Urtalrinnen vorhanden. Hier befinden sich die ergiebigsten Grundwasservorräte des Stadtgebietes. Die Urtalrinnen werden im Kapitel 2.2. "Hydrogeologische Besonderheiten" näher erläutert.

#### Ib, Sandsteinkeuper

Wie in Abbildung 27 dargestellt, besteht der Untergrundaufbau des Grundwasserstockwerkes Ib aus mehreren Sandsteinpaketen.

Die relevanten Speichergesteine dieses Stockwerkes sind die vor ca. 200 Mio Jahren am Rande eines Meeresbeckens abgelagerten und verfestigten Sandsteine des Sandsteinkeupers (Blasensandstein mit Coburger Sandstein und Unterer bis Oberer Burgsandstein - Abb. 29).

Daten zur Nürnberger Umwelt

**28** GRUNDWASSERBERICHT 2011

Die unterlagernden Lehrbergschichten und der Schilfsandstein gehören stratigraphisch dem Gipskeuper an und sind durch erhöhte Feinkornanteile, vermehrte Tonlagen bzw. feinkörnigere Sandsteine geprägt.

Die Sandsteinpakte des Sandsteinkeupers sind durchzogen von mehreren, in Mächtigkeit und Ausprägung wechselnden, tonigen Lagen (Abb. 30). Dabei ist im gesamten Stadtgebiet ein kleinräumiger, sowohl horizontaler als auch vertikaler Wechsel zwischen Sandsteinen und tonigen Lettenlagen festzustellen, so dass sich Tonschichten oft schon in benachbarten Bohrungen nicht sicher als zusammenhängend korrelieren lassen. Einzelne Lettenlagen sind jedoch weiter verbreitet und werden zur Untergliederung der einzelnen Sandsteinpakete herangezogen. Diese Lettenlagen werden als Basisletten bezeichnet.

Das gesamte Sandsteinpaket beherbergt aufgrund dieser tonigen Zwischenschichten mehrere Grundwasserkörper, die aber wegen der auskeilenden, nicht durchhaltenden grundwasserstauenden Schichten, grundsätzlich miteinander verbunden sind und deshalb als ein Grundwasserstockwerk zusammengefasst werden.

#### Die Eigenschaften des Grundwasserstockwerkes Ib:

- Der Sandsteinkeuper ist ein Kluft- und Porengrundwasserleiter. Abgesehen von den Verwitterungsschichten des Sandsteins mit Übergängen zum Festgestein, bewegt sich in den kompakten Sandsteinhorizonten das Grundwasser vorwiegend in Trennflächen, Fugen und Klüften. Es überwiegen dort die hydrogeologischen Eigenschaften eines Kluftgrundwasserleiters. Neben ungespannten können bereichsweise auch gespannte Grundwasserspiegel auftreten.
- Je nach Ausprägung und Zusammensetzung der Sandsteine und tektonischer Beanspruchung und Klüftung können die Durchlässigkeiten und Ergiebigkeiten der jeweils erschlossenen Schichten stark schwanken. Grundsätzlich handelt es sich um einen mäßig ergiebigen Grundwasserleiter. Die größeren Grundwasservorräte befinden sich in den Schichten des Sandsteinkeupers (Burgsandstein bis Blasensandstein). Der kf-Wert im Stockwerk Ib kann pauschal mit 10-5 m/s angegeben werden.
- Wo Lettenlagen insbesondere in ihrer horizontalen Ausdehnung weiter verbreitet sind, k\u00f6nnen sogenannte "schwebende Grundwasservorkommen" ausgebildet sein (siehe Kap. 2.2.2.).

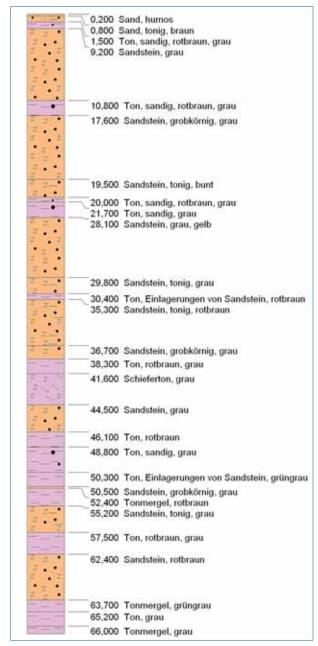


Abb. 30: Schichtenverzeichnis eines Beregnungsbrunnens (GWM\_B0208) im Knoblauchsland (Blasen- bis Schilfsandstein)

#### Das Grundwasserstockwerk II

Das 2. Grundwasserstockwerk im Benker Sandstein befindet sich unter meist mehrere Meter dicken Tonschichten, den Estherienschichten. Diese sind in ca. 60 m bis 100 m Tiefe anzutreffen und schützen den unterlagernden Grundwasserkörper sehr gut vor potentiellen Verunreinigungen.

Grundwasserentnahmen aus diesem Stockwerk finden lediglich aufgrund alter Wasserrechte in Einzelfällen statt und sind zum Schutz und der nachhaltigen Schonung dieser Grundwasserreserven stark eingeschränkt (Kap. 4.2.).

#### 2.2. Hydrogeologische Besonderheiten



Abb. 31: Eisen-/Mangankonkretionen in einem durch Staunässe geprägten Boden (Pseudogley-Braunerde aus sandiger Deckschicht über Unterem Burgsandstein)

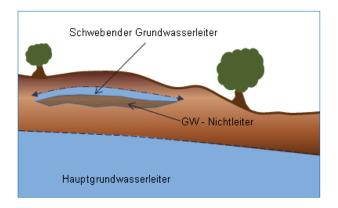


Abb. 32: Skizze schwebendes Grundwasserstockwerk

#### 2.2.1. Staunässe und Schichtenwasser

Staunässe und Schichtenwasser treten in der Regel nur zeitweise nach Regenfällen auf. Dabei wirken die oft kleinräumig vorhandenen Tonlagen im Untergrund stauend auf das Sickerwasser. In Bodenprofilen und Baugrundaufschlüssen ist das Vorhandensein von Eisen- und Mangankonkretionen ein guter Hinweis auf Staunässeeinflüsse (Abb. 31).

Auch im Bereich von Schichtgrenzen, v.a. beim Übergang von Lockersedimenten zu Sandsteinschichten und insbesondere bei großen Niederschlags- und Sickerwassermengen können zeitweise Staunässe oder Schichtwasserkörper entstehen. Dabei nehmen die locker gelagerten quartären Sande z.B. bei rascher Schneeschmelze in Kombination mit ergiebigen Regenfällen, verhältnismäßig viel Wasser auf und leiten es in den Untergrund weiter.

Trifft dieses Sickerwasser auf dem Weg in die Tiefe auf die unterlagernden, dichter gepackten und schlechter durchlässigen Sandsteine, so sickert es von dort nur langsam bzw. in kleineren Mengen weiter in den tieferen Untergrund. Auf der Schichtgrenze entstehen durch das zurückgestaute Wasser zeitweise durchaus mächtige Schichtwasservorkommen. Im Frühjahr 2011 hat eine solche Situation vielfach zu vernässten Kellern geführt (siehe auch Kap. 4.1.).

#### 2.2.2. Schwebende Grundwasserstockwerke

Schwebende Grundwasserstockwerke bilden sich auf regional begrenzten, schlecht durchlässigen Schichten (den Zwischen- und Basisletten) aus, die sich oberhalb der Grundwasseroberfläche des Hauptgrundwasserleiters befinden. Die schematische Darstellung in Abb. 32 verdeutlicht dies.

Die schwebenden Grundwasservorkommen können in Ausdehnung, Mächtigkeit und Höhenlage sehr unterschiedlich sein. Teilweise sind diese immerhin so ergiebig, dass Gartenbrunnen betrieben werden können, so z.B. am Roten Bühl östlich von Katzwang.

Im Rahmen vorliegender Grundwasseruntersuchungen wurden im Stadtgebiet einige schwebende Grundwasserstockwerke festgestellt, deren jeweilige Ausdehnungen jedoch aktuell nicht eindeutig abgegrenzt werden können. Diese schwebenden Stockwerke sind im Grundwassergleichenplan (Anlage 2) flächenhaft, die Begrenzung jedoch ist entsprechend ungenau dargestellt.

Es ist davon auszugehen, dass es noch einige weitere Teilbereiche im Stadtgebiet gibt, die schwebende Grundwasserstockwerke aufweisen. Zu erwarten sind solche schwebenden Stockwerke vor allem auf Höhe der in der geologischen Karte [8] auskartierten Basisletten. Aber auch ausgedehnte Zwischenlettenlagen können Ursache hierfür sein.

Neben schwebenden Stockwerken können sich auf den wasserundurchlässigen Schichten auch nur zeitlich begrenzt Wasserkörper ausbilden. Eine klare Abgrenzung zu Stauwasserhorizonten, Schichtenwässern oder "temporären Grundwasserstockwerken" ist nicht möglich.

Auswirkungen schwebender Stockwerke auf die Hydrogeologische Gesamtsituation:

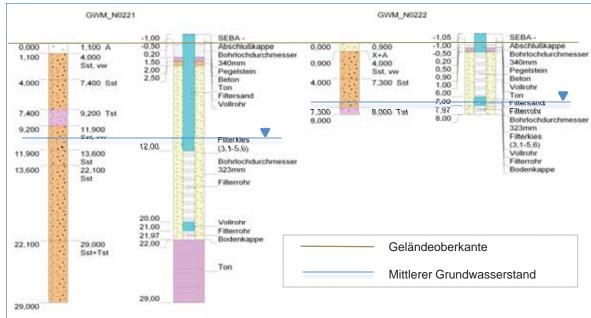
- Je nach Tiefe und Ausbau einer Grundwassermessstelle können deutlich unterschiedliche Grundwasserstände gemessen werden. Am Beispiel zweier unmittelbar nebeneinanderliegender Messstellen im Bereich Nordbahnhof/Uhlandstr. kann dieser Sachverhalt verdeutlicht werden (Abb. 34).
- In der Regel stehen keine unterschiedlich ausgebauten Grundwassermessstellen in unmittelbarer Nachbarschaft zur Verfügung. Häufig wird daher nicht erkannt, dass möglicherweise schwebende Stockwerke im Untersuchungsgebiet vorliegen und dass deshalb die kleinräumig vorliegende Grundwassersituation ggf. fehlinterpretiert werden kann. Ausreichende Untergrundkenntnisse sind daher Voraussetzung, um für die jeweiligen Fragestellungen geeignete Untersuchungskonzepte erarbeiten zu können.

- Hydrogeologische Vorgänge in den schwebenden Stockwerken können für bestimmte Maßnahmen und Detailbetrachtungen vorrangige Bedeutung haben.
   Der hier vorgelegte Grundwassergleichenplan (Anlage 2) repräsentiert den Hauptgrundwasserleiter und kann deshalb für entsprechende Detailbetrachtungen nur zur Ori-
- Das Fließverhalten und die Fließrichtung im schwebenden Grundwasserstockwerk können von dem des Hauptgrundwasserleiters abweichen.

entierung herangezogen werden.



Abb. 33: Durch Bodenaushub freigelegtes schwebendes Grundwasserstockwerk im Bereich Nordostbahnhof



Schichtenverzeichnis und Ausbauplan von zwei unmittelbar benachbarten Grundwassermessstellen (Abstand 2m); Uhlandstraße (Nordbahnhof);

GWM\_N0222 erfasst lediglich ein schwebendes Grundwasserstockwerk das sich auf einem Zwischenlettenhorizont ausbildet.

Bei Durchteufen dieser Lettenlage (GWM\_N0221) stellt sich der Grundwasserspiegel auf das Niveau des Hauptgrundwasserleiters ein.

Abb. 34: Grundwassermessstellen an der Uhlandstraße

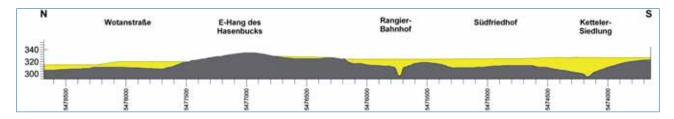


Abb. 35: Nord-Süd-Profil der quartären Deckschichten und des Keuperuntergrundes Quelle: Universität Erlangen, A. Baier

#### 2.2.3. Quartäre Urtalrinnen

Quartäre Urtalrinnen sind mit Lockersedimenten verfüllte Rinnenstrukturen im Festgesteinsuntergrund des Sandsteinkeupers. Diese Rinnen wurden vor ca. 2,5 Millionen Jahren bis zum Ende der Eiszeiten von ehemaligen Flüssen eingetieft und stellen die Urtäler der heutigen Oberflächengewässer dar. Durch tektonische Bewegungen (Hebungen und Senkungen) und durch die eiszeitlichen Klimawechsel bedingt, wurden diese Täler im Wechsel ausgeräumt und danach zugeschüttet.

In weiterer Folge bildeten die Wassermassen neue Abflussrinnen, die wiederum mit Lockersedimenten aufgefüllt wurden. Es handelt sich um sandig-kiesige, stellenweise auch schluffige, locker gelagerte Sedimente. Sie können zum Teil 30 m und mehr in die Tiefe reichen und füllen dort verhältnismäßig schmale, canonartige Rinnenstrukturen aus.

Nach R.G. SPÖCKER (1964) [32] ist von mindestens 4 Urtälern der Pegnitz auszugehen, die sich teilweise überlagern, kreuzen oder ineinander verschachtelt sein können und auch Seitenzuflüsse hatten. Heute sind diese ehemaligen Täler topographisch nicht mehr erkennbar. Lediglich durch Bohrungen und Untergrundaufschlüsse kann der Verlauf und die Struktur dieser Rinnen nachvollzogen werden. Die ehemaligen Talränder weisen bereichsweise sehr steil ausgeprägte Flanken auf.

Auffällig ist Urtalrinne I, die einen vollständig anderen Verlauf als die heutige Pegnitz aufweist (vgl. Anlage 1; Abb. 35). Sie verläuft von südlich Erlenstegen über den Luitpoldhain und den Rangierbahnhof zum Südfriedhof und knickt dann nach Westen über das südliche Hafengebiet in Richtung heutiges Rednitztal ab. Im Bereich des Rangierbahnhofes und im Bereich Hafen sind Rinnentiefen von mehr als 30 m belegt.

Die Urtalrinnen II bis IV befinden sich bereits deutlich näher am heutigen Talzug der Pegnitz, können aber teilweise durchaus als eigenständige Rinnenstrukturen auskartiert werden. Andere Teilbereiche wiederum sind mit den jeweils nachfolgenden Ausräum- und Aufschüttungsphasen verzahnt.

Urtalrinne II wurde von SPÖCKER [32] als eine breite (ca. 200 m Durchmesser) aber lediglich 3 m bis 4 m tiefe, bodenflache Rinne beschrieben. Der von SPÖCKER [32] skizzierte Verlauf dieser Rinne ist in der Karte der Deckschichtmächtigkeiten (Anlage 1) verzeichnet.

Weitere Rinnenstrukturen ehemaliger Urtäler, die bisher nicht dargestellt und erfasst sind, sind durchaus denkbar. So wird z.B. vermutet, dass eine stete Verlagerung von Urtalrinne I in Richtung Norden und in Richtung Urtalrinne II stattfand, und z.B. nordwestlich des Hasenbucks ein weiterer ehemaliger Talzug der Urpegnitz verläuft. Neben den Vorkommen der sogenannten Reichelsdorfer Schotter geben auch einzelne Bohrprofile Anlass zu dieser Vermutung.

Ein zusammenhängender Talzug in diesem Bereich konnte jedoch, mangels ausreichender, geeigneter Untergrundaufschlüsse, bislang nicht ermittelt werden (auf weiterführende Untersuchungen zur Rekonstruktion der Quartärbasis östlich und westlich vom Hasenbuck wird verwiesen [7]).

Weitere Urtalrinnen befinden sich entlang des Rednitz-/Regnitztalzuges.

Durch Aktualisierung der Deckschichtenkarte (Anlage 1) und damit verbundener Ergänzung des Bereichs mit Deckschichtenmächtigkeiten > 10 m sind die Hauptzüge der verfüllten Urtalrinnen deutlich erkennbar.

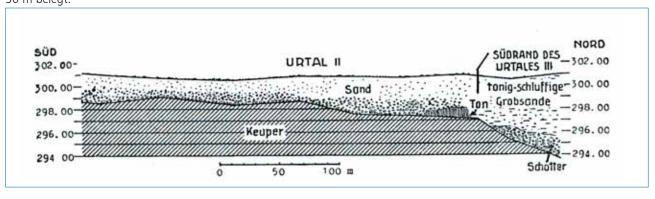


Abb. 36: Querschnitt durch die Urtalrinne II und den Südrand der Urtalrinne III in der Gegend von Ley-Höfen; Skizze von R.G. SPÖCKER [3]

Auswirkungen der Quartären Urtalrinnen auf die hydrogeologische Gesamtsituation:

- Aufgrund der in diesen Rinnen sehr mächtigen Vorkommen gut durchlässiger sandiger Lockersedimente und des guten Wasserspeicher- und Grundwasserleitungsvermögens in den Rinnenstrukturen, ist der Grundwasservorrat besonders groß und ergiebig. Die Rinnen eignen sich daher auch besonders gut für die Nutzung durch geothermische Anlagen.
- Die Rinnenstrukturen können eine Vorflutwirkung für die Grundwasservorkommen der umgebenden Sandsteine haben. Das Grundwassergefälle ist in diesem Fall in den umgebenden Sandsteinen verhältnismäßig steil zu den Rinnen hin gerichtet und verflacht innerhalb der Rinne. Entsprechende Ausführungen zur Vorflutfunktion einiger quartärer Rinnen finden sich bei SPÖCKER [32]. Im großräumigen Überblick des Hauptgrundwasserleiters (Grundwassergleichenkarte, Anlage 2) ist dieser Einfluss jedoch nicht bzw. nur undeutlich erkennbar.

#### 2.2.4. Vorkommen kohlendioxidreicher, betonaggressiver Grundwässer und artesischer Brunnen im Nürnberger Gebiet

(Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen Nürnberg - Alfons Baier)

Das Vorkommen kohlendioxidreicher als auch artesisch gespannter Grundwässer ist eng mit dem Gebirgsbau im Nürnberger Gebiet verbunden. Das Nürnberger Becken stellt ein Einbruchsbecken dar, d.h. die geologischen Schichten sind gegenüber angrenzenden Gesteinspaketen abgesenkt. Hier ist zudem der Untergrund durch Verbiegungen der Gesteinsschichten (Dutzendteichmulde, Fürther Mulde, Nürnberger Sattel) und durch weitere Brüche (Verwerfungen/Störungszonen) und Zerrungsstrukturen geprägt. An Bruchelementen dominiert die über 20 km lange Rednitztal-Störung, wobei diese Verwerfungszone die tektonischen Voraussetzungen für das heutige Rednitz-Regnitz-Tal schuf.

In der Dutzendteichmulde befindet sich eine Nordwest-Südost verlaufende Störung, die sich an der Erdoberfläche durch den Verlauf des Pegnitztales zwischen Doos und der Nürnberger Altstadt sowie dem Verlauf des Fischbachtales äußert. Zwei kleinere Verwerfungen durch das Dutzendteichgebiet werden durch geradlinig verlaufende, heute begrabene Talstücke zwischen der Salzbrunner Straße und den Dutzendteichen nachgezeichnet [4] (Abb. 37). An den tiefreichenden tektonischen Störungsflächen konnten an einigen Stellen des Nürnberger Gebiets auch hydrothermale Lösungen aufsteigen: So sind die stark verkieselten Burgsandsteine des "Worzeldorf-Wendelsteiner Höhenzuges" durch ihre hydrothermalen Mineralisationszonen bereits seit dem Mittelalter bekannt (vgl. [20]). Vorkommen kohlendioxidreicher, betonaggressiver Grundwässer

Vielerorts sind im Nürnberger Becken die tektonischen Störungsbereiche noch heute durch aufsteigende, CO<sub>2</sub>-reiche Tiefenwässer gekennzeichnet (vgl. [3], [5]). Vor allem die Wässer der Grundwasserleiter (Aquifere) in den Burgsandsteinen des Nürnberger Beckens enthalten häufig aggressive Kohlensäure in beträchtlicher Menge [15]. Der hierdurch bedingte karbonat- und betonaggressive sowie metallangreifende Charakter der Nürnberger Grundwässer wurde erstmals von SPÖCKER (1964) [32] erkannt und detailliert beschrieben.

So konnte er in den überwiegend sauren Nürnberger Grundwässern mit einer geringen Karbonathärte erstaunlich hohe Gehalte an aggressiver Kohlensäure und an Huminsäuren feststellen (25 von 400 Grundwasserproben wiesen > 50 mg/L freies CO<sub>2</sub> auf). Er stellte außerdem fest, dass die oberflächennahen Grundwässer im Nürnberger Becken (von wenigen Ausnahmen abgesehen) mit unterschiedlichen Intensitäten betonzerstörend wirken.





Abb. 37: Gesamtansicht der Buchenklingen-Quellfassung am Nord-Hang des Schmausenbucks im Sommer 2009 (oben) und Detailaufnahme des Quellaustritts mit den Jahreszahlen der im 16. Jhd. getätigten Restaurierungsmaßnahmen (unten);
Quelle: Universität Erlangen, A. Baier

#### 2. Hydrogeologie

Die hydrochemische Beschaffenheit der Grundwässer kann sich – innerhalb desselben Aquifers – auf kurze Distanz sprunghaft verändern: So bewegten die gemessenen CO<sub>2</sub>-Gehalte der Grundwässer im Bereich des in den Dreißiger Jahren geplanten "Deutschen Stadions" (heute Silberseeund Silberbuck-Gebiet) zwischen 0,8 mg/L und 66 mg/L.

Ein Einfluss tektonischer Störungen auf das Vorkommen kohlendioxidreicher Wässer wird sowohl am Quellwasser der Buchenklinge am Schmausenbuck (65 mg/L CO<sub>2</sub>; [6], Abb. 37) als auch an den mancherorts noch heute aufsteigenden CO<sub>2</sub>-reichen Tiefenwässern entlang den geologisch relativ jung entstandenen, tiefreichenden Bruchflächen des Rednitz-Regnitz-Talszugs [30] als sehr wahrscheinlich angenommen.

Die Herkunft der Kohlensäure ist im rund 500 m unter der Erdoberfläche anstehenden Grundgebirge zu suchen. Von dort entstammt das aus Oxidationsprozessen und Aufschmelzungen hervorgegangene "juvenile" Kohlendioxid.

Es findet über tektonische Trennflächen wie Störungen und tiefreichende Kluftscharen seinen Weg bis in die oberen Keuper-Aquifere. Der Aufstieg des CO<sub>2</sub>-Gases ist jedoch in den meisten Fällen stark gehemmt, da selbst tiefreichende Kluft- und Störungssysteme keine guten Wegsamkeiten bieten können. Auch die Ausbreitung durch die Kluft- und Porenräume der verschiedenen Grundwasserleiter, die physikalische Lösung des CO<sub>2</sub> im Grundwasser und dessen hierdurch aktiviertes Lösungsvermögen gegenüber mineralischen Stoffen vollzieht sich relativ langsam und räumlich beschränkt (vgl. [38]).



Abb. 38: Fontänenartig austretendes Grundwasser in der im Jahre 1936 neu gefassten "König-Ludwig II"-Quelle an der Stadtgrenze Nürnberg-Fürth.

Ouelle: Stadtarchiv Fürth.

#### Artesische Brunnen im Nürnberger Gebiet

Ein, unter einer wasserundurchlässigen Schicht unter Spannung (= unter Druck) stehendes, Grundwasser kann, bei ausreichendem Druck, beim Anbohren über die Geländeoberfläche hinaus selbständig, ohne Einsatz von Pumpen, ausfließen. Solche artesisch ausströmenden Brunnenwässer wurden im Nürnberger Becken relativ häufig beobachtet und sind nicht an ein bestimmtes Grundwasserstockwerk gebunden.

Artesische Brunnen, die bis in den Benker Sandstein abgeteuft wurden, waren von verschiedenen Autoren ([27] und [24]) beschrieben worden. Es handelt sich um einen 1833 im Pegnitztal niedergebrachten Brunnen und zwei "Bohrbrunnen im Schwabenmühlwerk" (am südlichen Pegnitzufer beim Haus Kaiserstr. 22 in der Nürnberger Altstadt) aus dem 19. Jahrhundert. Im Jahre 2000 wurde am westlichen Rednitzufer südlich der Gerasmühle ein 150 m tiefer Grundwasserbeobachtungsbrunnen bis in den Benker Sandstein abgeteuft, welcher artesisch gespanntes Grundwasser mit einer Steighöhe von 2,9 m über Grund ergab.

Vier weitere artesisch auslaufende Brunnen befanden sich im Spinnereiwerk Wöhrd [23]. Diese vor dem Jahr 1872 abgeteuften Wasserbohrungen erreichten mit Endteufen von 46 m bis 57 m jedoch lediglich den Blasensandstein oder Sandsteinbänke in den obersten Partien der Lehrbergschichten [22].

Auf Fürther Stadtgebiet wurden mit der "König-Ludwig-Quelle I", der "König-Ludwig-Quelle II" (Abb. 38) und der "Bavaria-Quelle" artesisch auslaufende Mineralwässer aus dem Buntsandstein gefasst. Aus den noch tiefer liegenden Gesteinen vermutlicher Zechsteinlagen stammen die ebenfalls auf Fürther Stadtgebiet noch heute artesisch ausströmenden Thermalwässer der Bohrung "Espan" (an der Stadtgrenze zu Nürnberg gelegen).

Artesische Brunnen können auch in den obersten Aquiferen auftreten. So wurden im Jahre 1938 im Gebiet des früheren Dorfes Hinterhof, 1,4 km südsüdwestlich Maiach (heute im Gebiet des Staatshafen Nürnberg gelegen) rund 40 Versuchsbohrungen bis 8 m Endteufe niedergebracht, von denen 2 artesisch gespanntes Grundwasser mit Steighöhen von 0,5 m bis 1 m über Geländeoberkante erschlossen. Die eine der beiden Bohrungen gab noch im Jahre 1948 unverändert gespanntes Grundwasser ab [32].

Ebenso können auch nur kleinräumig und lokal auftretende tonige Schichtlinsen in den Sandsteinen gespanntes Grundwasser verursachen. Diese Gegebenheit konnte SPÖ-CKER (1964) [32] im Gebiet von Leyh-Höfen beobachten, wo beim Abteufen von Feststellungsbohrungen eine Tonlinse durchstoßen wurde und hierdurch das darunter befindliche, unter hydraulischen Druck stehende Grundwasser den Weg nach oben freigab.

Generell erscheinen die Grundwässer im Benker Sandstein relativ häufig artesisch gespannt vorzuliegen. In den Grund-

wasserstockwerken der Lehrbergschichten und Blasensandsteine ist diese Gegebenheit weniger oft ausgebildet. SPÖ-CKER (1964) [32] berichtet jedoch auch über tief in den Benker Sandstein vorgetriebene Brunnenbohrungen mit frei spiegelnder Grundwasseroberfläche, während benachbarte Bohrungen subartesisch oder artesisch gespanntes Grundwasser aufschlossen.

Dies legt die Vermutung nahe, dass im Nürnberger Becken artesisch auslaufende Wässer lokal beschränkte, vermutlich durch das Zusammenwirken von bruch- und verbiegungstektonischen Gegebenheiten verursachte Phänomene darstellen. Aus der Gegenüberstellung des Blockbilds des tektonischen Bezugshorizontes nebst Bruchtektonik im Nürnberger Raum und des geomorphologisch-hydrographischen Blockbildes mit der Lage der artesischen Brunnen ist ersichtlich, dass diese an der Erdoberfläche frei auslaufenden Grundwässer bevorzugt in den Gebieten des Nürnberger Beckens auftreten, wo tektonische Aufwölbungen in Muldenstrukturen übergehen und Störungszonen auftreten (Abb. 39).

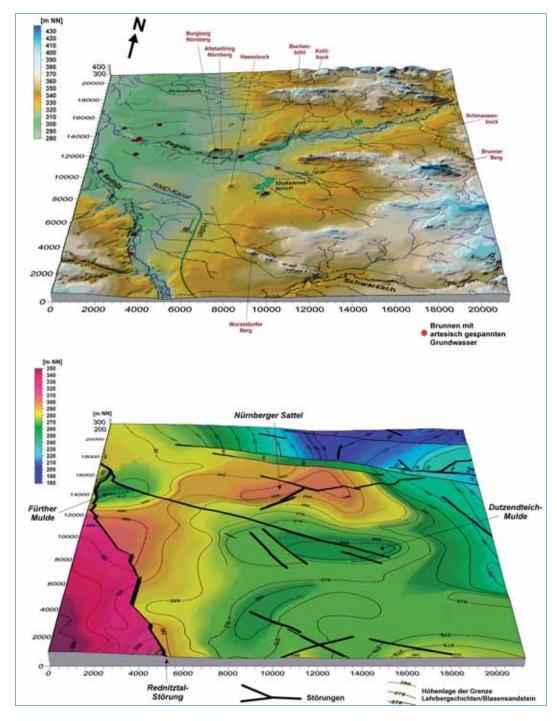


Abb. 39: Geomorphologisches und hydrographisches Blockbild mit Lage der bislang beobachteten artesischen Grundwasserbrunnen sowie Blockbild des tektonischen Bezugshorizontes der Lehrbergschichten- / Blasensandstein-Grenze mit Bruchtektonik im Stadtgebiet von Nürnberg; jeweils 5-fache Überhöhung; Quelle: Universität Erlangen, A. Baier

# 2.3. Unterschiede und Gemeinsamkeiten Nürnberger Grundwässer Erste Ergebnisse von hydrochemischen- und Isotopenuntersuchungen

(GeoZentrum Nordbayern, Universität Erlangen Nürnberg - H.L. Subert, A. Baier, J.A.C. Barth)

#### Übersicht

Kenntnisse über Eigenschaften und Zustände von Grundwässern in Städten sind wichtig, um eine gute Grundwasserqualität zu erhalten. Diese ist beispielsweise für die Notwasserversorgung sowie für die Qualität der Oberflächengewässer essentiell [38]. Zudem ist ein besseres Verständnis des Grundwassers als Ökosystem wichtig, um bestehende historische Umweltschäden zu dokumentieren, diese zu beseitigen und zukünftig zu vermeiden.

In dieser Abhandlung werden Untersuchungen verschiedener Grundwassereinheiten aus dem Nürnberger Raum, die im Rahmen einer Bachelorarbeit am GeoZentrum Nordbayern der FAU Erlangen-Nürnberg durchgeführt wurden, vorgestellt [39]. Die aus Quellen und Brunnen aus verschiedenen geologischen Schichten entnommenen Wasserproben wurden mit hydrochemischen- und stabilen Isotopenanalysen untersucht. Hiermit sollten ausgewählte Grundwasserkörper miteinander verglichen und Wasserwegsamkeiten zwischen den Grundwassereinheiten geprüft werden. Mit Hilfe von hydrochemischen und geologischen Profilen sollte hierzu ein Überblick über die hydrogeologischen Verhältnisse des Nürnberger Untergrundes geschaffen werden.

Insgesamt wurden im April 2011 fünfzehn Grundwasserproben im Stadtgebiet von Nürnberg und näherer Umgebung entnommen (Tabelle 1).

Folgende an den Grundwässern bestimmte Parameter werden hier näher beschrieben:

- Elektrische Leitfähigkeit in  $\mu$ S/cm
- Stabile Isotope des Wassers.

Eine Erklärung der analytischen Methoden ist in der am GeoZentrum Nordbayern vorgelegten Arbeit von SUBERT (2011, [39]) zu finden.

Stabile Isotope des Wassers wurden erstmals an Nürnberger Grundwässern bestimmt und sind hier kurz erklärt. Es handelt sich um die Verhältnisse von schweren zu leichten stabilen Isotopen im Wassermolekül, also  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  und Deuterium zu Wasserstoff (D/H). Diese werden als  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ - und  $\delta\text{DO}_{\text{H}_2\text{O}}$ - Werte in einer permille (‰)-Abweichung vom internationalen Standard "Vienna Standard Mean Ocean Water" (VSMOW) ausgedrückt [17]. Da diese Parameter am Wasser selbst und nicht an dessen Inhaltsstoffen gemessen werden, sind praktisch keine Verunreinigungen möglich.

Nr.	Ort Name	entwässernde Schicht	Nr.	Ort Name	entwässernde Schicht
NQ01	Höfles, Teilartesischer Beregnungsbrunnen Schniegling III (Ba 37)	Blasensandstein mit Lehrbergschichten	NQ09	Deutenbach/Krottenbach Quelle Klingengraben	Blasensandstein
NQ02	Nürnberger Burg Tiefer Brunnen	Blasensandstein	NQ10	Gerasmühle Grundwassermessstelle Q7	Quartär (Vorterrasse)
NQ03	Nürnberger Burg Quelle Margare- thenbrunnen	Zwischenletten Mittlerer Burgsandstein	NQ11	Gerasmühle Artesi- scher Brunnen B 5	Benkersandstein
NQ04	Altstadthof Nürnberg Grundwassersammel- becken Felsengänge	Coburger Sandstein	NQ12	Lorenzer Platz Nürnberg Wolframsbrunnen	Blasensandstein
NQ05	Zerzabelshof Zabo- Apotheke Quelle Hauptzufluss (gelbe Rohrleitung)	bislang unbekannt	NQ13	Gartenstadt Notwas- serbrunnen B 406	Blasensandstein / Coburger Sandstein / Lehrbergschichten
NQ06	Zerzabelshof Zabo- Apotheke Quelle Nebenzufluss (graue Rohrleitung)	bislang unbekannt	NQ14	Altenfurt Notwas- serbrunnen B 310	Unterer Burgsandstein
NQ07	Schmausenbuck Quelle Buchenklinge	Basisletten Mittlerer Burgsandstein	NQ15	SündersbühlNotwas- serbrunnen B 203	Lehrbergschichten/ Blasensandstein / Schilfsandstein / Estherienschichten
NQ08	Nürnberger Reichswald Quelle Reh-/Hutgraben	Basisletten Oberer Burgsandstein	-	-	-

Tab. 1: Probenahmestellen mit jeweiliger entwässernder geologischer Schicht.

Unterschiedliche stabile Isotopenverhältnisse des Wassers können die Herkunft von Niederschlägen aus verschiedenen Gebieten oder verschiedenen Versickerungszeiträumen reflektieren. Sie sind damit optimale und bereits natürlich vorhandene Tracer.

Die  $\delta^{18}O_{\rm H_2O}^{-}$  und  $\delta^{18}O_{\rm H_2O}^{-}$  Werte einer Wasserprobe korrelieren normalerweise miteinander. Dies kommt am Besten bei Wasserproben von Niederschlägen in der "Local Meteoric Water Line" (LMWL) zum Ausdruck. Eine solche LMWL wurde für Erlangen erstellt und dient hier zum Vergleich mit den entnommenen Grundwasserproben.

## Ergebnisse und Diskussion

Einige elektrische Leitfähigkeiten und  $\delta^{18}O_{H_2O}$ -Werte aus verschiedenen Schichten zusammen mit denen der Zabo-Quellen sind in Kreisdiagrammen in einem SW-NE angelegten Profil in Abbildung 40 dargestellt.

Zunehmende Radien der Kreisdiagramme zeigen eine generelle Zunahme der Leitfähigkeit in tieferen Schichten. Darüber hinaus sind die Proben der Zabo-Quellen (NQ05 und NQ06), in ihren Leitfähigkeiten ähnlich wie die Proben NQ09, NQ10 und NQ13. Dies könnte ein Hinweis auf gleiche Herkunft der bislang wenig charakterisierten Zabo-Quellen sein [41]. Dennoch bleibt es aufgrund vielfältiger und lokaler Einflüsse schwierig, diese Quellwässer alleine auf Basis der Wasserchemie einem Grundwasserkörper zuzuordnen.

Hierfür scheinen stabile Isotope als Tracer geeigneter. Vergleicht man die Isotopenergebnisse der Zabo-Quellwässer mit denen der übrigen Proben, so stellen sich Gemeinsamkeiten mit den Proben NQ01, NQ02, NQ09, NQ12 und NQ13 heraus. Diese Probenwässer weisen  $\delta^{18}{\rm O}_{{\rm H}_2{\rm O}}$ -Werte zwischen 9,3 und 8,7 ‰ auf und stammen alle aus dem Blasensandstein. Somit besteht eine plausible Möglichkeit, dass die Herkunft der Zabo-Quellen ebenfalls im Blasensandstein liegt. Für eine Bestätigung dieser Annahme sind jedoch zusätzliche Analysen weiterer Blasensandsteinwässer und eine Zeitreihenbeprobung der Zabo-Quellen notwendig.

Insgesamt zeigen die Isotopenverhältnisse der untersuchten Grundwasserproben  $\delta^{18}O_{\rm H_2O}$ -Werte zwischen -10,9 und -8,5 ‰. Die negativsten Werte wurden an Proben des Benker Sandsteins und die positivsten Werte am Wasser der Felsengänge (NQ04) bestimmt. Der größte Teil der Probenwässer zeigt jedoch  $\delta^{18}O_{\rm H_2O}$ -Werte zwischen -9,6 und -8,9 ‰. Ausnahmen hierzu bilden NQ15, NQ08, NQ10 sowie NQ11, bei denen in dieser Reihenfolge immer negativere Werte von -10,1 bis -10,9 ‰ für  $\delta^{18}O_{\rm H_2O}$  auftreten.

Abbildung 41 zeigt, dass die Grundwasserneubildung in Nürnberg größtenteils durch lokale Niederschläge geschieht, was durch die Streuung der Grundwasserproben um die LMWL charakterisiert ist [29].

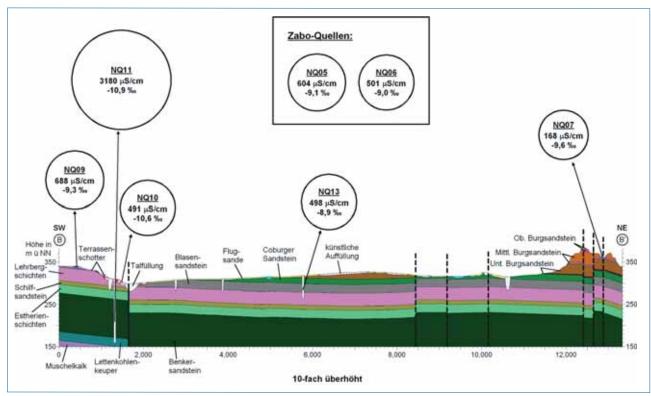


Abb. 40: Hydrochemisches Profil durch ausgewählte Probenahmepunkte auf der SW-NE verlaufenden Schnittlinie von der Gerasmühle im Rednitztal über die Gartenstadt und das Dutzendteichgebiet zum Schmausenbuck. Die Radien der Kreisdiagramme sind proportional zu den Leitfähigkeiten in  $\mu$ S/cm (obere Zahl), die darunter stehende Zahl gibt  $\delta^{18}O_{H_2O}$ -Werte als permille (‰)-Abweichung vom VSMOW Standard an.

## 2. Hydrogeologie

## Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Untersuchung hydrochemischer Parameter im Nürnberger Raum zwar für Nachweise von vorwiegend anthropogenen Einträgen dienlich ist, jedoch nicht immer für eine Unterscheidung verschiedener Grundwasserkörper. Besser geeignet sind hierfür stabile Isotopenmessungen des Wassers. Damit konnte beispielsweise eine erste mögliche stratigraphische Einordnung der Zabo-Quellwässer vorgenommen werden. Außerdem zeigten diese ersten Ergebnisse, dass sich der Tiefengrundwasserspeicher im Benker Sandstein in ihren  $\delta^{18}{\rm O}_{{\rm H}_2{\rm O}^-}$  Werten mit bis zu 2,2 ‰ von den Wässern des Sandsteinkeupers unterscheidet.

Für genauere Aussagen zu Eigenschaften und Wasserwegsamkeiten der Nürnberger Grundwasserkörper und der Schutzfunktion der Estherienschichten sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

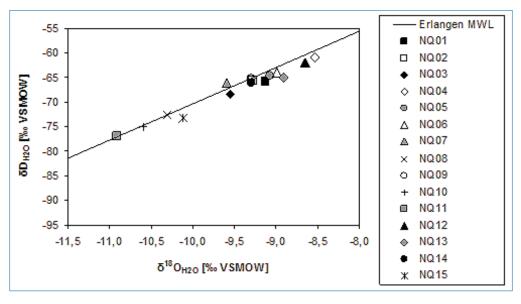


Abb. 41: Gegenüberstellung von  $\delta O_{H_2O}$  und  $\delta^{18}O_{H_2O}$  in ‰ VSMOW mit LMWL für Erlangen (durchgezogene Linie).

Die  $2\sigma$ -Standardabweichung der Messungen liegt innerhalb der Symbolgrößen.

## 2.4. Grundwasserhaushalt

Der Begriff "Haushalt" impliziert bereits, dass es sich um die Bilanzierung von "Einnahmen" und "Ausgaben" handelt, dass mit dem betrachteten Gut haushälterisch umgegangen werden muss und das Budget nicht überbeansprucht werden darf. Der Grundwasserhaushalt beschreibt die mengenmäßigen Verhältnisse eines Grundwasserkörpers. Im Hinblick auf das Erreichen bzw. die Wahrung eines guten Zustandes und einer nachhaltigen Nutzung dieser Ressource muss der Grundwasserhaushalt regelmäßig beobachtet werden.

Der Wasserhaushalt eines Gebietes lässt sich vereinfacht mit der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung darstellen. Sie lautet:

## Niederschlag = Verdunstung + Abfluss (oberirdisch + unterirdisch)

Die Faktoren beinhalten jedoch viele Einzelkomponenten und werden von natürlichen und anthropogenen Rahmenbedingungen beeinflusst. Die wichtigsten Komponenten und Einflussgrößen eines urbanen Grundwasserhaushalts sind für das Stadtgebiet Nürnberg in Abb. 42 dargestellt.

## Niederschlag

Nürnberg befindet sich in der niederschlagsarmen Region Mittelfranken und gehört damit zu den trockenen Gebieten Bayerns. Die langjährige mittlere Niederschlagshöhe beträgt 637 mm/a (Zeitraum 1981-2010, Flugwetterwarte Nürnberg). Der Vergleich mit langjährigen Jahresmittelwerten südbayerischer Regionen wie Augsburg mit rund 800 mm/a, München mit 950 mm/a und den Alpen mit mehr als 2000 mm/a (jeweils im Zeitraum 1961-1990) verdeutlicht die Niederschlagsarmut [19].

Im Jahresgang sind die sommerlichen Niederschlagsmengen generell größer (Abb. 43). Für die positive Seite der Wasserhaushaltsgleichung, d.h. die Grundwasserneubildung, spielen die sommerlichen Niederschläge jedoch aufgrund der weitgehenden Verdunstung über den Pflanzenbewuchs und über Oberflächen keine bzw. kaum eine Rolle. Von Bedeutung sind insbesondere die winterlichen Niederschläge.

Der langjährige Trend (30 Jahres-Zeitraum, seit 1981) zeigt insgesamt eine Abnahme der Niederschläge in der Jahressumme und insbesondere bei den winterlichen Niederschlägen (Abb. 44). Innerhalb dieses Zeitraumes gab es niederschlagsarme und niederschlagsreiche Perioden (Kap. 3.2.4.). Bei der Niederschlagsverteilung sind erste Tendenzen hin zu einer Erhöhung der Anzahl der Tage mit überdurchschnittlichen Niederschlagshöhen und der Anzahl der Trockentage pro Jahr festzustellen.

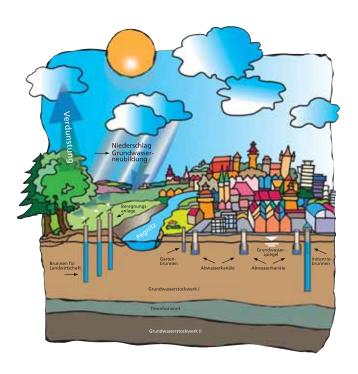


Abb. 42: Urbaner Grundwasserhaushalt

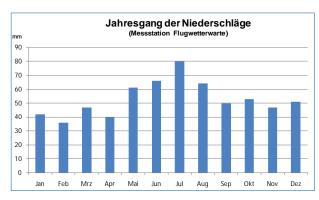


Abb. 43: Mittlere Monatssummen der Niederschläge am Nürnberger Flughafen im Zeitraum 1981-2010 (Auswertung der Daten des DWD)

## 2. Hydrogeologie

Inwieweit sich der festgestellte, langjährige Trend, hin zu abnehmenden Niederschlagssummen, zukünftig fortsetzen wird, ist ungewiss. Die Prognosen zum Klimawandel gehen vor Allem von einer Änderung der Niederschlagsverteilung aus, wobei sich Starkniederschlagsereignisse häufen werden und die Anzahl der Trockentage sich erhöhen wird. Solche Klimaveränderungen können insgesamt negative Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung haben (Reduktion durch erhöhten Oberflächenabfluss/ erhöhte Verdunstung). Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels u.a. auf die Grundwassersituation im süddeutschen Raum werden derzeit von der Arbeitsgemeinschaft KLIWA (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft) untersucht [10].

#### Verdunstung

Der größte Teil des Niederschlags verdunstet. Die Verdunstung setzt sich zusammen aus der direkten Verdunstung von unbewachsenen Oberflächen, Wasserflächen, Blattoberflächen (Evaporation und Interzeption) und aus der Verdunstung über die Vegetation (Transpiration). Der Summenparameter ist die Evapotranspiration.

Für die Evapotranspiration in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Niederschlag kann für den Raum Nürnberg ein Mittelwert zwischen 425 und 435 mm/a angegeben werden. Da die Verdunstungsmenge zusätzlich von der Art der Flächennutzung und weiteren klimatischen Rahmenbedingungen abhängig ist, muss die angegebene Verdunstungsmenge entsprechend räumlich differenziert betrachtet werden. So verringert sich z.B. im bebauten Stadtgebiet aufgrund der Versiegelung die Verdunstungshöhe auf ca. 340 mm/a [42].

## Oberflächengewässer

Oberirdische Gewässer stehen mit dem Grundwasser meist in enger Wechselbeziehung. In der Regel speist das Grundwasser die Bäche und Flüsse. Dieser Sachverhalt wurde und wird zum Teil gezielt genutzt: so wurden im Laufe der Siedlungsentwicklung die Bäche ausgebaut und neue Gräben angelegt, um hoch anstehendes Grundwasser schneller abfließen zu lassen. Trotz der Grundwasserspeisung können einige kleinere Fließgewässer mit kleinen Einzugsgebieten und bei niedrigen Grundwasserständen nach einer niederschlagsarmen Zeit austrocknen.

In Einzelfällen haben Oberflächengewässer keinen Anschluss an das Grundwasser. So liegt der künstlich angelegte Dutzendteich ebenso wie die Nummernweiher in der Regel oberhalb des Grundwasserniveaus. Diese Weiher werden ausschließlich von Oberflächengewässern wie dem Fischbach, dem Langwassergraben und dem Neuselsbrunngraben gespeist.

Das große künstliche Gewässer Main-Donaukanal ist abschnittsweise, wo es in Einschnitten bzw. oberflächengleich verläuft, offen ausgebaut und korrespondiert mit dem Grundwasser. Der Kanal stellt dort, wie ein natürliches Oberflächengewässer, eine Vorflut dar.

Ein Überblick über die zahlreichen kleinen und großen oberirdischen Gewässer findet sich in Karte 3 (nächste Seite).

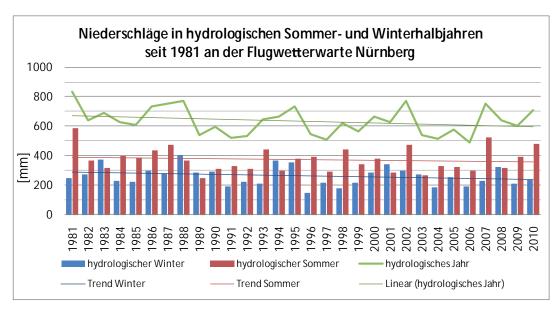
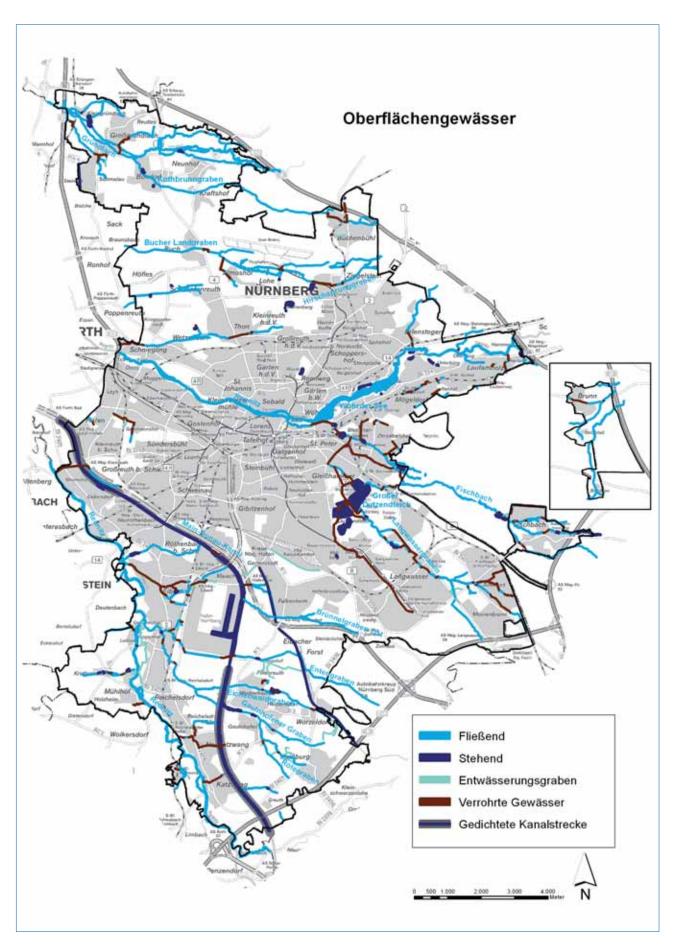


Abb. 44: Niederschlagssummen an der Flugwetterwarte Nürnberg (Datengrundlage: Werte des Deutschen Wetterdienstes, DWD);
Beginn hydrologischer Winter: 1. Nov; Beginn hydrologischer Sommer: 1.Mai



Karte 3: Oberflächengewässer im Stadtgebiet Nürnberg

## Versiegelung

Niederschläge, die auf versiegelte Flächen fallen, können nicht versickern und nicht vom Boden zwischengespeichert werden. Die Niederschläge von Straßen und Dächern fließen stattdessen zu einem Großteil sehr rasch über Straßengräben oder Regenrohre in Abwasserkanäle ab. Von dort werden sie über eine Trennkanalisation in den nahegelegenen Vorfluter oder über Regenüberläufe oder Kläranlagen in die Oberflächengewässer geleitet. Als Folge verursachen die rasch abfließenden Niederschläge in den Gewässern vor allem bei Starkniederschlägen Abflussspitzen und gehen der Grundwasserneubildung verloren. Mangels Speicherung im Boden ist zudem die Verdunstung reduziert. Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf das Stadtklima, da v.a. der kühlende Effekt der Verdunstung verringert wird.

Die Siedlungsentwicklung zeigt seit mehr als 25 Jahren einen anhaltenden Trend zur zunehmenden Flächennutzung für Gebäude- und Freiflächen sowie für Verkehrsflächen (aktuell 53,3 % des Stadtgebietes; Abb. 45).

Während Verkehrsflächen zu nahezu 100 % versiegelt sind, können die weiteren Siedlungsflächen je nach Typus unterschiedliche Versiegelungsgrade aufweisen (z.B. Baugebiete mit vorwiegend Einfamilienhäusern 30-45 %, Blockrandbebauungen und verdichtete Wohngebiete ca. 65-85 %). Ein Auszug aus der aktualisierten Bodenfunktionskarte [12] zeigt die bebauten Bereiche mit den entsprechenden Versiegelungsgraden (Karte 4).

Der Anteil an versiegelter Fläche im Stadtgebiet insgesamt beträgt rund 32 % [13]. Mit dem Versiegelungsgrad nimmt die Grundwasserneubildungsrate überproportional ab. Aufgrund der aktuellen Versiegelung ist von einer Reduktion der natürlichen Grundwasserneubildung um ca. 50 % im Stadtgebiet auszugehen [42].

#### Wasserver- und -entsorgungsanlagen

Wasser wird über kilometerlange und verzweigte Netze durch die Stadt transportiert. Trinkwasser wird verteilt und den Gebäuden und Grundstücken zugeleitet, Abwasser und Regenwasser wird über die Kanalisation gebündelt und zur Kläranlage abgeführt. Die Leitungsnetze können je nach Alter und Beanspruchungen Schwachstellen aufweisen, so dass es u.a. zu Wasserverlusten kommt.

Die Verluste über das Trinkwasserversorgungsnetz (inkl. Entnahme für betriebliche Zwecke) liegen bei < 6 % der bereitgestellten Wassermenge und damit unter dem deutschlandweiten durchschnittlichen Verlust von rund 6,5 % und gleichzeitig weit unterhalb von Vergleichswerten europäischer Staaten (zwischen 7 % und 25 %) [16]. Eine dadurch gegebene geringfügige Grundwasseranreicherung von max. 10 mm/a kann als kleiner Ausgleich der Grundwasserneubildungsverluste aus der Versiegelung angesehen werden.

Die Verluste der Abwasserkanäle an den Untergrund lassen sich nicht beziffern. Die Kanalisation weist vielmehr oft einen umgekehrten Effekt auf und führt Grundwasser in Form von Fremdwasser ab. Ursache für diese Ableitungen sind unter Anderem angeschlossene Drainagen, die in der Vergangenheit oftmals ohne Genehmigung errichtet wurden. Desweiteren können Abwasserkanäle in grundwassernahen Baugebieten Drainagewirkung haben. Die Auswirkungen können in einigen Baugebieten gesunkene Grundwasserstände sein. Da diese Grundwasserabsenkung nicht natürliche Ursachen hat, ist ein erneuter Anstieg auf das natürliche Grundwasserniveau in solchen Baugebieten, z.B. nach Kanalsanierung, nicht auszuschließen und bei Baumaßnahmen zu berücksichtigen.

Vor allem durch die Sanierung der Kanäle zeigt die Fremdwassermenge eine sinkende Tendenz (Kap. 4.5.). Sie liegt heute bei einem Anteil von ca. 10 % bis 15 % an der Jahresschmutzwassermenge und unterschreitet damit die tolerierbaren Werte von 25 % nach Wasserabgabengesetz deutlich.

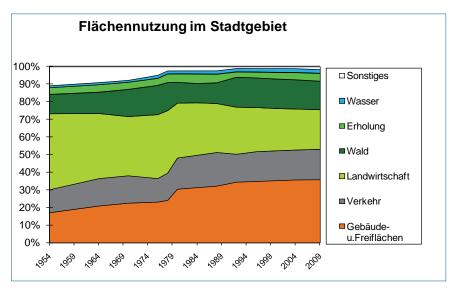
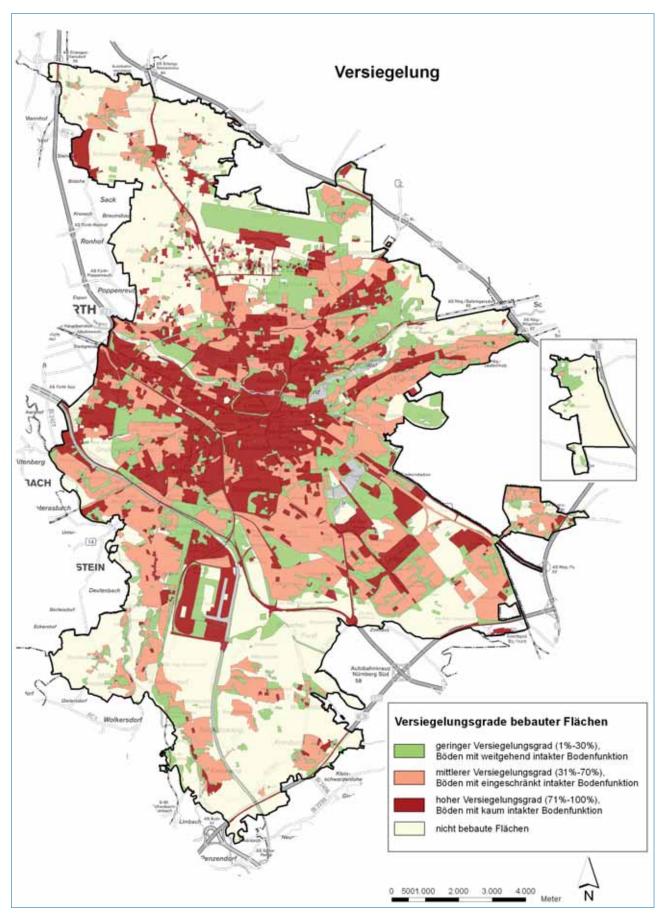


Abb. 45: Flächennutzung im Stadtgebiet



Karte 4: Bebaute Bereiche mit durchschnittlichen Versiegelungsgraden (Auszug aus der Bodenfunktionskarte des ABSP Nürnberg 1996, aktualisiert 2010)

## 2. Hydrogeologie

#### Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung ist ein wichtiges Maß für die Regenerationsfähigkeit der Grundwasservorräte. Grundwassernutzungen müssen an dieser Neubildungsrate orientiert und bemessen werden. Es gilt der Grundsatz, dass dem Grundwasser nur die Menge entnommen werden darf, die im gleichen Zeitraum neu gebildet werden kann.

Die Grundwasserneubildungsrate ist im Nürnberger Stadtgebiet insgesamt relativ gering. Neben den oft ungünstigen natürlichen Voraussetzungen, wie grundwassernahe oder schlecht durchlässige Böden sowie die generelle Niederschlagsarmut, sind zusätzlich die Versiegelung und Verdichtung der Böden im bebauten Bereich Ursache für die geringe Grundwasserneubildung, die mit etwa 50 mm/a bis 100 mm/a anzusetzen ist.

Folgende grob gerundete Zahlen sollen in ihren Dimensionen eine Vorstellung von der Bedeutung des Grundwasserkreislaufes geben:

Auf Nürnberger Stadtgebiet fallen im Durchschnitt 120 Mio m³ Niederschlag pro Jahr. Je nach Ansatz der Neubildungsrate werden dort ca. 10 – 20 Mio m³/Jahr Grundwasser neu gebildet. Dem gegenüber stehen Grundwasserentnahmen in Höhe von ca. 10 Mio m³. Die Bedeutung der Grundwasserneubildung ist augenscheinlich.

Angesichts der Niederschlagsarmut der Region, der möglichen zukünftigen negativen Auswirkungen des Klimawandels und der bereits erfolgten Reduktion der Grundwasserneubildung durch Versiegelung und Überbauung sind erhöhte Anstrengungen zur Verbesserung der Niederschlagswasserversickerung und damit zur nachhaltigen Sicherung der Grundwasservorräte unabdingbar (Kap.4.6.).

44

## 3.1. Grundwasserqualität im Stadtgebiet Nürnberg

Die Grundwasserbeschaffenheit hängt ab von der geologischen und geochemischen Ausgangssituation sowie dem Eintrag von Schad- und Wirkstoffen aus unterschiedlichen Quellen (z.B. Gewerbe/Industrie, Landwirtschaft).

Die Qualität des Nürnberger Grundwassers wurde im Rahmen dieses Grundwasserberichts unter Berücksichtigung von 17 Leitparametern bewertet (vgl. Tabelle 2). Diese sollen u.a. Hinweise auf mögliche schädliche Einträge in den Grundwasserkörper geben.

Zur Feststellung der Grundwasserqualität in Nürnberg standen Analysenergebnisse von 67 Betriebsbrunnen und 117 Notbrunnen aus der laufenden Überwachung zur Verfügung. Diese bilden in repräsentativer Form die Verhältnisse im Stadtgebiet ab. Um vergleichende Aussagen treffen zu können wurden die Analysenwerte in Fünfjahres-Zeiträumen betrachtet. Soweit möglich wurden zur Auswertung der Entwicklung der Grundwasserqualität in Nürnberg alle Daten, die seit dem ersten Grundwasserbericht der Stadt Nürnberg im Jahre 1987 erhoben wurden, einbezogen. Die daraus resultierenden Datensätze bilden die Grundlage der im Folgenden präsentierten Diagramme und Karten. Für die Kartendarstellungen wurden flächenhafte Interpolationen auf der Grundlage geostatistischer Analyseverfahren durchgeführt.

Bei der Betrachtung der neuesten Daten zur Grundwasserqualität (Zeitraum 2005 – 2009) ist das positive Gesamtergebnis, dass 35 % der betrachteten Betriebs- und knapp 40 % der Notbrunnen die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TVO) hinsichtlich des untersuchten Schadstoffspektrums einhalten.

Die Grenzwerte der TVO sind sehr anspruchsvoll und werden im vorliegenden Bericht deshalb als Unbedenklichkeitsschwelle herangezogen. Vor dem Hintergrund der langjährigen und intensiven industriellen und landwirtschaftlichen Flächennutzungen im Stadtgebiet, ist das gesamte Auswertungsergebnis erfreulich und übertrifft die Erwartungen (zum Thema Notbrunnen siehe auch Kapitel 1.6.).

Das Bayerische Landesamt für Umwelt(LfU) charakterisiert im Rahmen der hydrogeologischen Landesaufnahme die Grundwässer Mittelfrankens und gibt einen Überblick über die anorganischen Wasserinhaltsstoffe.

Die Ergebnisse und auch entsprechende Grundlageninformationen zu den Keupergrundwässern in Nürnberg und Umgebung werden durch das LfU gesondert veröffentlicht (siehe Anhang III).

Parameter	Hinweis auf:
leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)	Leitparameter für Verunreinigung durch Gewerbe/Industrie
Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)	Leitparameter für Verunreinigung durch Gewerbe/Industrie
Schwermetallgehalte: Chrom gesamt, Blei, Cadmium, Arsen und Quecksilber	v.a. metallverarbeitende Industrie, z.T. geogen (Arsen)
Nitrat, Ammonium	Leitparameter für den Einfluss landwirtschaftlicher Nutzung
Pflanzenschutzmittel	Leitparameter für den Einfluss landwirtschaftlicher Nutzung
Sulfat	vorwiegend Indikator für Auffüllungsmaterialien (Bauschutt) im Stadtgebiet
Chlorid	Streusalz
Organischer Kohlenstoff (TOC)	Hinweis auf organische Verunreinigungen
pH-Wert, Leitfähigkeit	Milieu-Parameter
Eisen, Mangan	Gesundheitlich unbedenklich; erhöhte Konzentrationen können zur Verockerung von Brunnen etc. führen; überwiegend geogen

Tab. 2: Leitparameter für die Grundwasserqualität

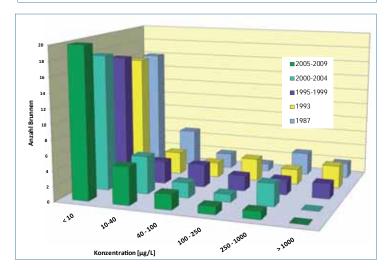
## 3.1.1. Hauptuntersuchungsparameter (LHKW, Nitrat und Pflanzenschutzmittel)

#### **LHKW**

LHKW (leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe) sind kettenförmige Kohlenstoffverbindungen, die durch den Einbau mindestens eines Halogen-Atoms charakterisiert werden. Verwendung fanden sie vor allen Dingen als Lösungsmittel zur Reinigung von Metallen und Textilien in den entsprechenden Industriezweigen. Gelangen diese Stoffe als Verunreinigungen in die Umwelt, zeichnen sie sich durch ein hohes Maß an Mobilität und außerordentliche Persistenz aus. Von einigen LHKW sind auch giftige oder karzinogene Eigenschaften bekannt.

Durch ihre physikalische Beschaffenheit weisen diese Substanzen eine größere Dichte als Wasser auf. Dadurch kommt es bei Eindringen in einen Wasserkörper zu Absinkbewegungen. In Gesteinsklüften und in der Bodenmatrix kann es zu einer Depotwirkung kommen. Dadurch können über einen längeren Zeitraum nach und nach LHKW in das Grundwasser abgegeben werden. Der Einsatz von LHKW ist inzwischen deutlich zurückgegangen – ein Großteil der Unternehmen bemühte sich seit Mitte der achtziger Jahre erfolgreich um eine Substitution der Schadstoffe durch unbedenkliche Ersatzsubstanzen. Viele Substanzen aus der LHKW-Stoffgruppe sind heutzutage zudem verboten.

100% 90% 9 80% 70% ■ > 1000 ug/l 60% ■ 250 - 1000 µg/L 50% 100 - 250 μg/L 40 - 100 μg/L 40% 73 73 ■ 10 - 40 µg/L 63 30% ■ 0 - 10 µg/L 20% 10% 0% 1995-1999 2000-2004 2005-2009



LHKW sind seit längerer Zeit und nach wie vor Schwerpunkt bei der Altlastenbearbeitung im Nürnberger Stadtgebiet. Zuletzt wurde 2009 in der Veröffentlichung "Daten zur Nürnberger Umwelt - Altlasten, Boden- und Grundwasserverunreinigungen" umfassend über die Belastungssituation und Sanierungserfolge berichtet [34].

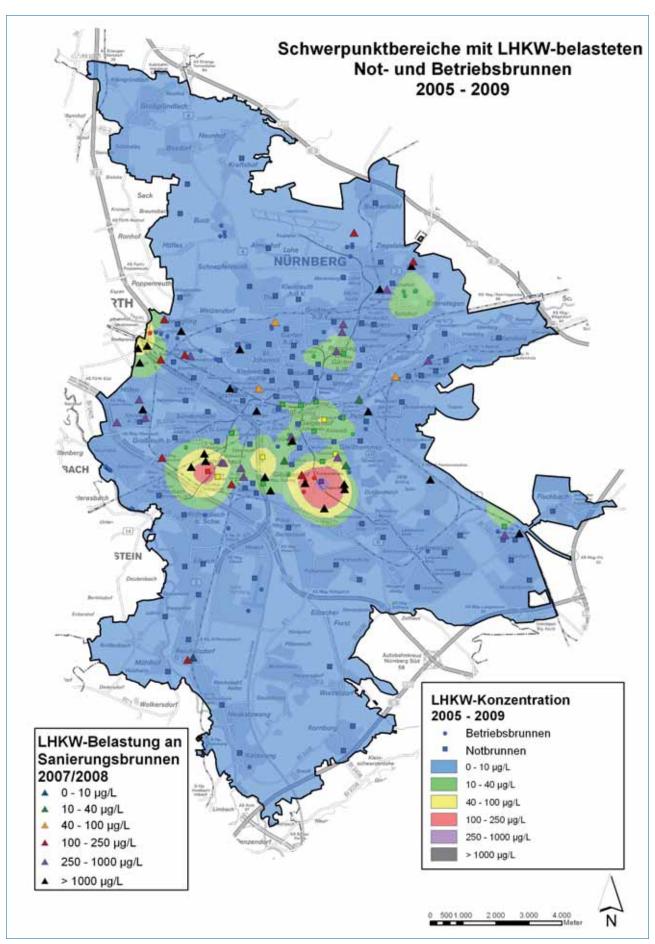
Grundsätzlich muss die LHKW-Problematik differenziert betrachtet werden. Kommt es zu Eintragungen in den Grundwasserkörper, breiten sich die Schadstoffe nicht flächenhaft aus, sondern bilden vielmehr Schadstofffahnen in Richtung der Grundwasserströmung. Diese können zum Teil beträchtliche Längen erreichen, sind in ihrer Breite aber größtenteils sehr begrenzt (teilweise weisen sie in der Breite eine Ausdehnung von lediglich 10 m auf).

Bei LHKW-Schadensfällen ist daher die akribische Recherche nach möglichen Eintragsquellen und die eingehende Ermittlung der hydrogeologischen Verhältnisse von großer Bedeutung, um entsprechend effektive Maßnahmen ergreifen zu können. Die LHKW-Belastungen wurden für die Darstellung in Karten und Diagrammen in Klassen eingeteilt. Der Wert von 10  $\mu$ g/L entspricht der Trinkwasserverordnung und ist

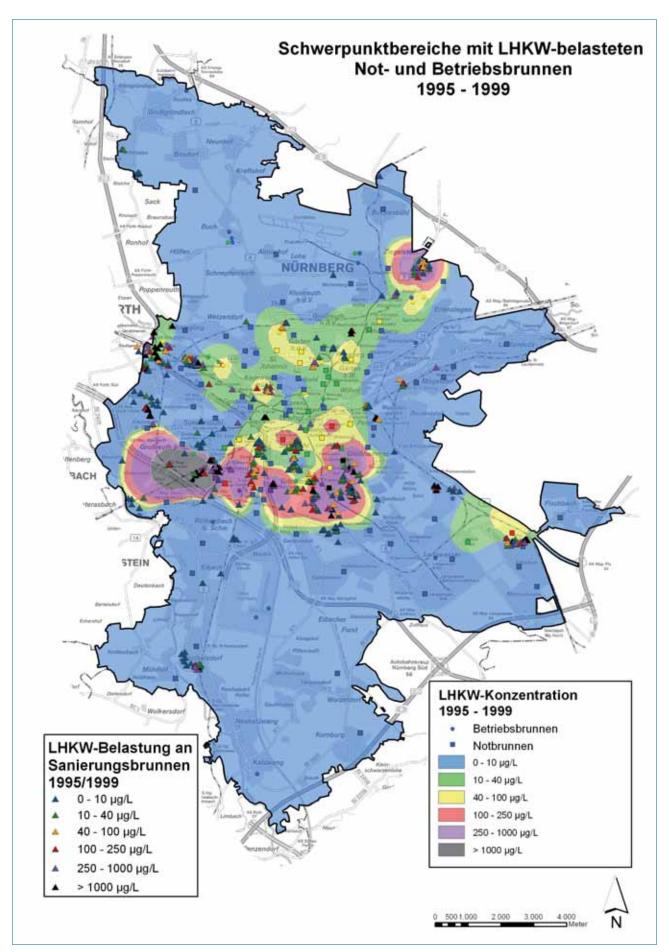
gleichzeitig der Schwellenwert gemäß Grundwasserverordnung (GrwV) sowie der Stufe-1-Wert nach LfW-Merkblatt 3.8/1 [47], bei dessen Überschreitung Detailuntersuchungen zur Eingrenzung der Grundwasserbelastung erforderlich sind. Der Stufe-2-Wert, ab dem erhebliche Grundwasserverunreinigungen vorliegen, liegt bei 40  $\mu$ g/L. Es bedarf genauerer Sanierungsuntersuchungen. Die weitere Einteilung in Wertebereiche bis 100  $\mu$ g/L, bis 250  $\mu$ g/L und bis 1000  $\mu$ g/L wurde vorgenommen, um starke Belastungen zu differenzieren und auch in diesen Kategorien Veränderungen erkennbar zu machen.

Abb. 46: Prozentuale Verteilung LHKW-belasteter Not- und Betriebsbrunnen (Anzahl direkt vergleichbarer Brunnen: 95)

Abb. 47: Vergleich der LHKW-Belastungen von 1987 – 2009 (Anzahl direkt vergleichbarer Brunnen: 29)



Karte 5: Schwerpunktbereiche mit LHKW-belasteten Not- und Betriebsbrunnen 2005 - 2009



Karte 6: Schwerpunktbereiche mit LHKW-belasteten Not- und Betriebsbrunnen 1995 - 1999

Die Darstellung der LHKW-Belastungen in den Karten 5 und 6 gründet auf den Untersuchungen der Not- und Betriebsbrunnen, die ein repräsentatives Netz über das Stadtgebiet aufspannen. Die ermittelten Werte wurden für diese Abbildungen interpoliert, um flächenhafte Ansichten zu erhalten. Zusätzlich sind jeweils die LHKW-Sanierungen durch ausgewählte Sanierungsbrunnen im Kartenbild repräsentiert. Die Flächen höherer Konzentrationen zeigen Schwerpunktbereiche mit einer größeren Anzahl belasteter Messstellen und sind als modellhafte Darstellungen zu verstehen. Sie bilden keine Schadstofffahnen ab.

Aus den Kartenbildern ist der Zusammenhang von LHKW-Belastungen mit industriell geprägten Arealen in der Nürnberger Südstadt, Schweinau und unweit der westlichen Stadtgrenze erkennbar. Dabei wird deutlich, dass die Verunreinigungen gerade in den am stärksten betroffenen Gebieten mittels Sanierungsmaßnahmen deutlich reduziert werden konnten.

Im Vergleich mit der Belastungssituation des Zeitraums 1995 - 1999 ist eine eindeutige positive Entwicklung hinsichtlich der Verbreitung und der absoluten Höhe der Schadstoffgehalte zu sehen (Abb. 46). Die bereits seit der ersten Bestandsaufnahme 1987 und mit den folgenden Grundwasserberichten [35, 37] dokumentierten deutlichen Erfolge bei der Verbesserung der Grundwasserqualität konnten somit kontinuierlich fortgeführt werden (siehe Abb. 47). Vor allem der Anteil besonders hoch belasteter Not- und Betriebsbrunnen ist im Laufe der Zeit deutlich zurückgegangen. Es sind jedoch noch immer Areale mit hohen bis sehr hohen Belastungen vorhanden, die weiterhin saniert werden müssen (siehe Kapitel 4.3.).

#### Nitrat, Ammonium

Stickstoffverbindungen in natürlichen Grundwässern erreichen im Allgemeinen allenfalls geringe Konzentrationen (bis 10 mg/L). In größerem Maße gelangen sie durch die landwirtschaftliche Düngung (Mineraldünger, Gülle) in das Grundwasser. Daneben können auch Abgasimmissionen (NO<sub>x</sub>) über Niederschläge zu Konzentrationserhöhungen führen. Ferner sind defekte Schmutzwasserkanalisationen und Altablagerungen potentielle Verunreinigungsherde.

Die Redoxsituation im Grundwasserleiter bestimmt die Form der Stickstoffverbindungen (Ammonium/Nitrit/Nitrat). In der Regel ist genügend Sauerstoff im Grundwasser vorhanden, so dass Stickstoff vorwiegend in Form von Nitrat vorliegt. Dieses zeichnet sich durch eine hohe Mobilität aus und wird somit rasch aus den Böden in das Grundwasser eingetragen.

Für das Auftreten von Ammoniumverbindungen sind reduzierende Bedingungen (Sauerstoffarmut) vonnöten. Sie werden durch eine hohe Wasserlöslichkeit charakterisiert, wodurch es im Allgemeinen zu einer schnellen Verdünnung innerhalb des Wasserkörpers kommt. Ammoniumkonzentrationen, die den Wert der Trinkwasserverordnung (0,5 mg/L) überschreiten, treten in Not- und Betriebsbrunnen sehr vereinzelt und nur punktuell in lediglich 3 % der untersuchten Grundwässer auf. Es sind jedoch vereinzelt Fälle mit zum Teil erheblichen flächenhaften Verunreinigungen (bei einzelnen Metallverarbeitungsbetrieben und Deponien) bekannt, die Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen unterzogen werden.

Höhere Nitrat-Belastungen sind erwartungsgemäß in den landwirtschaftlich genutzten Arealen (siehe Karten 7 und 8) festzustellen. Maximalwerte werden im intensiv bewirtschafteten Knoblauchsland gefunden (vgl. Kapitel 3.1.3.).

Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/L) wird außerdem zwischen Wöhrd und Großreuth h.d.V., südlich von Eberhardshof, bei Gleißhammer sowie im Südwesten bei Lohhof überschritten.

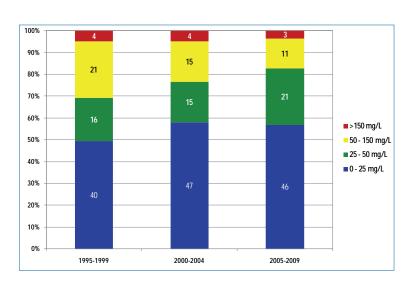
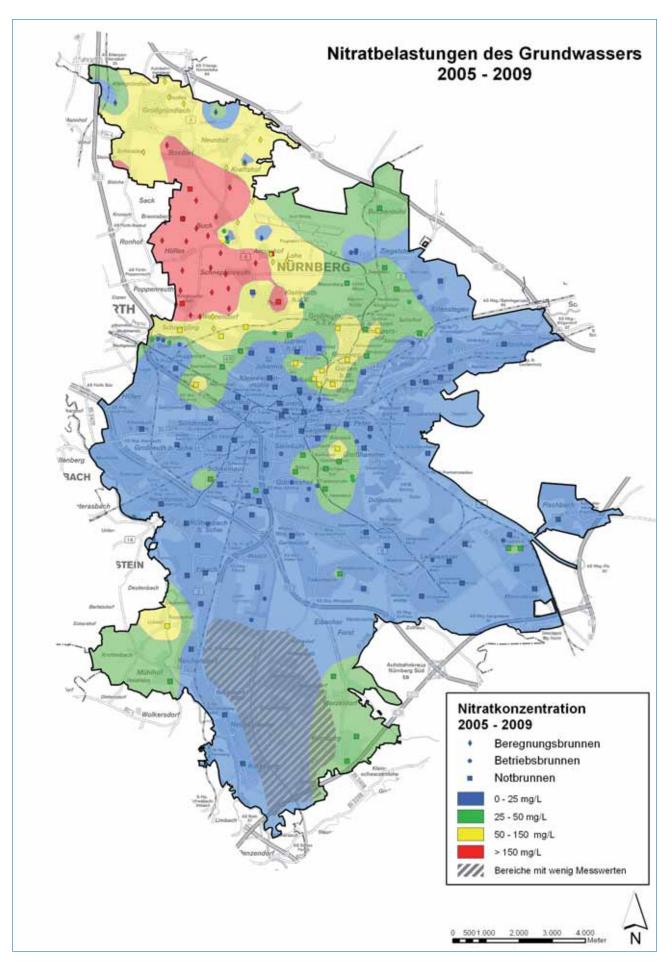
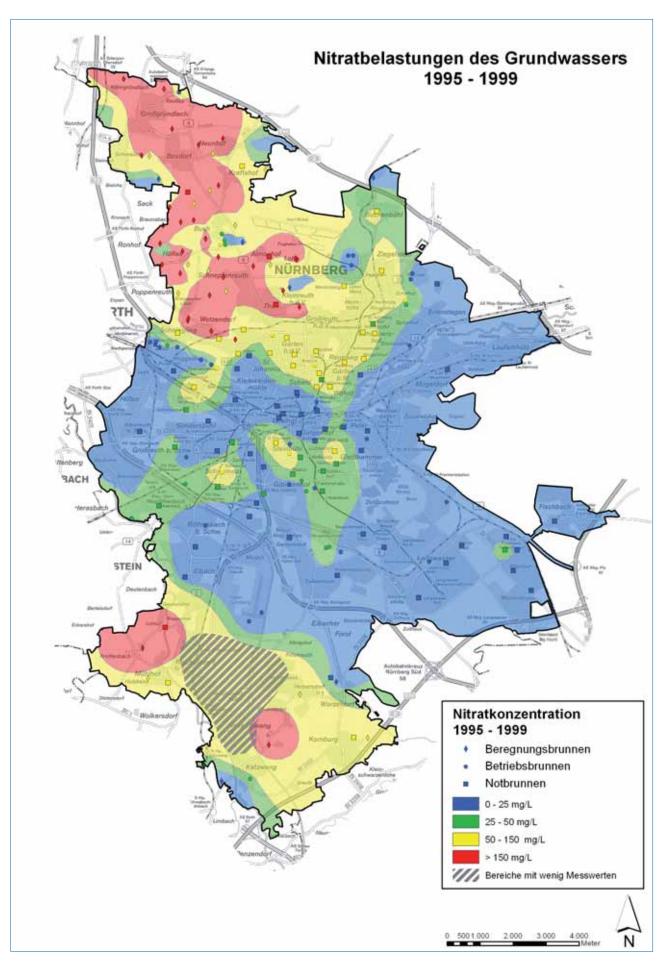


Abb. 48: Prozentuale Verteilung von Nitratbelastungen direkt vergleichbarer Betriebsund Notbrunnen (Anzahl Brunnen: 81)



Karte 7: Nitratbelastungen des Grundwassers 2005 - 2009



Karte 8: Nitratbelastungen des Grundwassers 1995 - 1999

Im Vergleich zu den Nitrat-Werten der Dekade 1990 – 2000 sind die Nitratkonzentrationen insbesondere im Süden des Stadtgebiets, aber auch nördlich bzw. nordöstlich der Altstadt, deutlich gesunken. Gerade im Süden ist ein Rückgang der Nitrat-Gehalte bei den untersuchten Notbrunnen festzustellen. Das Messnetz ist im Süden allerdings verhältnismäßig dünn, sodass Detailuntersuchungen in den dortigen landwirtschaftlich geprägten Arealen abweichende Ergebnisse bringen könnten. Eine künftige Verdichtung des Messnetzes für Nitrat (Ergänzung durch Beregnungsbrunnen) ist vorgesehen.

Analog zu den Verhältnissen im Nürnberger Süden weist auch der äußerste Norden Nürnbergs (nördlich von Großgründlach) eine eindeutige Abnahme der Nitratgehalte auf. So konzentrieren sich mittlerweile die hohen Nitratbelastungen mehrheitlich auf den Kernbereich des Knoblauchslandes. Zum Schutz des Grundwassers setzt man dort seit einigen Jahren auf die Wasserbeileitung aus dem Rednitztal. Zudem wird die Nitratdüngung mittels moderner bedarfsorientierter Gaben optimiert. Deutliche Verringerungen der Nitratkonzentration können jedoch nicht in allernächster Zukunft erwartet werden, da beträchtliche Nitratmengen in den Böden gespeichert sind und nach und nach mit dem Grundwasser ausgewaschen werden (vgl. Kapitel 3.1.3.).

Bezogen auf das gesamte Stadtgebiet war bereits zwischen den Untersuchungsergebnissen des Grundwasserberichts von 1987 [35] und den Analysen von 2000 [33] eine Verringerung des Anteils belasteter Brunnen (> 50 mg/L) von 33 % auf 27 % feststellbar. Diese Entwicklung setzte sich auch in der darauffolgenden Dekade fort. Bis zum Zeitraum 2005 - 2009 ist ein Rückgang des Anteils belasteter Brunnen auf unter 20 % zu vermerken (vgl. Abb. 48).

## Pflanzenschutzmittel (PSM)

Pflanzenschutzmittel dienen der Bekämpfung von Pflanzenschädlingen und Nahrungskonkurrenten angebauter Nutzpflanzen. Es handelt sich dabei um eine Vielzahl von Stoffen, deren Mobilität von den Bodenverhältnissen (z.B. pH-Wert, Adsorptionsfähigkeit) und den individuellen Löslichkeitsvoraussetzungen abhängt. Triazine, ehemals gern genutzte Herbizide ("Unkrautvertilgungsmittel"), lassen sich nach wie vor, trotz des bereits Anfang der 90 er Jahre erlassenen Verwendungsverbots, im Nürnberger Grundwasser stellenweise nachweisen. Diese Belastungen stehen in Zusammenhang mit der äußerst schlechten Abbaubarkeit dieser Substanzen.

Über das gesamte Stadtgebiet betrachtet können rückläufige Tendenzen bei den Pestizidbelastungen festgestellt werden (vgl. Karte 9 und 10). Abbildung 49 verdeutlicht diesen Sachverhalt im prozentualen Vergleich. Dabei ist ein Rückgang belasteter Not- und Betriebsbrunnen (Überschreitung des TVO-Summengrenzwertes von 0,5  $\mu$ g/L) auf unter 10 % zu beobachten.

In den landwirtschaftlich genutzten Arealen des Stadtgebiets waren keine nennenswerten Überschreitungen der bisherigen Haupt-/Leitsubstanzen aus der außerordentlich umfangreichen Gruppe der Pflanzenschutzmittel festzustellen (siehe auch Kapitel 3.1.3.). Erhöhte PSM-Werte finden sich vielmehr in Siedlungsgebieten und in der Nähe zu Gleisanlagen. In diesem Zusammenhang ist besonders das Areal um den Rangierbahnhof hervorzuheben, wo eine größere Problematik in Hinsicht auf Pflanzenschutzmittel vorliegt. Maßnahmen zur näheren Eingrenzung und Behandlung der Problematik sind in Planung.

Die Stoffgruppe der Pflanzenschutzmittel hat inzwischen einen enormen Umfang erreicht. Dementsprechend ist es unerlässlich die weiteren Untersuchungen an die aktuellen Hauptsubstanzen anzupassen. Bisher galten vor allem die Substanzen der Triazinfamilie als Leitstoffe für PSM-Untersuchungen.

pitel 3.1.3.).

Zur Ermittlung der Substanzen mit der aktuell größten Relevanz werden künftig detailliertere Untersuchungen im Knoblauchsland durchgeführt (vgl. hierzu Ka-

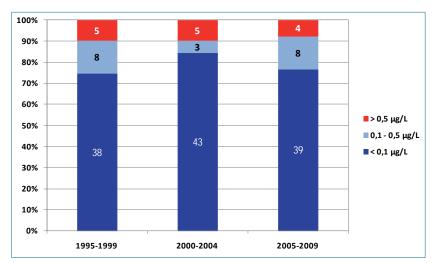
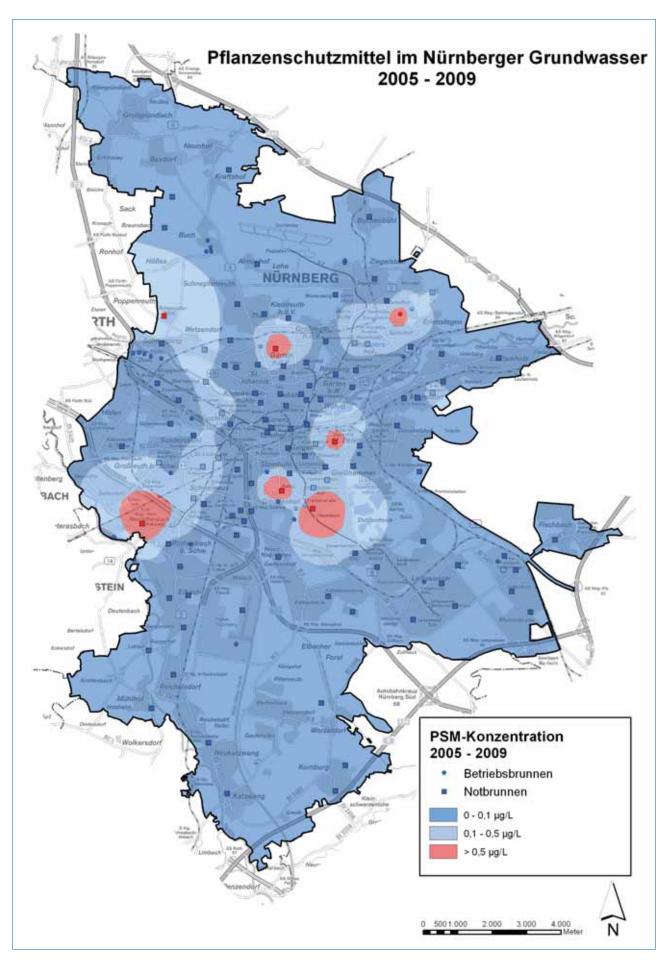
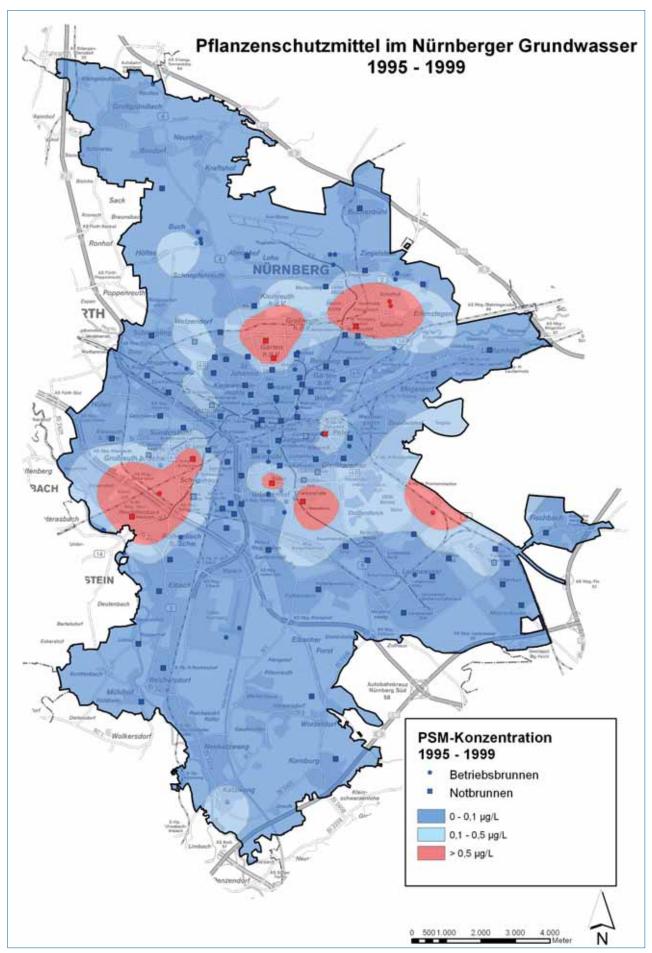


Abb. 49: Prozentuale Verteilung von Pflanzenschutzmittelbelastungen direkt vergleichbarer Not- und Betriebsbrunnen (Anzahl Brunnen: 51)



Karte 9: Pflanzenschutzmittel im Nürnberger Grundwasser 2005 - 2009



Karte 10: Pflanzenschutzmittel im Nürnberger Grundwasser 1995 - 1999

## 3.1.2. Weitere Leitparameter für die urbane Grundwasserqualität

#### **BTEX**

Monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, zu denen unter anderem Benzol, Toluol, Xylole und Ethylbenzole gerechnet werden, finden sich vor allem in Vergaserkraftstoffen und Lösemitteln. Bei allen untersuchten Brunnen wurden keine Belastungen gemessen. Der Grenzwert der TVO (0,01 mg/L) wird eingehalten; flächenhafte Verunreinigungen sind somit nicht vorhanden. Es sind jedoch punktuelle Schadensfälle mit BTEX-Einträgen in den Untergrund bekannt.

Beispiele sind mehrere stillgelegte Tankstellen, vor allem auf ehemaligen Militärstandorten in Nürnberg, eine Druckerei sowie zwei frühere Gaswerke. Es liegen z.T. sehr hohe Belastungen vor. Hier werden derzeit Sanierungsmaßnahmen durchgeführt.

#### PAK

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gelangen anthropogen bedingt in höheren Konzentrationen vor allem durch Verbrennungsrückstände und Rauchgasemissionen (z.B. bei Gaswerken oder Kokereien) in die Umwelt. Im Allgemeinen werden PAK durch die Bodenmatrix gut zurückgehalten. Eine Verlagerung in das Grundwasser findet somit in der Regel nicht statt.

In den untersuchten Betriebsbrunnen wurden keine erheblichen Gehalte des Summenparameters PAK festgestellt. Bei einzelnen Schadensfällen kann es jedoch zu erhöhten PAK-Werten im Grundwasser kommen, v.a. wenn zugleich BTEX-Substanzen als Lösungsmittel beteiligt sind und diese eine Austragung der PAK aus der Bodenmatrix bewirken. PAK-Schadensfälle kommen im Stadtgebiet im Bereich ehemaliger Gaswerke, vereinzelt auch im Bereich ehemaliger Tankstellen vor.

#### Schwermetalle und Arsen

Die Herkunft von Schwermetallen in der Umwelt hängt in erster Linie mit Altstandorten der metallverarbeitenden Industrie wie Chromereien, Verzinkereien oder galvanischen Betrieben zusammen. Weitere Quellen können der Verbrauch fossiler Brennstoffe (z.B. Blei und Cadmium aus Auspuffabgasen), Klärschlämme oder auch Agrochemikalien sein. Verunreinigungen des Grundwassers durch Schwermetalle kommen nur in geringem Maße vor, da die Schadstoffe in erster Linie an die Bodenzone gebunden sind. Sie liegen in schlecht löslichen Verbindungen vor und sind ortsfest. Bei den Auswertungen zu den Not- und Betriebsbrunnen in Nürnberg wurden Cadmium, Chrom (gesamt), Blei und Quecksilber, sowie das Halbmetall Arsen näheren Betrachtungen unterzogen.

Vorgefundene Arsengehalte im Grundwasser sind in erster Linie geogen bedingt. Grundwässer in den Gesteinsschichten des mittleren Keuper können natürliche Arsenkonzentrationen von im Mittel bis ca. 5,8  $\mu$ g/L, aber auch Werte von über 70  $\mu$ g/L, aufweisen. Bis auf wenige Ausnahmen lagen die Arsengehalte in den untersuchten Brunnen innerhalb dieser Grenzen (zum Vergleich: der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung beträgt 10  $\mu$ g/L).

Schwermetallbelastungen kommen im Nürnberger Stadtgebiet nur vereinzelt in Grundwässern vor und stehen in der Regel in Verbindung mit Auffüllungen oder Altdeponien. In diesem Zusammenhang wurden beispielsweise im Zeitraum 2000 – 2004 Belastungen nahe der Stadtgrenze in Nürnberg-Doos gefunden (Blei, Chrom, Arsen), die jedoch im Folgenden unterhalb der TVO-Grenzwerte blieben (2005-2009). Auffüllungsmaterial bedingt aktuell auch auf dem Kraftwerkgelände in Gebersdorf erhöhte Werte aller untersuchten Schwermetalle. Erwähnenswert ist auch eine deponiebedingte Arsenproblematik in Buchenbühl, die aktuell wieder einer genaueren Untersuchung unterzogen wird. Weitere kleinräumige und geringfügige Belastungen finden sich in verschiedenen Stadtteilen, die früher stärker industriell geprägt waren. Letztlich sind Schwermetalle im Nürnberger Grundwasser jedoch nur äußerst punktuell vorzufinden.

## Sulfat und Chlorid

Die beiden Anionen Sulfat und Chlorid sind in höheren Konzentrationen häufig ein Indikator für allgemein urbane Beeinflussung. Sie bilden außerordentlich gut lösliche Verbindungen.

Im Stadtgebiet Nürnberg sind erhöhte Sulfatgehalte in erster Linie auf Auffüllungen und Deponien zurückzuführen (v.a. Bauschutt). Sulfat gelangt außerdem aus der Atmosphäre (Schwefeloxide) über Niederschläge ins Grundwasser. Natürliche Quellen sind Gips und Anhydrit im tieferen Grundwasserstockwerk des Nürnberger Stadtgebietes (Benker Sandstein).

Areale, in denen anthropogen bedingt erhöhte Sulfatwerte vorliegen, finden sich im Westen und Nordwesten des Stadtgebietes und in der Werderau. Einige der dort untersuchten Brunnen wiesen Werte jenseits der TVO-Grenze von 240 mg/L auf. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen sind keine Veränderungen augenfällig.

Chlorid findet sich beinahe flächendeckend im Nürnberger Grundwasser und ist in der Regel an die Kationen Natrium oder Kalium gebunden. Größere anthropogene Chlorideinträge finden durch Streusalzeinsätze im Winter statt.

Entsprechend der jüngsten Messergebnisse (2005 – 2009) übersteigen 78 % der Messungen den natürlicherweise vorkommenden Gehalt von ca. 25 mg/L. Somit ist ersichtlich, dass anthropogene Einflüsse bei den Chloridgehalten nahezu im gesamten Stadtgebiet zu finden sind (vgl. Karte 11). 4 % der überprüften Messstellen übertrafen den TVO-Grenzwert von 250 mg/L. Es ist anzunehmen, dass diese Belastungen überwiegend auf den Einsatz von Streusalz zurückgehen. Insgesamt ist im Vergleich zu früheren Untersuchungen (Grundwasserbericht 1987 [35]) ein Anstieg der Chloridgehalte feststellbar (vgl. Abb. 50). Diese Ergebnisse sind im Zusammenhang mit den strengen Wintern der letzten Jahre zu sehen. Mittels neuer Methoden bei der Anwendung von Streusalz wird die ausgebrachte Menge bei vergleichbar guten Ergebnissen der Wirkung bereits reduziert. Im weiteren Grundwassermonitoring werden diese Effekte weiter überprüft werden.

#### pH-Wert und Leitfähigkeit

Der pH-Wert des Grundwassers ist maßgebend für das Puffer- und Lösungsvermögen der Inhaltsstoffe. Die Konzentration von CO<sub>2</sub> und gelöstem Kalk sind dabei in der Hauptsache für die pH-Bedingungen natürlicher, unbeeinflusster Wässer verantwortlich. Ein weiterer Einflussfaktor ist die umgebende Festphase als Puffersystem (Huminstoffe und Mineralsalze des Bodens).

Die Mehrheit der untersuchten Brunnen im Stadtgebiet liegt mit pH-Werten zwischen 6,5 und 8 innerhalb der charakteristischen Gehalte von Grundwässern in Keupergesteinen. Die Minimal- bzw. Maximalwerte in Nürnberger Grundwässern liegen bei 5,6 und 8,2. Geogene Extremwerte im Sandsteinkeuper liegen bei pH-Werten von 4,8 und 9,2.

Der Parameter "Leitfähigkeit" bildet die Gesamtheit der löslichen Stoffe im Grundwasser ab. Unter natürlichen Bedingungen ist er abhängig von den vorhandenen Mineralstoffen und den Ausgangsbedingungen innerhalb des Aquifers. Tiefer gelegene Grundwasserleiter führen häufig Wässer mit größeren Leitfähigkeiten als oberflächennahe Stockwerke. Eine deutliche Erhöhung der Mineralgehalte (> 800 - 1000  $\mu$ S/a) in oberflächennahen Grundwasserstockwerken ist in der Regel auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen (z.B. Streusalz, Düngung, Abwässer, Deponien).

Der TVO-Grenzwert der Leitfähigkeit (2500  $\mu$ S/cm) wird in Nürnberg lediglich punktuell überschritten. Es ist ein Zusammenhang mit der Verteilung der Chloridbelastungen gegeben. Brunnen mit relativ hohen Leitfähigkeiten reichen außerdem in den Benker Sandstein hinab, dessen Grundwässer geogen bedingt höher mineralisiert sind.

#### TOC (total organic carbon)

Der TOC-Wert ist ein Maß für den gesamten organischen Kohlenstoff im Grundwasser. Humifizierungs- und Stoffwechselprodukte von Pflanzen und Mikroorganismen sind für den Hintergrundgehalt an TOC verantwortlich. Ergänzend können anthropogene Einträge vorwiegend durch Abwässer und Deponien bedingt sein.

Der durchschnittliche TOC-Gehalt in Keupergrundwässern (7 mg/L) wird im Stadtgebiet nur sehr vereinzelt überschritten. Nahe Oberflächengewässer wie auch anthropogene Einwirkungen (Deponien) kommen hier als Einflussfaktoren in Frage. Die genauen Ursachen sollen weiter untersucht werden. Davon abgesehen ist die Grundwassersituation in Bezug auf die TOC-Werte als insgesamt unbedenklich zu bezeichnen.

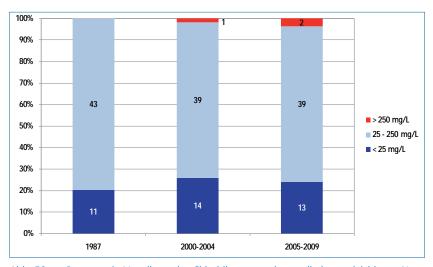
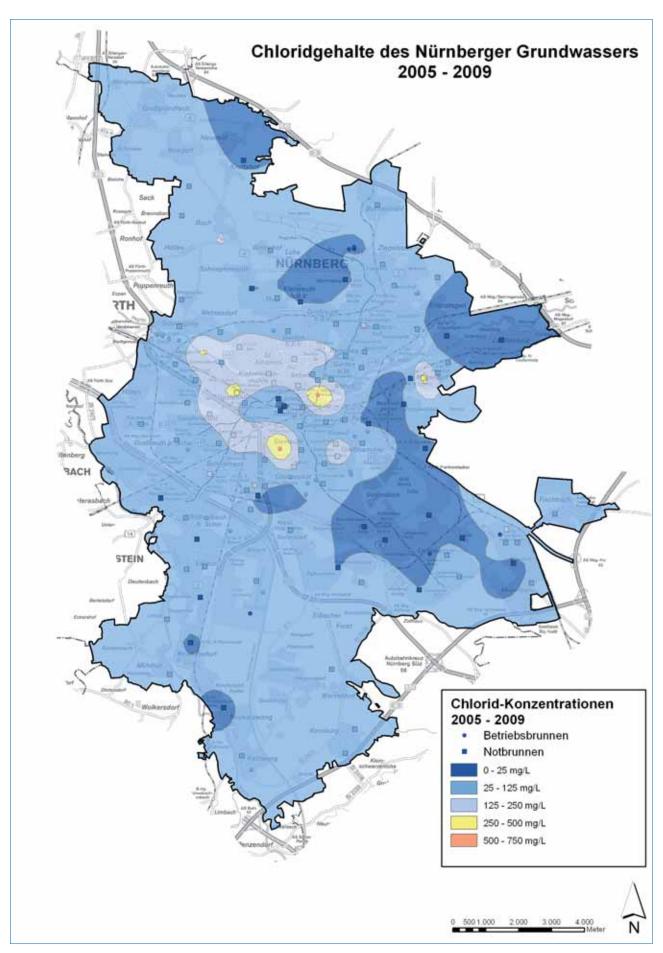


Abb. 50: Prozentuale Verteilung der Chloridkonzentrationen direkt vergleichbarer Notund Betriebsbrunnen (Anzahl Brunnen: 54)



Karte 11: Chloridgehalte des Nürnberger Grundwassers 2005 - 2009

#### Eisen und Mangan

Eisen und Mangan sind in den Keupergrundwässern Nürnbergs geogen bedingt in höheren Konzentrationen vorzufinden. Dies birgt allerdings keinerlei gesundheitliche Risiken. Es handelt sich hierbei nicht um Schadstoffe. Allerdings kann es in Brunnen, Leitungen und Geräten zu Verockerungen und Ablagerungen kommen und der Durchfluss und Geschmack des Wassers beeinflusst werden.

In gelöster Form ist grundsätzlich nur zweiwertiges Eisen im Grundwasser vorzufinden. Es ist also ein sauerstoffarmes bzw. reduzierendes Milieu nötig, um höhere Konzentrationen zu erreichen. Steigt der Sauerstoffgehalt im Grundwasser an, entsteht mittels Oxidation dreiwertiges Eisen, welches rasch ausfällt. Im Mittleren Keuper sind im Durchschnitt Werte von bis zu 0,25 mg/L zu erwarten. Natürlich bedingte Maximalkonzentrationen bis 17 mg/L können jedoch auch angetroffen werden. 90 % der gemessenen Eisengehalte im Stadtgebiet liegen unterhalb von 5 mg/L, 68 % halten zudem den Grenzwert der TVO (0,2 mg/L) ein.

Mangan verhält sich hinsichtlich seiner Lösungseigenschaften ähnlich wie Eisen. In zweiwertiger Form ist es gut löslich. Es findet sich in der Natur auch häufig im Verbund mit Eisen. Durchschnittlich finden sich Werte von bis zu 0,05 mg/L im Mittleren Keuper, es können natürlich bedingt allerdings auch bis 2,84 mg/L erreicht werden. 90 % der gemessenen Mangangehalte im Stadtgebiet liegen unterhalb von 1,12 mg/L, 36 % unterschreiten den TVO-Grenzwert (0,05 mg/L).

Konkrete Bereiche mit geringeren oder höheren Eisen- und/ oder Mangankonzentrationen konnten bislang nicht eindeutig festgestellt werden. Vielmehr ist mit den in Kap. 2.1. dargestellten, kleinräumigen Fazieswechseln in den Keupersandsteinen gleichermaßen ein kleinräumiger Wechsel der Eisen- und Mangangehalte im Ausgangsgestein und damit auch im Grundwasser verknüpft. Deshalb ist die Gefahr der Verockerung grundsätzlich einzelfallbezogen zu betrachten. So sind etwa bei Brunnen, die lediglich Wasser aus dem Quartär entnehmen, kaum nennenswerte Verockerungen zu erwarten.

#### Fazit

Die Entwicklung der qualitativen Grundwasserbeschaffenheit im Nürnberger Stadtgebiet kann alles in allem vor dem Hintergrund der Vergangenheit (in industrieller, agrarischer und kriegsgeschichtlicher Hinsicht) als zufriedenstellend bezeichnet werden. Sanierungs- und Vorsorgemaßnahmen konnten eine zum Teil deutliche Verbesserung der Gesamtsituation herbeiführen. Weitere Bemühungen sind jedoch nach wie vor unerlässlich um die noch vorhandenen Schadensfälle (etwa LHKW, BTEX) zu sanieren und großflächige Belastungen (z.B. Nitrat) in den Griff zu bekommen. Auch rücken immer wieder neue Substanzen in den Fokus, die in Zukunft eine Rolle spielen (z.B. neuere Pflanzenschutzmittel oder Perfluorierte Tenside – PFT). Diese gilt es in die zukünftigen Betrachtungen einzubeziehen und Wege für Sanierung und Vorsorge zu finden.

58

## 3.1.3. Nitrat- und Pflanzenschutzmittelbelastung im Knoblauchsland

(Wasserwirtschaftsamt Nürnberg - Hans Splitgerber: Textbeitrag zu den Untersuchungsaktionen des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg 2009 und 2010)

Die Grundwasserqualität im Gemüseanbaugebiet Knoblauchsland wird seit 1984 durch das Nitrat-Messprogramm des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg konsequent überwacht. Umfassende Untersuchungen zu einem breiten Spektrum an Grundwasserinhalts- und Schadstoffen fanden im Folgenden in Zusammenarbeit der städtischen und bayerischen Fachbehörden zwischen 1989 und 1992 statt. In der Grundwasserstudie Knoblauchsland 1992 des Umweltschutzamtes der Stadt Nürnberg wurde umfassend über die Ergebnisse berichtet [36].

Es wurde festgestellt, dass die Hauptbelastung des Grundwassers vom Nitrat verursacht wird. Außerdem wurden bei einigen Brunnen auffällig hohe Gehalte an kopplungsfähigen aromatischen Aminen festgestellt, die unter Anderem als orientierende Summenparameter für Pflanzenschutzmittel herangezogen werden können.

Da die Grundwasserqualität im Nürnberger Norden hauptsächlich von der Art und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens bestimmt wird, wurden zentrale Forderungen für eine aktive Grundwasserschutzpolitik der Landwirtschaft im Knoblauchsland formuliert und insgesamt 21 Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratauswaschung und des Pflanzenschutzmitteleinsatzes benannt. Ein wesentlicher Aspekt war dabei auch die Vermeidung von Schwarzbrachen im Winter. Eine Arbeitsgruppe aus Mitgliedern des Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Fürth), dem Gemüseerzeugerring Knoblauchsland e.V. und dem Wasserwirtschaftsamt Nürnberg erarbeiteten die konkrete Umsetzung der Maßnahmen (s.u.). Dass eine Verbesserung der Grundwasserqualität auch bei sofortiger und flächendeckender Durchführung der Maßnahmen nicht in kurzen Zeiträumen, sondern frühestens nach ca. 10 Jahren zu erwarten ist, wurde bereits in der Grundwasserstudie Knoblauchsland 1992 festgestellt.

Ein weiteres wichtiges Projekt, von dem eine deutliche und langfristige Erholung der Grundwasserqualität erwartet wird, ist die "Wasserbeileitung aus dem Rednitztal" zur Beregnung der landwirtschaftlichen Flächen (Kap. 1.4.). Seit dem Sommer 2004 wird mit dieser neuen Bewässerungsmaßnahme beregnet.

Zur Überwachung der Grundwasserqualität und zur Erfolgskontrolle wurde durch das Wasserwirtschaftsamt das Nitratmessprogramm fortgeführt und erweitert sowie seit 2009 ein umfassendes Untersuchungsprogramm für Pflanzenschutzmittel aufgelegt.

Durchgeführte Maßnahmen der Landwirtschaft zur Reduzierung der Nitratauswaschung und des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln im Knoblauchsland:

#### Verminderung der Nitratauswaschung

Zur Reduzierung von Nitrateinträgen in den Boden wird bereits seit mehr als 20 Jahren und in zunehmendem Maß nach dem N<sub>min</sub>-Sollwert-System gedüngt, wonach der Stickstoffbedarf exakt auf den Bedarf der zum Anbau vorgesehenen Kultur unter Berücksichtigung der im Boden vorhandenen Stickstoffmenge (N<sub>min</sub>-Untersuchung) und der Bodenform berechnet wird (bedarfsgerechte Düngung). N<sub>min</sub>-Untersuchungen finden sowohl kulturbegleitend (z.B. zur Ermittlung eines evtl. Nachdüngungsbedarfs) als auch in Form von Abschlussuntersuchungen statt. Jährlich werden ca. 800 bis 1000 solcher Analysen durchgeführt.

Mit einem Herbstwert von 80 kgN/ha bis 100 kgN/ha (berechnet auf eine Bodentiefe von 0-90 cm) bei der Mehrzahl aller Proben, liegen die Ergebnisse in einem für die Landwirtschaft üblichen Rahmen. Bei deutlichen Überschreitungen (ca. 10 % der Proben) werden Düngeempfehlungen seitens der Gemüseerzeugerrings e.V. gegeben.

Als größte Leistung zur Verminderung der Nitratauswaschung werden die, seit ca. 10-15 Jahren verwendeten N-stabilisierten Ammoniumdünger gesehen. Sie werden heute zu 80 % bis 90 % eingesetzt. Es sind "langsam fließende" Dünger, die auf diese Weise die Auswaschung von Nitrat aus den mineralischen Kunstdüngern weitgehend verhindern. Lediglich bei schnellwachsenden Kulturen wie Radieschen ist ein Einsatz solcher Dünger nicht zielführend.

Größtes Problem im Zusammenhang mit den Nitratbelastungen im Grundwasser ist der Stickstoffgehalt der organischen Substanz (im Humus).

Die Jahrhunderte lange Kultivierung der Knoblauchsländer Böden hat zu einer Humus- und Stickstoffanreicherung geführt. Dieser organische Stickstoff (im Gegensatz zum mineralischen Stickstoff -N<sub>min</sub>) ist für die Landwirtschaft und insbesondere den Gemüseanbau nicht bzw. sehr begrenzt einkalkulierbar, da die Pflanzenverfügbarkeit des organischen Stickstoffs sehr witterungsabhängig ist. Bei warmen Temperaturen und hohen Niederschlagsmengen kann es zur Mobilisierung und zu größeren Auswaschungen bzw. Verlagerungen von Nitrat kommen, das in diesem Fall zu einem Großteil aus der organischen Substanz stammt. Eine geeignete Lösung für dieses Problem gibt es derzeit nicht.

Lediglich die N<sub>min</sub>-Untersuchungen in relativ kurzen Abständen zur teilweisen Einplanung des organischen Stickstoffs sowie eine Abdeckungen der Kulturen mit Flies, das ein schnelles Versickern des Niederschlagswassers und damit eine Verlagerung von Nitrat in die Tiefe reduziert, können einen kleinen Beitrag zur Verbesserung der Situation leisten. Letztlich wird man aber noch länger mit dieser Problematik leben müssen.

#### Verminderung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln

In den letzten 20 Jahren hat sich schon allein aus entwicklungs- und zulassungstechnischen Gründen eine Veränderung beim Einsatz von Art und Menge der Pflanzenschutzmittel ergeben. Einige Wirkstoffe sind inzwischen verboten (z.B. Triazine), andere Pflanzenschutzmittel sind aufgrund von Weiterentwicklungen vom Markt genommen. Grundsätzlich wird mit einer deutlich reduzierten Dosis gearbeitet.

Besonders im Knoblauchsland haben die landwirtschaftlichen Betriebe in verschiedener Weise technisch aufgerüstet. So werden vielfach die benötigten Pflanzenschutzmittel computergestützt und damit präziser sowie verlustärmer dosiert und gespritzt. Darüber hinaus werden zur Vermeidung und Verminderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes soweit als möglich resistente Sorten angepflanzt. Eine gemischte Reihensaat bzw. Mischkulturanbau (Abb. 51), die eine Massenausbreitung von Schädlingen und Krankheiten wegen des Nebeneinanders verschiedener Kulturen verhindern bzw. minimieren kann (passiver Pflanzenschutz), wird im Profianbau nach wie vor nicht als praktikabel angesehen.

Abb. 51: Mischkultur im Knoblauchsland

Von größter Bedeutung zur Verminderung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln ist das in den letzten 20 Jahren sowohl personell wie methodisch ausgebaute und verfeinerte Informations- und Warnsystem des Gemüseerzeugerrings Knoblauchsland e.V.. Durch beständige Diagnose und Populationsüberwachung wird der aktuelle Krankheits- und Schädlingsdruck ermittelt und die Mitglieder darüber wöchentlich informiert. Gleichzeitig werden Empfehlungen herausgegeben. Dadurch kann auf eine vorbeugende Behandlung weitgehend verzichtet werden und der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bedarfsgerecht und zielgerichtet erfolgen. Auf diese Weise wurde der Pflanzenschutzmitteileinsatz um ein Drittel reduziert.

#### Vermeidung der Schwarzbrache im Winter

Zwischenfruchtansaat und Gründüngung werden verbreitet dort eingesetzt, wo es die Kulturfolge zulässt. Voraussetzung für eine Zwischenfruchtansaat (z.B. Wintergetreide) ist, dass die Vorkultur rechtzeitig (im September) geerntet ist, und im Frühjahr keine sehr frühen Kultursorten angebaut werden, d.h. ausreichende Keimtemperaturen und eine ausreichende Vegetationszeit gegeben sind. Sofern keine Zwischenfruchtansaat erfolgt, ist aufgrund der oft sehr frühen Aussaat von frühen Kultursorten (Aussaat z.T. bereits im Januar) die Zeit der Schwarzbrache meist auf 2 Monate begrenzt. Insofern ist die Gefährdung durch die winterliche Nitratauswaschung bereits reduziert. Die Bedeutung dieses Aspektes am Gesamtproblem der Grundwasserbelastung durch Nitrat muss weiter untersucht werden, voraussichtlich spielt er aber (inzwischen) eine untergeordnete Rolle.

## Untersuchungsaktionen des Wasserwirtschaftsamtes Untersuchungsumfang

Das seit 1984 bestehende Nitrat-Messnetz des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg wurde im Lauf der Jahre verdichtet. So wurde im Jahr 2008 das Messnetz auf 24 Messstellen erweitert. Im Jahr 2009 wurde eine Sonderuntersuchung für die Nitratmessungen durchgeführt, bei der das Messnetz um weitere 18 ehemalige Brunnen des Wasserverbandes Knoblauchsland und 11 Privatbrunnen erweitert wurde. Der Großteil dieser Messstellen (48 von 51) wurde zusätzlich auf Pflanzenschutzmittel analysiert. Durch die Verdichtung des Messrasters sollte eine großräumige Aussage zur Belastungssituation ermöglicht werden, die auch bisher kaum untersuchte Bereiche erfasst.

Neben dieser Sonderuntersuchung fließen auch die Nitrat-Untersuchungsergebnisse des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg und des Wasserverbandes Knoblauchsland aus dem Jahr 2010 in die folgende Beurteilung der Grundwassersituation ein.

Daten zur Nürnberger Umwelt

## Verbreitung der Nitratbelastungen - Ergebnis der Sonderuntersuchung 2009 (Karte 12 - nächste Seite)

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigten das bekannte Bild flächendeckender hoher Nitratbelastungen vor allem im Kernbereich des Knoblauchslandes. Mit wenigen Ausnahmen lagen die Belastungen dort bei Konzentrationen zwischen ca. 170-350 mg/L. Im erstmals neu erfassten Bereich südlich von Boxdorf wurden mit rund 260-300 mg/L Nitrat ebenfalls sehr hohe Belastungen festgestellt. Aufgrund hier vorherrschender schlecht durchlässiger Sandsteinformationen und geringer Fließgeschwindigkeiten können die Nitratbelastungen dort nur sehr langsam abtransportiert werden, weshalb es zu Anreicherungen und auch zukünftig zu nur sehr langsamen Verbesserungen kommen kann.

## Entwicklung der Nitratkonzentrationen - Reihenuntersuchung 2010 (Abb.52)

Im langfristigen Trend der 16 langjährigen Messreihen zeichnet sich trotz der positiv wirkenden Beileitung von Beregnungswasser und der Nitratminimierung durch bedarfsgerechte Düngung noch keine signifikante flächendeckende Verbesserung der Grundwasserbelastungssituation ab. Aufgrund der langsamen Grundwasserfließgeschwindigkeiten und der stark mit Nitrat gesättigten Böden ist hier auch nur mit langfristigen Verbesserungen zu rechnen.

Die höchsten lokalen Belastungen liegen nach wie vor im Bereich von Buch (350 mg/L). Ein hier im ersten Stockwerk liegender Betriebsbrunnen zeigt bei einer Jahresentnahme von 60.000 - 100.000 m³ Nitratkonzentrationen zwischen 190 - 230 mg/L, was dem typischen Belastungsbereich im Umfeld nahekommt.

In einigen Beregnungsbrunnen sowie in bestimmten Teilbereichen wie Almoshof und Lohe ist bereits ein langsamer Rückgang der Nitratbelastungen feststellbar.

## Pflanzenschutzmittelbelastungen (Karte 13 - nächste Seite)

Zur Erfassung des Belastungszustandes des Grundwassers mit Pflanzenschutzmitteln wurde durch das Wasserwirtschaftsamt Nürnberg 2009 eine Sonderuntersuchung durchgeführt, durch die ein möglichst flächendeckendes und umfassendes Bild über den Zustand des Grundwassers gewonnen werden sollte. Durch diese Aktion sollten auch Vergleichswerte zu der letzten orientierenden Untersuchung aus dem Jahr 1992 gewonnen werden.

Es wurden insgesamt 48 Messstellen auf 75 Pflanzenschutzmittel bzw. wenige Metabolite (Abbauprodukte) untersucht. Die festgestellten Belastungen lagen bei 9 Messstellen über dem TVO-Einzelwert von 0,1  $\mu$ g/L und in einem Fall über dem TVO-Summenwert von 0,5  $\mu$ g/L. Das Pflanzenschutzmittel, das die höchsten Grundwasserbelastungen bewirkte, war Metazachlor.

In Anbetracht der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung lagen die Belastungen relativ niedrig. Eine abschließende Aussage ist allerdings erst möglich, wenn die geplanten ergänzenden Untersuchungen auf weitere Pflanzenschutzmittel (siehe unten) durchgeführt sind. Unter anderem ist eine Untersuchung auf weitere Metabolite erforderlich, da es Erkenntnisse gibt, dass im Grundwasser hohe Metabolitkonzentrationen vorliegen, obwohl die Wirkstoffe selbst nicht mehr nachgewiesen werden können.

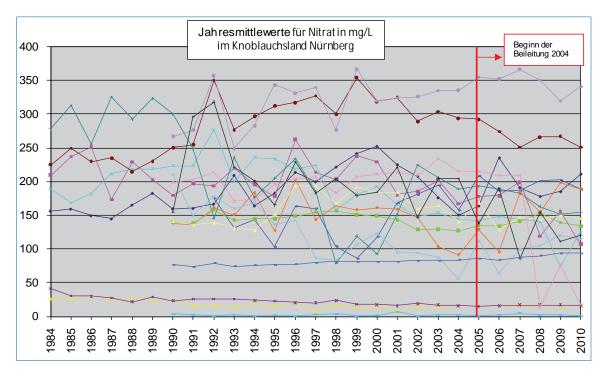
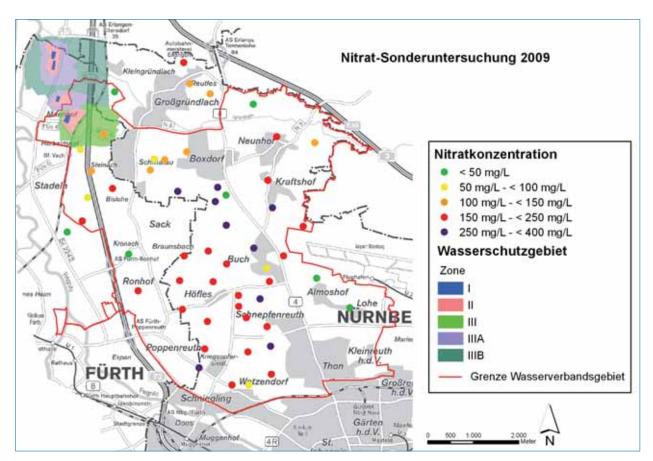
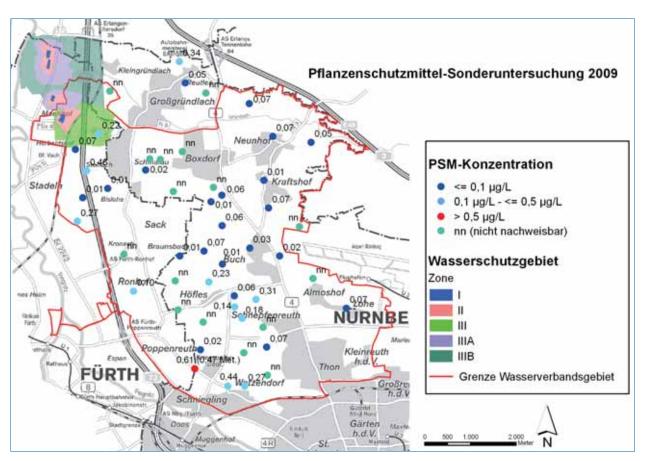


Abb. 52: Entwicklung der Nitratkonzentrationen (Reihenuntersuchung 2010)



Karte 12: Ergebnisse der Nitrat-Sonderuntersuchung 2009



Karte 13: Ergebnisse der Pflanzenschutzmittel-Sonderuntersuchung 2009

## Weiterführende Untersuchungsmaßnahmen

Die Untersuchungen der Grundwasserqualität im Knoblauchsland werden weitergeführt und vertieft. Zunächst ist eine Überprüfung und Optimierung des Messnetzes vorgesehen.

Da der Haupttransport des Nitrats über den Bucher Landgraben sowie die umliegenden Quartärstrukturen erfolgt, sollen unter Einbeziehung des Oberflächengewässers sowie der angeschlossenen Dränagen ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden.

Hinsichtlich der Pflanzenschutzmittel ist es vorgesehen, an wenigen ausgewählten Messstellen, eine möglichst vollständige Grundwasseruntersuchung auf alle relevanten Pflanzenschutzmittelwirkstoffe durchzuführen, welche mehr als 100 Einzelstoffe umfassen wird. Bis Ende 2011 sollen darüber hinaus einige Messstellen wiederholt auf die bereits 2009 untersuchten Pflanzenschutzmittel analysiert werden. Die weiteren Monitoring-Maßnahmen im Knoblauchsland werden auf die dann vorliegenden neuen Erkenntnisse angepasst.

#### Fazit und Ausblick

Seit der umfassenden Grundwasserstudie Knoblauschland 1992 [36] wurden eine Reihe von Maßnahmen zur Überwachung und zur Verbesserung der qualitativen Grundwassersituation durchgeführt. Erste kleine Erfolge sind bei der Reduzierung der Nitratkonzentrationen zumindest in Teilbereichen erkennbar (Abb. 53). In Bezug auf die große Schadstoffgruppe der Pflanzenschutzmittel und deren Abbauprodukte kann bislang keine abschließende Aussage getroffen werden. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigten jedoch relativ geringe Beeinträchtigungen. Insgesamt ist deshalb davon auszugehen, dass sowohl durch die Maßnahmen der Landwirtschaft als auch durch die Beileitung von Beregnungswasser tendenziell und langfristig eine Verbesserung der Grundwassersituation möglich ist.

Mit der Zielerreichung eines guten qualitativen Zustandes nach Europäischer Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für das Grundwasser im Knoblauchsland, als auch für die Fließgewässer Bucher Landgraben und Gründlach, ist trotz der Maßnahmen zur Reduzierung auswaschungsbedingter Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft, erst nach 2015 auszugehen. An einer Optimierung der Einflussfaktoren muss weiter gearbeitet werden.

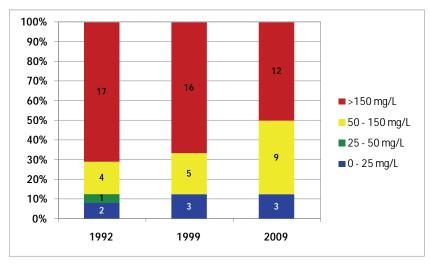


Abb. 53: Entwicklung der Nitratgehalte im Knoblauchsland seit 1992 (Anzahl direkt vergleichbarer Brunnen: 24)

## 3.2. Grundwasserquantität im Stadtgebiet Nürnberg





Abb. 54: Grundwassermessstellen des Grundwassermessnetzes Nürnberg



Abb. 55: Messung des Grundwasserstandes an einer Grundwassermessstelle (Herbst 2010)

#### 3.2.1. Grundwassermessprogramm 2010

Seit dem letzten Grundwasserbericht (2000) [33] haben sich für verschiedene Faktoren, die auf die quantitative Grundwassersituation einwirken, Veränderungen ergeben. Zusammenfassend sind dies, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt, folgende Entwicklungen:

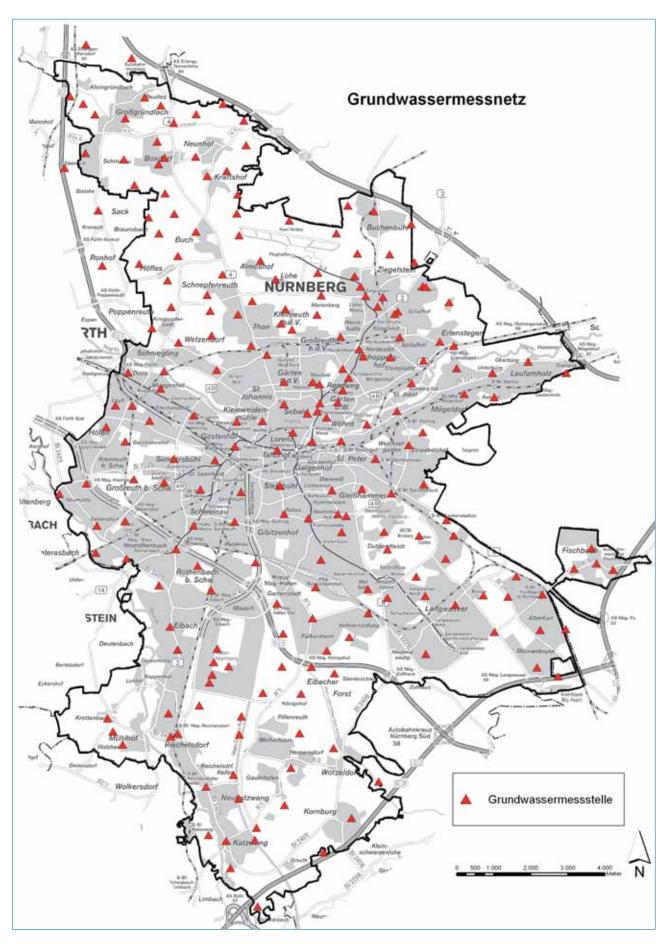
- Veränderte Siedlungsstrukturen und -entwicklung
- Vermehrter Einbau von Versickerungsanlagen
- Veränderungen bei Grundwassernutzungen im industriellen/gewerblichen Bereich
- Kanalsanierungen
- geändertes Bewässerungssystem im Knoblauchsland
- witterungsbedingte Veränderungen.

Es galt daher die Kenntnisse zu Grundwasserständen und Grundwasserfließverhalten in einem Gesamtüberblick über das Stadtgebiet zu aktualisieren und gleichzeitig die Erhebungen zu systematisieren.

#### Einrichtung eines Messtellennetzes

Zur konsequenten, flächendeckenden Erfassung von Grundwasserständen und im Hinblick auf eine regelmäßige Fortschreibung und Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten wurde ein Messstellennetz eingerichtet und soweit möglich für zukünftige Erhebungen gesichert. Das Messstellennetz setzt sich aus bereits bestehenden, jeweils vor Ort auf Funktionstüchtigkeit und Eignung geprüften, geocodierten, qualifizierten Grundwassermessstellen zusammen.

Für das Netz wurde ein flexibles 1\*1 km-Raster angelegt. Das Grundwassermessnetz besteht aus rund 230 Messstellen im Stadtgebiet (Karte 14). Knapp 50 % der Messstellen befinden sich im städtischen, die übrigen Messstellen im privaten Eigentum. Es wird ausschließlich das Grundwasserstockwerk I und hierbei insbesondere das oberflächennahe Grundwasser erfasst. Die Messstellen sind grundsätzlich über die gesamte Ausbautiefe in den wasserführenden Schichten verfiltert und erreichen mehr als 10 m Tiefe. Die Messstellen haben jeweils einen ausreichenden Abstand zu Entnahmebrunnen, so dass eine Beeinflussung der zu ermittelnden Grundwasserstände aus entnahmebedingten kleinräumigen Absenkungen ausgeschlossen ist. Ziel war es, den Ruhewasserspiegel zu erfassen. Einzelne Messstellen spiegeln schwebende Grundwasserstockwerke wider (Kap. 2.2.2.) oder sind gegen das oberflächennahe Grundwasser abgesperrt. Die dort gemessenen Grundwasserstände werden deshalb bei der Betrachtung der Grundwasseroberfläche des Hauptgrundwasserleiters nicht berücksichtigt.



Karte 14: Grundwassermessnetz der Stadt Nürnberg

Die Ortsteile Brunn/Netzstall/Birnthon und die Gebiete westlich der Rednitz (um Krottenbach) sind aufgrund der randlichen Lage und der, in zu geringer Anzahl vorhandenen Messstellen, bislang nicht in das Grundwassermessnetz eingebunden.

#### Erhebung der Grundwasserstände

An den Messstellen des Grundwassermessnetzes wurden im Frühjahr und Herbst 2010 (Anfang März, Mitte Oktober) zwei sogenannte Stichtagsmessungen durchgeführt. Hierbei wurden jeweils durch mehrere Messtrupps innerhalb von max. 2 Wochen die Grundwasserstände aller Messstellen erhoben. Die Messungen im Herbst wurden zeitgleich mit den Datenerhebungen zur hydrogeologischen Landesaufnahme der Region 7 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt durchgeführt.

Die Organisation und Koordination der Stichtagsmessungen wurde von der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (Stadt Nürnberg) übernommen. Die Vorort-Untersuchungen wurden außerdem von weiteren Beteiligten intensiv unterstützt. So hat das Landesamt für Umwelt (LfU) die Stichtagsmessungen mit zwei Messtrupps unterstützt. Das staatliche Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (WWA) hat die Messungen im Knoblauchsland übernommen. Die Wasserversorger N-Ergie (mit Aqua-Opta), die Erlanger Stadtwerke und die infra Fürth haben ihre eigenen Grundwasserstandsmessungen terminlich an die Nürnberger Stichtagsmessungen angepasst. Weitere terminliche Abstimmungen gab es mit dem Servicebetrieb öffentlicher Raum (Stadt Nürnberg). Der Wasserverband Knoblauchsland sowie die Eigentümer von Messstellen haben einen unkomplizierten Zugang zu ihren Brunnen gewährleistet.

Bei beiden Messkampagnen wurden in etwa mittlere bis hohe Grundwasserstände angetroffen. Im Herbst 2010 lagen für das Ende des hydrologischen Sommers unübliche, verhältnismäßig hohe Grundwasserstände vor. Grund hierfür ist der ausgesprochen niederschlagsreiche Sommer 2010, der einen Anstieg der Grundwasserstände bereits im August verursacht hatte (Abb. 56).

Die im Rahmen der Messkampagnen im März und Oktober gemessenen Grundwasserstände am Grundwassermessnetz können im Internet unter dem Link http://umweltdaten. nuernberg.de/grundwasser eingesehen werden. Die Messwerte vom Herbst 2010 sind zusätzlich in der Kartenbeilage (Anlage 2) dargestellt. Die in der Anlage 2 in roter Farbe dargestellten Grundwassermessstellen (GWM) waren aufgrund ihres Ausbaus nicht uneingeschränkt für eine großräumige Betrachtung geeignet.

#### Auswertung der Grundwasserstände

Zur Auswertung und Erarbeitung eines gesamtstädtischen Überblicks über die Grundwassersituation wurden die ermittelten Grundwasserstände unter Berücksichtigung weiterer hydrogeologischer Rahmenbedingungen, insbesondere der Oberflächengewässer, des Untergrundaufbaus und evtl. anthropogener punktueller Einflüsse, geprüft und interpoliert.

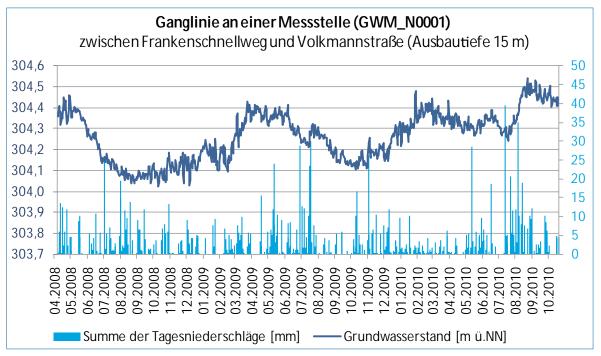


Abb. 56: Ganglinie an der Messstelle GWM N0001

Für die vorliegende Auswertung wurde ergänzend zu den Grundwasserstandsdaten des Grundwassermessnetzes eine Vielzahl weiterer Grundwasserstandsmesswerte herangezogen. So konnten Messwerte aus aktuellen öffentlichen und privaten Bau- und Planungsmaßnahmen, hierbei vor allem Ergebnisse der Untersuchungen zum geplanten Ausbau des Frankenschnellwegs und aktuelle Erhebungen der DB Netz AG im Bereich Südbahnhof verwendet werden. Weiterhin wurden die Beobachtungspegel des Wasserwirtschaftsamtes in die Auswertungen mit einbezogen und insbesondere ergänzende Daten, v. a. in den Randbereichen des Stadtgebietes, aus der zeitgleichen Stichtagsmessung des Landesamtes für Umwelt (Hydrogeologische Landesaufnahme des Freistaats Bayern, Region 7) verwendet. Damit konnte die Datengrundlage für die folgenden Auswertungen weiter verdichtet, zusätzlich verbessert und das neu eingerichtete Grundwassermessnetz quasi kalibriert werden. Für die meisten Gewässer lagen außerdem abschnittsweise Höhenangaben vor.

Für die Erstellung der Flurabstandskarte war raumbezogen jeweils die Differenz der Geländehöhe und der Grundwasserspiegelhöhe zu ermitteln. Grundlage hierfür waren die Geländehöhen des Digitalen Geländemodells (erzeugt mit Airborne Laserscanning) des Bayerischen Landesamts für Vermessung und Geoinformation (LVG).

Für gute und realitätsnahe Auswertungsergebnisse sind Erfahrungswerte und breite geologisch-hydrogeologische Fachkenntnisse über das Stadtgebiet unabdingbar. Aus diesem Grund wurden vom Umweltamt zusätzlich zum beauftragten Gutachterbüro (R&H Umwelt GmbH) zur fachlichen Auswertung die Fachleute des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg, der Stadt Nürnberg sowie des Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg (Angewandte Geologie) eingebunden. In zwei umfassenden Fachgesprächen wurden die Ergebnisse diskutiert.

Die Auswertungsergebnisse sind im Grundwassergleichenplan (Anlage 2) und in der Flurabstandskarte (Anlage 3) dargestellt.

## 3.2.2. Grundwasserfließrichtungen

## Grundlagen für den Grundwassergleichenplan

Die Auswertungsergebnisse der Grundwasserstandsmessungen im Herbst 2010 (18. Oktober bis 27. Oktober) sind in einem Grundwassergleichenplan (Linien gleicher Grundwasserspiegelhöhe) dargestellt. Er spiegelt die großräumige Grundwassersituation des Hauptgrundwasserleiters, Grundwasserstockwerk la+b, wider (Anlage 2). Zur Auswertung kamen 268 Grundwasserstandsdaten.

Obgleich sich in Nürnberg wegen des oft kleinräumig wechselnden Untergrundaufbaus sowie anthropogener Einflüsse mancherorts für konkrete Detailfragen nur mit größerem Aufwand eindeutige Grundwasserfließverhältnisse feststellen lassen, hat sich das gewählte und konsequent überprüfte Grundwassermessnetz als sehr gut geeignet für die großräumigen Betrachtungen erwiesen.

Nach der zunächst rein technisch-mathematischen Interpolation der gemessenen Grundwasserstände wurde auf Basis ergänzender Fachinformationen und Erfahrungswerte der beteiligten Fachbehörden (Kap. 3.2.1.) die Grundwassergleichenkarte entsprechend korrigiert und angepasst.

Die bereichsweise festgestellten schwebenden Stockwerke (Kap. 2.2.2.) werden ergänzend zu den Grundwassergleichen in Anlage 2 dargestellt.

Die Erhebungen Buchenbühl und Schmausenbuck weisen zusätzlich zu (mehreren) schwebenden Stockwerken geologische Störungszonen auf, die das Grundwasserfließverhalten zum Teil erheblich beeinflussen können. Die Ermittlung der Grundwasserfließverhältnisse erfordert dort jeweils eigene Detailuntersuchungen. Im Bereich des Schmausenbuck ist diese Problematik eher von wissenschaftlichem als von praktischem Interesse (vgl. [6]), während im Bereich Buchenbühl weiterer Klärungsbedarf, v.a. im Falle von künftigen Grundwasserhaltungsmaßnahmen, besteht.

Mit dem neuen Grundwassergleichenplan liegt nun eine differenzierte und aktuelle Karte vor, die weitestgehend das gesamte Stadtgebiet Nürnberg abdeckt. Sie kann mit dem Bearbeitungsmaßstab von 1:25.000 gute Grundlagen- und Erstinformationen für die vielfältigen Fragestellungen liefern, die sich im Zusammenhang mit Eingriffen in den Grundwasserkörper sowie dem Grundwasserschutz ergeben. Detailuntersuchungen für konkrete Fragestellungen ersetzt die Karte nicht. Für exakte, standortbezogene Aussagen sind u.a. die genannte Darstellungsgenauigkeit der vorgelegten Karten, die möglichen Grundwasserschwankungsbreiten und das mögliche Vorkommen schwebender Stockwerke zu berücksichtigen. Der Grundwassergleichenplan stellt einen mittleren Grundwasserspiegel dar.

#### Grundlegende Ergebnisse

Die grundsätzlichen Fließverhältnisse sind bereits aus den Grundwassergleichenkarten der Grundwasserberichte aus 1993 [37] und 2000 [33] bekannt und können mit den vorliegenden aktuellen Auswertungen bestätigt werden (Karte 15).

Der Grundwasserzustrom zum Stadtgebiet kommt aus dem Südosten und Nordosten. Die Hauptfließrichtungen sind jeweils auf die Flüsse Pegnitz, Rednitz und Regnitz hin orientiert. Das Grundwasser bewegt sich auf diese Vorfluter zu und tritt dort in die Talräume und Gewässer über.

Auch die Gewässer 2. und 3. Ordnung, insbesondere die Gründlach und der Bucher Landgraben im nördlichen Stadtgebiet sowie das nicht verrohrte Teilstück des Langwassergraben wirken, erkennbar durch den V-förmigen Verlauf der Isohypsen, als Vorflut. Des Weiteren stellt der Main-Donau-Kanal im Bereich der nicht gedichteten Strecken zwischen Schleuse Nürnberg und Sportboothafen eine Vorflut dar. Der ebenfalls offen gegenüber dem Grundwasser ausgebaute Hafenbereich bewirkt im südöstlichen Zustrom zunächst ein erhöhtes Gefälle; im Hafenbereich selbst entsteht eine Verflachung der Grundwasseroberfläche. Im Süden und Nordwesten des Stadtgebietes hat der Kanal aufgrund seiner Abdichtung und Höhenlage keine wesentlichen Auswirkungen auf das Fließgeschehen.

Ein deutlicher Einfluss des ehemaligen großen bzw. tiefen, heute mit Lockersedimenten verfüllten, Flusstals (Urtalrinne I) auf das Fließgeschehen ist im Grundwassergleichenplan nicht erkennbar. Lokal können jedoch durch die nebeneinander vorkommenden, unterschiedlich wasserführenden Schichten relevante Effekte auf das Grundwasserfließverhalten und die Grundwasserfließrichtung auftreten (Kap. 2.2.2. und [32]).

Die Grundwasserscheiden, d.h. die Höhenrücken in der Grundwasseroberfläche, orientieren sich weitgehend an den Wasserscheiden der Oberflächengewässer. Besonders ausgeprägt – und verstärkt durch den teilweise vorhandenen Einfluss des Main-Donau-Kanals – ist der Grundwasserhöhenrücken bei Schweinau und Großreuth b. Schweinau.

Der Süden Nürnbergs, südlich des Hafens und des Südbahnhofes, wurde erstmals in die gesamtstädtischen Betrachtungen einbezogen. Die festgestellten Grundwasserfließrichtungen bestätigen die Kenntnisse zum Grundwasserzufluss aus dem Südosten. Im Bereich Kornburg war, mit einer Unschärfe bei der Lagegenauigkeit, eine Grundwasserscheide festzustellen.

# Aktuelle Erkenntnisse – Veränderungen gegenüber vorausgegangenen Plänen

Veränderungen gegenüber den vorausgegangenen Grundwassergleichenplänen (vgl. [33] und [37]) ergeben sich nicht nur durch natürliche und/ oder anthropogen bedingte Änderungen des Grundwasserspiegels, sondern können auch methodische Ursachen haben.

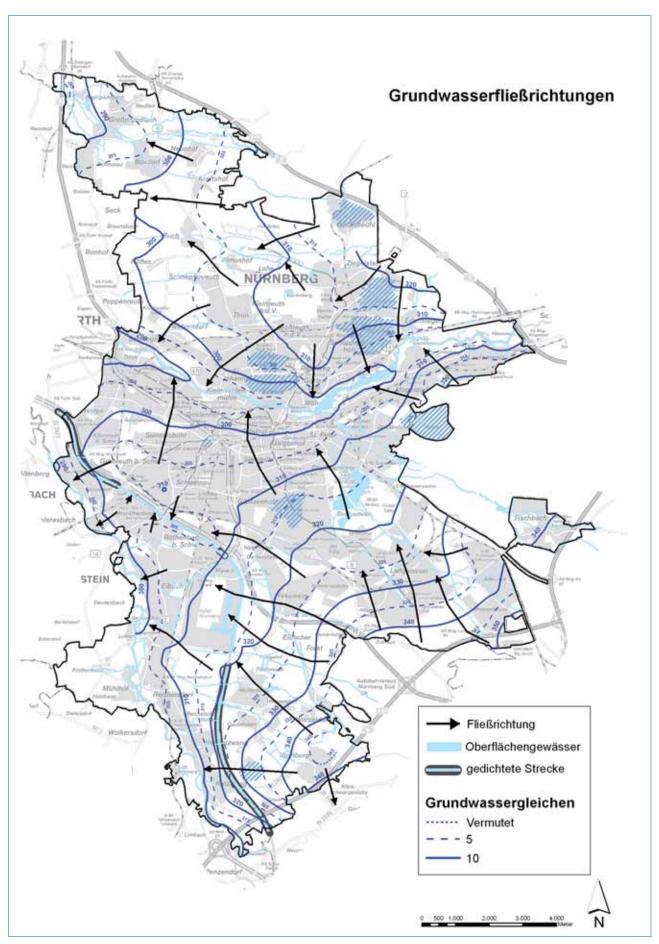
Deutliche Änderungen im Verlauf der Grundwassergleichen sind unter Anderem durch die veränderte Auswahl der in die Auswertung einbezogenen Messstellen, durch die Verdichtung des Grundwassermessnetzes sowie durch die verbesserte Qualität der verwendeten Messwerte (Stichtagsmessung) in folgenden Bereichen gegeben:

- Rennweg und Schoppershof: Verschiebung der Isohypsen deutlich nach Süden. Das Messstellennetz konnte hier verdichtet und vor allem der oberflächennahe Grundwasserkörper verstärkt in die Betrachtungen mit einbezogen werden. Weitere, vertiefende hydrogeologische Auswertungen, auch im Zusammenhang mit den verbreitet auftretenden schwebenden Stockwerken im Bereich Nordostpark, Schafhof, Spitalhof, Platnersberg, Steinplatte und Nordostbahnhof, waren auf Basis der aktuellen Auswertungen kurzfristig nicht möglich und sind im Rahmen des weiteren Monitorings und in Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten geplant.
- St. Johannis, Wetzendorf: Verschiebung der Grundwassergleichen nach Süden; hier sind unter Anderem Interpolationsspielräume aufgrund der jeweils geringen Dichte geeigneter Messstellen gegeben.
- Bereich Südbahnhof und Gibitzenhof: Der Grundwasserhöhenrücken erhält dort eine veränderte Ausprägung; hier lag für die aktuelle Auswertung eine deutliche Verdichtung der ausgewerteten Grundwasserstände vor (u.a. Daten der DB Netz AG).

Natürliche, wie auch anthropogen verursachte Änderungen des Grundwasserspiegels (Kap. 3.2.4.) können bei dem Bearbeitungsmaßstab von 1: 25.000 nur bei größeren Änderungsbeträgen relevante Lageveränderungen im Verlauf der Grundwassergleichen bewirken. Bei den Verschiebungen der Isohypsen im nördlichen Stadtgebiet (z.B. Gärten h.d.V., Maxfeld) in Richtung Süden und im südlichen Stadtgebiet nach Norden und Westen können langfristige Grundwasserstandsänderungen anteilig, neben den methodischen Ursachen, mitbeteiligt sein.

Keine bzw. nur sehr geringe Veränderungen gegenüber den Ergebnissen der Jahre 1995 [21] und 2000 [33] liegen im Norden Nürnbergs, d.h. im Knoblauchsland bis Wetzendorf, im Bereich des Marienbergpark und bei Ziegelstein vor. Die Grundwasserhöhenlinien verlaufen dort in etwa über die gleichen Flurstücke wie bei den Grundwassergleichenplänen der genannten vorausgegangenen Untersuchungen.

Ebenfalls weist das südwestliche Stadtgebiet (Großreuth bei Schweinau, Röthenbach bei Schweinau) ggü. den Auswertungen des Grundwasserberichtes 2000 (Anlage 3; [33]) vergleichbare Isohypsenverläufe auf.



Karte 15: Grundwasserfließrichtungen im Stadtgebiet Nürnberg

#### 3.2.3. Grundwasserflurabstand

Der Abstand zwischen der Geländeoberfläche und dem Grundwasserspiegel wird Grundwasserflurabstand genannt.

Anlage 3 gibt einen Überblick über die Verteilung der Grundwasserflurabstände im Stadtgebiet Nürnberg. Die Karte ist ein Ergebnis der Auswertung der im Herbst 2010 erhobenen Grundwasserstände (Kap. 3.2.1.). In Bereichen, in welchen schwebende Stockwerke festzustellen waren und Messwerte dazu vorlagen, wurden diese Grundwasserstände in der Flurabstandskarte berücksichtigt.

Grundwasserstände können niederschlags- und witterungsbedingt, einen Schwankungsbereich von mehr als 1 m bis 2 m aufweisen (Kap. 3.2.4.). Die Flurabstandskarte bildet eine Grundwassersituation mit in etwa mittleren Grundwasserständen ab.

Bei der Verwendung der Flurabstandskarte ist zu berücksichtigen, dass

- schwebende Grundwasserstockwerke vorkommen können, die regional geringere Grundwasserflurabstände, als in der Karte dargestellt, verursachen können.
- das Grundwasser einen natürlichen Schwankungsbereich hat und die angegebenen Wertebereiche damit auch geringfügig überschritten oder unterschritten werden können (Kap. 3.2.4.).
- dass es im Stadtgebiet Teilbereiche gibt, in denen künstlich abgesenkte Grundwasserstände vorliegen und sich diese auch wieder regenerieren, d.h. wieder ansteigen, können.
- der Bearbeitungsmaßstab zu beachten ist. Die Grundwasserflurabstandskarte ermöglicht gute Ersteinschätzungen der zu erwartenden Flurabstände. Für konkrete Maßnahmen sind jedoch detaillierte, auf die Fläche des Vorhabens bezogene Erhebungen und Untersuchungen erforderlich.
- In der Flurabstandskarte wurden kleinräumige und schmale, streifenförmige Aufböschungen und Dämme in der Geländeoberfläche nicht berücksichtigt (z.B. bei Autobahnen oder Gleisanlagen).

Erwartungsgemäß liegen die Bereiche mit geringen Grundwasserflurabständen von weniger als 3 m verbreitet in den Niederungen der Landgräben und in den Talräumen vor, während die großen Flurabstände im Bereich der Höhenzüge und Erhebungen vorkommen.

# 3.2.4. Langfristige Grundwasserschwankungen im Stadtgebiet

Die komplexen Zusammenhänge des Grundwasserhaushaltes (Kap. 2.4.) finden Ausdruck in den Änderungen der Grundwasserstände.

Die Ganglinien, in denen die gemessenen Grundwasserstände einer Messstelle über die Zeit aufgetragen sind, zeigen meist kurzfristige und jahreszeitliche Schwankungen, vorwiegend beeinflusst vom Jahresgang des Niederschlags und dem Witterungsverlauf. Die naturgemäß erheblich schwankenden Klimagrößen wirken sich je nach Grundwasserkörper verzögert in unterschiedlich starken Amplituden aus. Häufig werden die Ganglinien an Messstellen im städtischen Bereich zusätzlich beeinflusst. So können Bauwasserhaltungsmaßnahmen, die in unmittelbarer Nachbarschaft zu Grundwassermessstellen stattfinden, dort zu zeitweisen Grundwasserabsenkungen führen.

Die Grundwasserganglinie einer Messstelle am Zuckermandelweg (Grundwassermessstelle im Sandsteinkeuper bis 46 m ausgebaut) lässt die verzögerte Reaktion des Grundwasserspiegels auf den Niederschlag und grundsätzlich einen typischen Jahresgang erkennen (Abb. 57).

In den Wintermonaten findet eine Auffüllung des Grundwasserspeichers statt, im Sommer sinkt der Grundwasserspiegel. Der sehr regenreiche Sommer 2010 macht sich in einem Anstieg des Grundwasserspiegels bereits im August bemerkbar. Der Schwankungsbereich an dieser Messstelle beträgt im dargestellten Zeitraum 1,15 m. Dieser Betrag entspricht dem üblichen, jahreszeitlich bedingten, Grundwasserschwankungsbereich in Nürnberg, der sich meist zwischen 1 m und 2 m bewegt. In einigen Messstellen, können teilweise auch Schwankungsbreiten von mehr als 2 m beobachtet werden.

Langfristige Änderungen der Grundwasserstände sind wegen der vielfältigen und überlagernden Auswirkungen von witterungsbedingten und anthropogenen Einflüssen nur über lange Zeitreihen sicher feststellbar.

Solche langjährigen Messreihen liegen im Stadtgebiet bei Notbrunnen vor (Abb. 58). Der Grundwasserstand wird bei Notbrunnen standardmäßig zwei Mal pro Jahr gemessen. Die Grundwasserstandsdaten sind seit 1986 konsequent und digital erfasst. Die Notbrunnen, deren Ganglinien nachfolgend betrachtet werden, erfassen den Sandsteinkeuperaquifer und haben meist Ausbautiefen zwischen 20 m und 80 m. Der natürliche Grundwasserschwankungsbereich bei diesen Notbrunnen liegt zwischen 1 m und 2 m.

Bei einigen der Ganglinien sind die halbjährlichen Schwankungen des Sommer- und Winterhalbjahres gut erkennbar. Vielfach sind auch die Auswirkungen von Trockenperioden bzw. regenreichen Jahren (Tab. 3) auf den Grundwasserstand deutlich zu erkennen. Einige Messstellen reagieren allerdings auf diese Schwankungen der Niederschlagsmengen weniger ausgeprägt. Am Notbrunnen Schweinau ist in den Jahren 2001 bis 2004 eine benachbarte Grundwasserabsenkung dokumentiert.

70

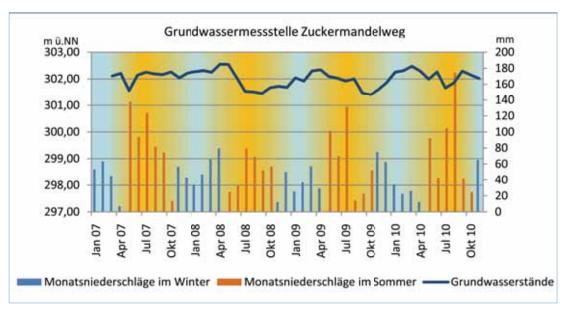


Abb. 57: Grundwasserstände an der Grundwassermessstelle K4 Zuckermandelweg (Landesmessnetz des LfU Bayern; Niederschlagswerte berechnet auf Basis der Daten des Deutschen Wetterdienstes)

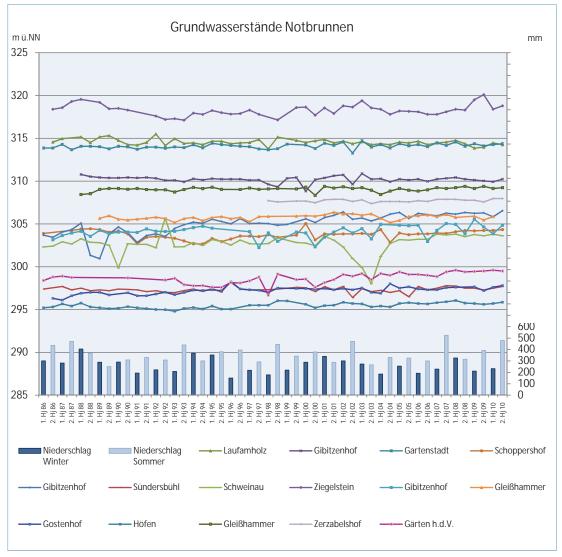


Abb. 58: Grundwasserstände an Notbrunnen seit 1986 (Niederschlagswerte berechnet auf Basis der Daten des Deutschen Wetterdienstes)

Regenreiche Perioden	Trockenperioden
ab 2. Halbjahr 1987 bis 1988	1991-1993
ab 2. Halbjahr 1994 bis 1995	1996-1998
2001 bis Herbst 2002	2003-2006
ab 2. Halbjahr 2007 bis Frühjahr 2008	
Sommer 2010	

Tab. 3: Regenreiche und niederschlagsarme Perioden seit 1986

Die langfristigen Änderungen der Grundwasserstände im Stadtgebiet sind neben dem Witterungsverlauf bereichsweise auch anthropogen bedingt.

Bereits 1964 stellt G. SPÖCKER [32] fest, dass die fortwährenden vielseitigen Eingriffe in den Untergrund die Grundwasservorräte im zunehmenden Maß vermindern. Zu diesem Zeitpunkt war eine Darstellung des ursprünglichen, natürlichen Ausgangsniveaus des Grundwasserspiegels nicht mehr möglich.

Ein Vergleich von Grundwasserständen zwischen 1965 und 1991 zeigte in Schwerpunktbereichen (weitere) deutliche Grundwasserabsenkungen um Beträge zwischen 3 m bis 5 m [12]. Diese lagen in den nördlichen, westlichen und südlichen, oftmals industriell geprägten Stadtgebieten.

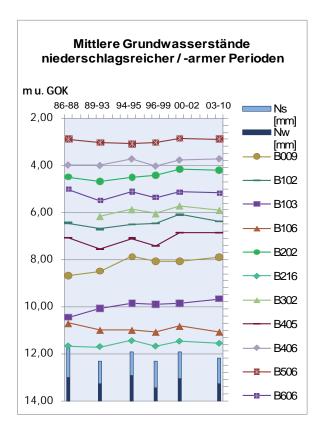


Abb.59: Für niederschlagsarme und –reiche Perioden gemittelte Grundwasserstände an Notbrunnen mit Grundwasseranstiegen <= 65 cm, gemittelte Niederschlagswerte (Ns = Mittelwert der sommerlichen Niederschläge; Nw = Mittelwert der winterlichen Niederschläge; Skalierung in 100 mm - Abständen; Niederschlagswerte berechnet auf Basis der Daten des Deutschen Wetterdienstes)

Als Ursachen für die gesunkenen Grundwasserstände wurden im Wesentlichen der Fremdwasserabfluss über die Kanalisation, die verringerte Grundwasserneubildung aufgrund Versiegelung sowie die, im Umfeld von Brunnen, durch Entnahmen gebildeten Absenktrichter ermittelt.

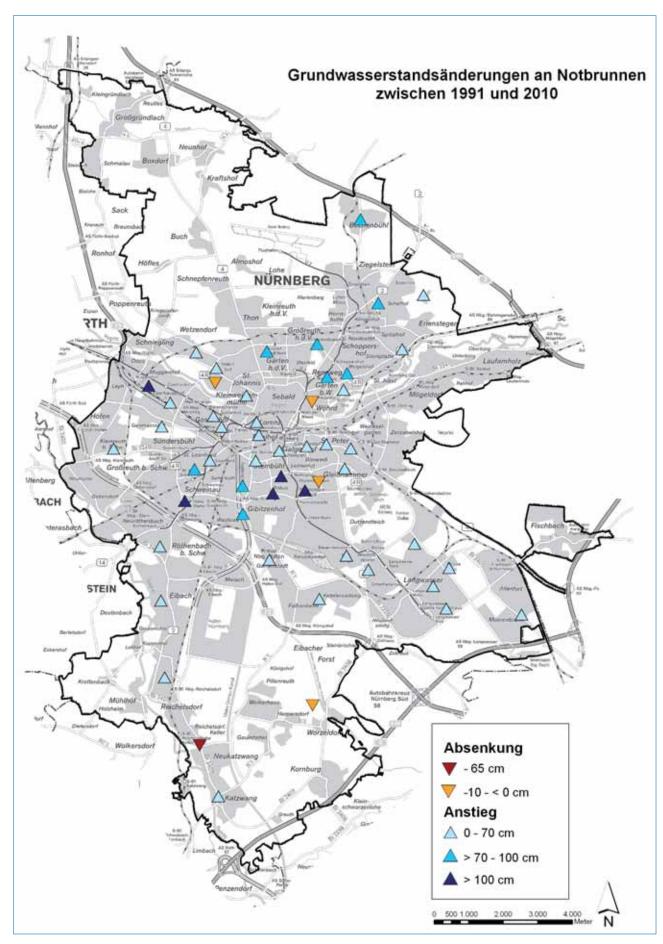
Ab den 90 er Jahren zeigt sich nun ein gegenläufiger Trend. Die Grundwasserstände steigen verbreitet an (Karte 16). Die Beträge der Grundwasseranstiege variieren jedoch zum Teil deutlich. Die Ursachen für die Grundwasseranstiege sind entsprechend differenziert zu betrachten. Den nachfolgend ausgeführten Ergebnissen liegen Ganglinien von 53 Notbrunnen zu Grunde. Alle weisen, bei Ausklammern der kleinräumigen und kurzfristigen urbanen Einflüsse (z.B. Baumaßnahmen), einen eindeutigen Trend auf.

Langfristige Anstiege der mittleren Grundwasserstände um zumeist 20 cm bis 65 cm sind im gesamten Stadtgebiet anzutreffen. Diese erfolgten vor allem ab Anfang bis Mitte der 90 er Jahre bis zum niederschlagsarmen Jahr 2003. Seither ist eine rückläufige, zumindest jedoch eine abgeschwächte, Tendenz zu beobachten. Dieser Trend korreliert mit den Entwicklungen der relevanten winterlichen Niederschlagssummen sehr gut (winterliche Niederschläge: 1994 bis 2003 im Mittel 270 mm; 2003 bis 2010: im Mittel 230 mm) (Abb. 59). Änderungen bei den Mittleren Grundwasserständen über längere Zeiträume mit einem Betrag von ~ 70 cm haben somit hauptsächlich natürliche, witterungsbedingte Ursachen.

Bereichsweise sind jedoch auch größere Grundwasseranstiege mit Beträgen bis zu 100 cm und mehr (max. 190 cm) festzustellen. Diese befinden sich vor allem im südlichen Stadtgebiet im Bereich zwischen Steinbühl und Gibitzenhof sowie in Schweinau. Außerdem sind im nördlichen Stadtgebiet, im Bereich von Gärten h.d.V. und Maxfeld, punktuell auch in Muggenhof größere Grundwasseranstiege zu verzeichnen. Diese ermittelten größeren Anstiege sind mit den veränderten Flächennutzungen verknüpft. Die Entwicklung führte weg von intensiven Produktionsbetrieben hin zu Gewerbe und Dienstleistung, womit geringere Betriebswasserbedarfe und Brunnenstilllegungen (Rückgang der Grundwasserentnahmen) verbunden sind (Kap. 1.6.). Die größeren Grundwasseranstiege befinden sich dem entsprechend auch in den vormals festgestellten Schwerpunktbereichen der ehemaligen Grundwasserabsenkungen von 3 m bis 5 m (siehe oben). Darüber hinaus können sich in gewissem Umfang durchgeführte Kanalsanierungen und vermehrte Regenwasserversickerungen positiv auf den Grundwasserhaushalt auswirken. Diese Grundwasseranstiege stellen somit einen beginnenden, positiven Trend hin zur Regeneration der Grundwasservorräte dar.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen der, durch den Strukturwandel bedingten, veränderten Rahmenbedingungen, in Form von mäßigen Anstiegen der Grundwasserspiegel in nächster Zeit noch anhalten können. Der weitere Niederschlagsverlauf und der Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung bleiben abzuwarten.

72



Karte 16: Verteilung der Grundwasserstandsänderungen zwischen 1991 und 2010 im Stadtgebiet Nürnberg

# 3.2.5. Entwicklung des Grundwasserhaushaltes im Knoblauchsland

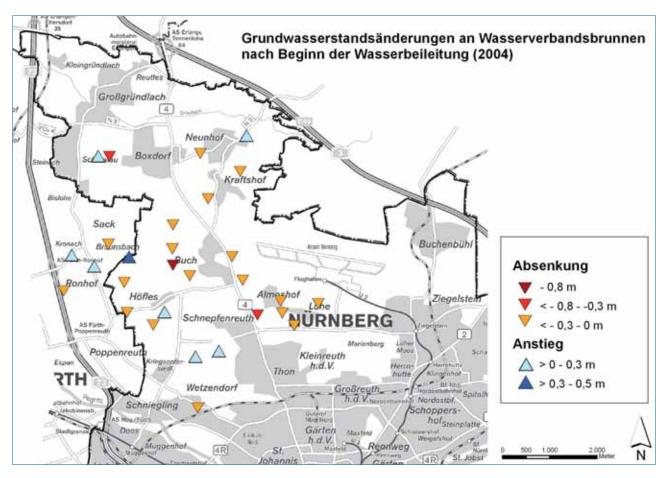
Das Knoblauchsland nimmt bei der Betrachtung des Grundwasserhaushalts eine besondere Stellung ein, da hier wegen des großen Wasserbedarfs für den Gemüseanbau besondere Rahmenbedingungen vorliegen. So wurde bereits in den 70 er Jahren eine angespannte Grundwassersituation insbesondere vor dem Hintergrund des großen Wasserbedarfs und eine Überbeanspruchung der Grundwasserressourcen festgestellt. Die Grundwasserneubildung in den Wintermonaten reichte nicht aus, um die im Sommer entnommenen Mengen wieder aufzufüllen. Es entstand ein großflächiger Absenktrichter. Bereits 1977 wurde auf diese Situation mit einem Bohrstopp für weitere Brunnen reagiert. In den 90 er Jahren begannen die Planungen und Untersuchungen zur Wasserbeileitung aus dem Rednitztal (Kap. 1.4.). Im Sommer 2004 wurde begonnen, mit dem neuen Bewässerungssystem zu beregnen. Damit war u.a. die Stilllegung der Entnahmebrunnen des Wasserverbandes verbunden. Neben der Sicherung der Wasserversorgung für den Gemüsebau war und ist es ein vorrangiges Ziel, eine Verbesserung der Gesamtsituation des quantitativen und qualitativen Zustandes des Grundwassers zu erreichen.

Der Grundwasserspiegel ist ein Hinweis darauf, inwieweit sich die Grundwasservorräte regenerieren, d.h. der Absenktrichter durch Grundwasserneubildung wiederaufge-

füllt wird und der Grundwasserspiegel das natürliche, von Entnahmen weitgehend unbeeinflusste Niveau wieder erreichen kann. Neben der Betrachtung der aktuellen Situation der Grundwasservorräte (insbesondere seit der Wasserbeileitung) wird hiermit auch vereinzelten Beschwerden bzgl. möglicherweise gestiegenen Grundwasserständen und vollgelaufenen Kellern im Knoblauchsland nachgegangen, für die ein Zusammenhang mit den zurückgegangenen Grundwasserentnahmen und dem Wasserbeileitungsprojekt gemutmaßt wurde.

Aktuelle Untersuchungen zur Entwicklung der Grundwasserstände im Knoblauchsland wurden unterstützt durch das Wasserwirtschaftsamt [44] und ergänzend durch das Umweltamt durchgeführt. Bilanziert wurden die gemessenen Ruhewasserspiegel nach der winterlichen Regenerationsphase und vor Beginn der Beregnungssaison. Die Messreihen an 29 Wasserverbandsbrunnen erfassen einen Zeitraum von 20 Jahren (Abb. 60).

Der bereits stadtweit festgestellte Trend hin zu Grundwasseranstiegen mit Beginn der 90 er Jahre bis 2003 (Kap. 3.2.4.) hat auch im Knoblauchsland mit einem durchschnittlichen Betrag von 0,60 m stattgefunden. Im weiteren Verlauf sind, ebenfalls vergleichbar mit dem Trend des Stadtgebietes, die Grundwasserstände tendenziell wieder gesunken (bei 71 % der Messstellen um ca. 0,20 m; siehe Karte 17).



Karte 17: Grundwasserstandsänderungen im Knoblauchsland seit 2004

74 GRUNDWASSERBERICHT 2011

Die Ganglinien zeigen insgesamt Grundwasserschwankungen, die vom Witterungsverlauf wesentlich stärker geprägt sind als durch die veränderte Wasserbewirtschaftung (Wasserbeileitung seit dem Sommer 2004). Nach trockenen Sommern mit hohen Verdunstungsraten und großem Bewässerungsbedarf (Grundwasserentnahmen) folgten niederschlagsarme Winter (1992/1993, 1997/1998, 1999/2000, 2003/2004 und 2008/2009) mit einer geringen Grundwasserneubildung, so dass der Grundwasserspiegel jeweils im folgenden Frühjahr auf weiterhin niedrigem Niveau eingependelt war.

Ein eindeutig positiver Trend hin zur Regeneration der Grundwasservorkommen im Knoblauchsland kann somit, vorwiegend witterungsbedingt, noch nicht aufgezeigt werden. Hinzu kommt, dass erst im Jahr 2010 durch eine Erweiterung der Wasserfassungen im Rednitztal das gesamte geplante und benötigte Kontingent zur Bewässerung durch das Beileitungsprojekt realisiert werden konnte und zuvor noch einige Entnahmebrunnen des Wasserverbandes im Knoblauchsland phasenweise in Betrieb genommen wurden.

Die natürlichen Grundwasserstände, wie sie zur Zeit der Brunnenbohrungen in den 60 er und 70 er Jahren angetroffen wurden, haben sich bei den meisten Wasserverbandsbrunnen noch nicht wiedereingestellt. Die Wasserbilanz im Wasserverbandsgebiet Knoblauchsland ist nach wie vor kritisch zu sehen. Im Sinne einer nachhaltigen Wasserwirtschaft können daher noch immer keine weiteren Entnahmekontingente genehmigt werden, mit Ausnahme von Bereichen nördlich der Gründlach und östlich von Neunhof.

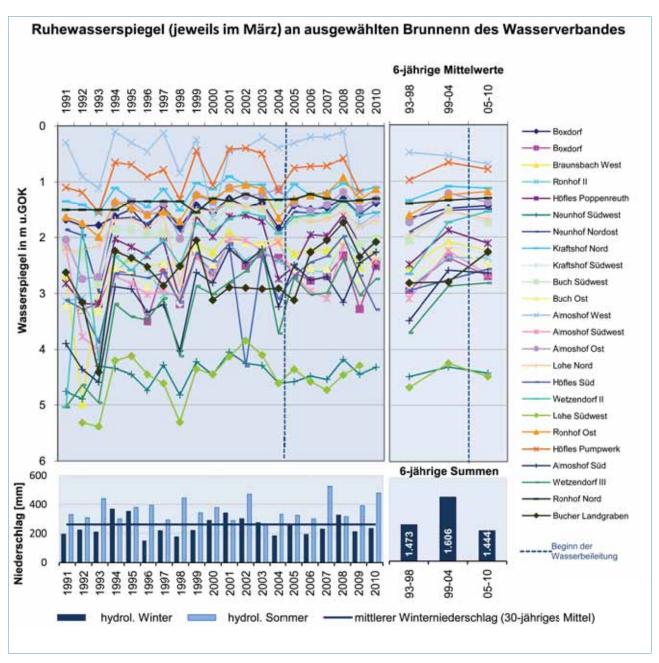


Abb. 60: Grundwasserganglinien von Wasserverbandsbrunnen (mit geringen Flurabständen)

### 3. Grundwasseruntersuchungsprogramm 2010

Für die nächsten Jahre wird aufgrund der Erweiterung des Beileitungsprojektes seit dem Sommer 2010 und der damit verbundenen endgültigen Stilllegung der Verbandsbrunnen, abhängig vom Klimaverlauf, ein deutlicherer Trend hin zur Regeneration der Grundwasservorräte erwartet. Dauerhaft steigende Grundwasserstände bis zum natürlichen Ausgangsniveau sind daher grundsätzlich denkbar. Die Landgräben dienen als Vorflut für das Grundwasser. Der Grundwasserspiegel wird sich auf dieses Vorflutniveau einstellen und ist nach oben hin durch dieses begrenzt. Die Grundwasserspiegelhöhe entspricht dann den ursprünglichen und natürlichen Bedingungen.

Für die Planung von Bauwerken sind generell die natürlichen Ausgangsbedingungen zu berücksichtigen (Kap. 4.1.). Im Knoblauchsland ist weit verbreitet mit geringen Grundwasserflurabständen zu rechnen. Viele dort vorhandenen Landund Entwässerungsgräben sowie grundwassergeprägte Böden und Vegetationensformen weisen auf diese grundwassernahe Situation hin. Zusätzlich können die im Keupersandstein verbreitet vorkommenden Zwischenlettenlagen mit Bildung von langanhaltender Staunässe Wasserprobleme verursachen (Kapitel 2.2.).

# 4. Grundwasserschutz und bautechnische Aspekte

### 4.1. Grundwasser und Bauen

Bauvorhaben im Nürnberger Stadtgebiet können in den Einflussbereich des Grundwassers hineinreichen. Somit ist es unerlässlich zunächst zu klären, ob ein geplantes Bauvorhaben in Wechselwirkung zum Grundwasserkörper treten kann und entsprechende Maßnahmen zu treffen. Dabei gilt es sowohl die entstehenden Bauten vor Einflüssen des Grundwassers zu schützen, als auch Eingriffe in den Grundwasserbereich so gering wie möglich zu halten, ebenso wie Einträge von schädlichen Stoffen zu vermeiden.

### Ermittlung des Grundwasserstands

Für eine Beurteilung, ob und wie weitreichend eine geplante Baumaßnahme in den Grundwasserkörper eingreift, muss der Grundwasserstand festgestellt werden. Zur Vermeidung von Kellervernässungen und v.a. zur Gewährleistung der Standfestigkeit und Auftriebssicherheit der künftigen Gebäude ist unter Anderem der Bemessungsgrundwasserstand, d.h. der höchste zu erwartende Grundwasserstand, von Bedeutung. Hierbei sind langjährige Beobachtungen der Grundwasserstände und zu erwartende zukünftige Gegebenheiten zu beachten. Zu berücksichtigen ist auch, dass aktuell vorhandene, anthropogen bedingte Grundwasserabsenkungen in Zukunft nicht mehr erhalten bleiben müssen und ein Grundwasseranstieg auf das natürliche Niveau erfolgen kann. Denn es gibt grundsätzlich keine Verpflichtung, durch Grundwasserentnahmen ausgebildete Absenktrichter nach Aufgabe der Grundwassernutzung zu erhalten.

Die Ermittlung des zur Planung heranzuziehenden Grundwasserstandes erfordert somit genaue Recherchen und liegt in der Verantwortung des Bauherren bzw. des beauftragten Ingenieurbüros oder Architekten.

Die Stadt Nürnberg kann hierzu erste orientierende Informationen anbieten. So sind im Stadtgebiet mehr als 3000 Grundwassermessstellen und ein Vielfaches davon an Untergrundaufschlüssen (Bohrungen) registriert. Damit liegt bereits eine Fülle von Informationen zum Nürnberger Baugrund vor. Schichtenverzeichnisse, Ausbaupläne von Grundwasseraufschlüssen, Grundwasserstände und weitere Untersuchungsergebnisse werden derzeit digital im "Bohrungskatalog" der Stadt Nürnberg erfasst und aufbereitet. Das Projekt befindet sich noch in der Entwicklungsphase und wird bis Mitte 2012 vollständig in Betrieb gehen können. Ein Teil der Informationen ist jedoch bereits jetzt abrufbar (siehe auch Anhang I bis III).

Außerdem wurden aktuelle Grundwasserstände flächendeckend im Rahmen des vorliegenden Grundwassermessprogramms 2010 an rund 300 Messstellen im gesamten Stadtgebiet erhoben (Kap. 3.2.1.). Es ist vorgesehen diese Erhebungen fortzuführen und die Daten damit aktuell zu halten (vgl. Kap. 4.7.).

### Eingriffe in den Grundwasserkörper

Bereits während der Bauphase können Maßnahmen erforderlich werden, die auf das Grundwasser einwirken. So ist es zur Errichtung des Fundaments bei hoch anstehendem Grundwasser in der Regel notwendig Absenkungsmaßnahmen vorzunehmen (vgl. Abb. 61). Das dabei entnommene Wasser muss abgeleitet werden. Die Ableitung sollte in erster Linie über eine Rückführung zum Grundwasserkörper durch Versickerung oder Schluckbrunnen geschehen. Ist dies nicht möglich, kann eine Abführung in den nahegelegen Vorfluter erfolgen. Eine Ableitung über die Kanalisation ist sowohl wirtschaftlich wie auch ökologisch die ungünstigste Variante. Zum einen fallen dabei Gebühren an, zum Anderen kommt es durch die Grundwasserabsenkung wegen fehlender Reinfiltration in unmittelbarerer Umgebung zu einer erhöhten Beeinflussung umliegender Flächen und Gebäude.



Abb. 61: Grundwassererfüllte Baugrube in Ziegelstein

### 4. Grundwasserschutz und bautechnische Aspekte

Bei der Bauwasserhaltung muss sichergestellt sein, dass keine erheblichen Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit (z.B. Temperatur-, pH-Änderungen) und die Umgebung (z.B. Nachbargebäude, Brunnen, Pflanzen) entstehen. Die Wasserhaltungsmaßnahmen müssen zeitlich wie räumlich so begrenzt wie möglich gehalten werden.

Der Bau von Kellern oder Tiefgaragen im grundwassererfüllten Bereich stellt außerdem ein Einbringen von Stoffen in das Grundwasser dar. Es dürfen deshalb nur Baustoffe verwendet werden, die als grundwasserunschädlich zugelassen sind.

Gebäude, die in den Grundwasserkörper hineinreichen, sind nicht zuletzt auch als Hindernisse für unterirdische Strömungen anzusehen. Ein hieraus resultierendes Druckgefälle in der Grundwasserströmung kann Probleme bei der Standsicherheit von Gebäuden hervorrufen. Um solcherlei Einflüsse so gering wie möglich zu halten, können um die Gebäude herum wasserdurchlässige Materialien eingebaut werden, die ein Umströmen erleichtern.

Insgesamt dürfen keine dauerhaften negativen Auswirkungen von den Baukörpern auf die Grundwassersituation ausgehen. Grundwasserhaltungs- und Ableitungsmaßnahmen sind erlaubnispflichtig (Anhang II).

### Einwirkungen des Grundwassers auf Bauwerke

Die augenfälligsten Auswirkungen von Grundwassereinflüssen zeigen sich beispielsweise bei Vernässungen in Kellergeschossen. Abgesehen von unsachgemäß durchgeführten Abdichtungen in der Vergangenheit bzw. Ermüdung des entsprechenden Baumaterials, können auch natürliche witterungsbedingte Schwankungen des Grundwasserspiegels Ursachen dafür sein. Zusätzlich sind ein mögliches Vorkommen langanhaltender Staunässe oder Bildung temporärer Schichtwasservorkommen zu berücksichtigen (Kap. 2.2.1.). Im Falle von Kellervernässungen bei bestehenden Gebäuden ist eine detaillierte Klärung der Ursachen erforderlich. Darauf basierend müssen geeignete Abhilfemaßnahmen geplant werden. Nur in Ausnahmefällen kann Wasser in die Kanalisation eingeleitet werden, wenn eine Einleitgenehmigung der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg eingeholt wurde.

Für den Schutz gegen Grundhochwasser sieht die Gesetzgebung keine flächenbezogenen Schutzziele vor. Gebäudeeigentümer, Bauherren und Planer sind in der Verantwortung, selbst Vorsorge vor Grundwasserschäden zu treffen.

Bei der Durchführung von Bauvorhaben ist es eine wesentliche Aufgabe im grundwassererfüllten Bereich die Auftriebssicherheit von Gebäuden zu gewährleisten. Die Standsicherheit kann durch Auftriebskräfte und Wasserdruck des Grundwassers erheblich beeinträchtigt werden. Hoher Wasserdruck kann die Seitenwände und die Gründungssohle stark beanspruchen und in ungünstigsten Fällen zu erheblichen Schäden am Bauwerk führen.

Zum Schutz vor Kellervernässungen sind entsprechend angepasste Bauweisen und Gebäudenutzungen im Falle grundwassernaher Standorte vorzusehen. Dazu gehören u.a. der Verzicht auf die Installation bzw. die ausreichende Auftriebssicherung von Heizöltanks, die Verlagerung von empfindlicher Technik in höhere Gebäudebereiche sowie der Verzicht auf hochwertige bzw. im Hochwasserfall schwierig zu räumende Nutzungen. Ferner kann durch die druckwasserdichte bauliche Ausführung des Kellergeschosses als "weiße Wanne" ein Eindringen von Grundwasser verhindert werden. Auch der Verzicht auf Unterkellerung wäre eine denkbare und praktikable Schutzmaßnahme.

Es wird darauf hingewiesen, dass es nicht mehr zeitgemäß und auch nicht mehr zulässig ist Grundwasser abzusenken, um Gebäude trocken zu halten. Grundsätzlich ist es damit verboten Grund- und Drainagewasser dauerhaft in die öffentliche Kanalisation einzuleiten. Damit sind Planer und Bauherren in der Pflicht geeignete bauliche Vorkehrungen bereits bei der Baudurchführung zu treffen, um eine mögliche Kellerdurchfeuchtung zu verhindern (z.B. durch Anlegen als wasserdichte Betonwanne). Auf Antrag können lediglich Ausnahmen, etwa für eine vorübergehende Trockenlegung einer Baugrube, genehmigt werden. Für die Einleitung des anfallenden Wassers in die Kanalisation sind eine entsprechende Ausnahmegenehmigung zu beantragen und Gebühren zu entrichten.

### 4.2. Vorsorgender Grundwasserschutz

### Wasserschutzgebiete im Stadtgebiet Nürnberg

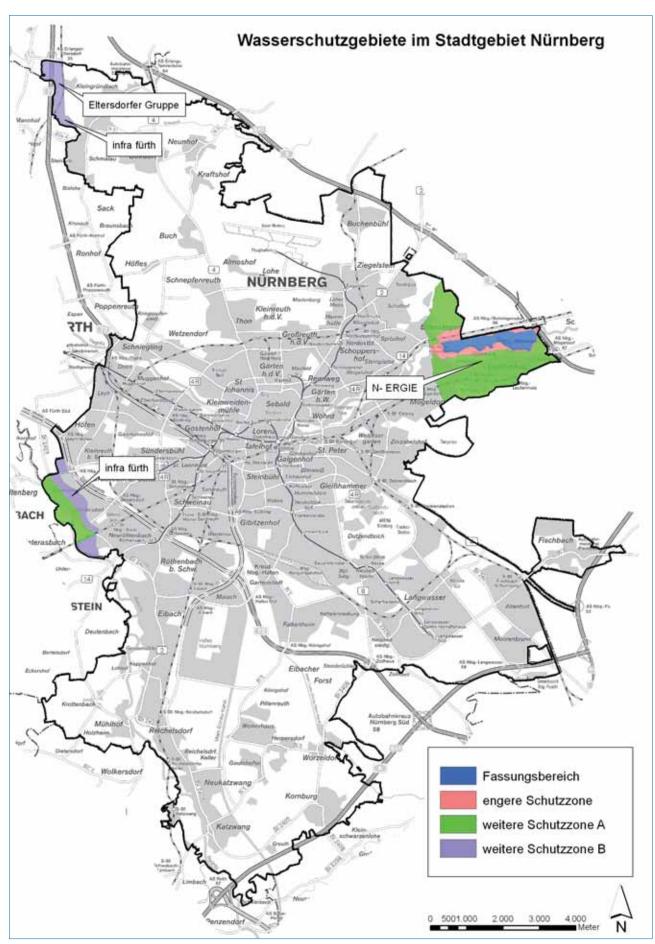
Im direkten Einzugsgebiet von Wasserfassungen für die Trinkwasserversorgung können die Wasserschutzgebiete durch Betretungsverbot und eingeschränkte Nutzungen für einen ausreichenden und guten Schutz des dort geförderten Wassers sorgen (siehe auch Kap. 1.3.).

Neben den Schutzgebieten der N-ERGIE liegen Teile weiterer Wasserschutzgebiete anderer Versorgungsträger (Erlanger Stadtwerke und Infra Fürth) im Stadtgebiet Nürnberg. Auch dort sind Nutzungseinschränkungen gemäß den jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen gegeben (Karte 18).

### Schutz der tiefen Grundwasservorräte

Das zweite Grundwasserstockwerk, das sich in etwa 80-120 m Tiefe befindet, ist durch mehrere Meter mächtige Tonlagen, den Estherienschichten, sehr gut vor Schadstoffeinträgen geschützt.

Damit dieser Schutz erhalten bleibt, hat die Vermeidung eines hydraulischen Kontaktes, d.h. einer künstlichen Ver-



Karte 18: Wasserschutzgebiete im Stadtgebiet Nürnberg

### 4. Grundwasserschutz und bautechnische Aspekte

bindung zwischen beiden Grundwasserkörpern sehr hohe Priorität. Ein Durchörtern bzw. Durchbohren der Schutzschichten kann solche Kontakte herstellen. So wurden bereits vereinzelt Verlagerungen von Schadstoffen (z.B. Nitrat oder LHKW) in den Benker Sandstein festgestellt.

Aus diesem Grund sind Grundwassernutzungen aus dem Benker Sandstein (Grundwasserstockwerk II) grundsätzlich nicht genehmigungsfähig. Soweit, v.a. historisch bedingt, solche Brunnen existieren und hierfür Wasserrechte bestehen, sind hohe technische Anforderungen und Überwachungsmaßnahmen an entsprechende Grundwassergewinnungsanlagen zu stellen. Die meisten Not- und Beregnungsbrunnen, die bis in den Benker Sandstein ausgebaut sind, wurden in den letzten 10 bis 20 Jahren entsprechend saniert oder rückgebaut.

Auch für Erdwärmesonden gilt eine Tiefenbegrenzung, die sich an dem Höhenniveau der Estherienschichten bemisst (Kap. 1.5.).

Die schützenden Estherienschichten sind bei einer Bohrung durch deutlichen Farbwechsel von roten, braunen und/oder gelben Farben hin zu grauen Farbtönen meist sehr gut erkennbar. Sie befinden sich in ca. 60-100 m Tiefe und dürfen grundsätzlich nicht durchörtert werden.

### Grundwasserschutz bei Grundwasserbenutzungen

Alle Maßnahmen, die in irgendeiner Form in den Grundwasserkörper einwirken, stellen Grundwasserbenutzungen dar (Anhang II). In jedem dieser Fälle sind nachteilige Veränderungen des Grundwassers grundsätzlich möglich und deshalb durch Vorsorgemaßnahmen und Schutzvorkehrungen auszuschließen. Hier trägt der Gesetzgeber mit den Instrumenten des Wasserrechtes ganz wesentlich zum Grundwasserschutz bei.

So sind für die Benutzungen des Grundwassers in der Regel wasserrechtliche Erlaubnisse nach dem Wasserhaushaltsgesetz und dem Bayerisches Wassergesetz erforderlich. Es muss vor dem Hintergrund des Besorgnisgrundsatzes u.a. nachgewiesen werden, dass die jeweilige Grundwasserbenutzung

- dem Grundsatz der Nachhaltigkeit entspricht
- keine wasserwirtschaftlichen oder ökologischen Schäden hervorruft
- keine Rechte oder Ansprüche Dritter beeinträchtigt werden
- mit dem Wohl der Allgemeinheit zu vereinbaren ist.

Das Wasserrecht gewährt die Benutzung des Grundwassers für eine bestimmte Zeit, für einen bestimmten Zweck und in einer bestimmten Menge. Ein Anspruch auf Zufluss von Wasser in einer bestimmten Menge und Qualität kann daraus nicht abgeleitet werden.

### Vorsorgender Schutz der Grundwasserdeckschichten

Die Bodenschichten (Grundwasserdeckschichten) schützen das darunter liegende Grundwasser gegenüber Stoffeinträgen aus der Atmosphäre oder der Landnutzung. Das natürliche Reinigungsvermögen dieser Filterschichten ist nicht unbegrenzt gegeben und im Nürnberger Raum, aufgrund der vorwiegend sandigen Ausprägung, nicht besonders gut.

Zum Schutz vor Stoffeinträgen sind, gemäß Wasserhaushaltsgesetz, Genehmigungen einzuholen, insbesondere für:

- Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
- Anlagen zum Lagern und Abfüllen von Dung und Silagesickersaft
- Anlagen zum Reinigen von Grundwasser.

### Das Schutzgut Wasser in der Bauleitplanung

Die Stadtplanung schafft mit den Instrumenten der Bauleitplanung (Flächennutzungsplan, Bebauungsplan) die grundlegenden Voraussetzungen für die weitere bauliche Stadtentwicklung. Da Siedlungsstrukturen sehr lange Bestand haben, werden mit jedem Bauleitplan zukunftsweisende Entscheidungen getroffen.

Deshalb müssen alle relevanten Auswirkungen dieser Planungen frühzeitig beachtet werden. Im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Umweltprüfung wird daher zu jedem Bauleitplan ein Umweltbericht erstellt. Die Umweltprüfung stellt die möglichen Auswirkungen der Planungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Flora, Fauna, Mensch (über Landschaft und Erholung, Lärm), Klima sowie Kultur- und Sachgüter fest. Darauf aufbauend werden Vermeidungsund Verminderungsmaßnahmen oder Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen festgelegt.

Im Hinblick auf die Umweltbelange, insbesondere die Schutzgüter Boden und Wasser, ist das Flächenrecycling (die Umnutzung ehemalig gewerblich und industriell genutzter Flächen) von besonderer Bedeutung. In diesem Fall können bei Bedarf auch Bodenverunreinigungen und Gewässerverrohrungen beseitigt werden. Außerdem werden gleichzeitig keine weiteren freien, oft landwirtschaftlich genutzten, Flächen verbraucht und versiegelt und bleiben so für die Grundwasserneubildung erhalten. In Nürnberg gibt es bereits viele positive Beispiele für Flächenrecyclingmaßnahmen (z.B. ehemalige Tillykaserne, ehemaliges US-Hospital, ehemaliges Schlachthof-Gelände, "Auf AEG" und ehemalige Triumph-Adler-Fläche). Es gibt eine Vielzahl weiterer Potentiale für Flächenrecycling, die für Umnutzungen vorbereitet werden.

Bei einer geplanten Neuversiegelung von Flächen muss in jedem Fall die Möglichkeit der ortsnahen Beseitigung von Niederschlagswässern geprüft und genutzt werden. Ziel ist es, das Niederschlagswasser dem Wasserkreislauf, dort wo es anfällt, wieder zurück zu führen. Grundlagen für künftige innovative Konzepte zur dezentralen Beseitigung von

80

Niederschlagswässern wurden bereits in einer verwaltungsinternen Arbeitsgruppe (2010/11) gelegt. Die konkrete Konzeption und konsequente Umsetzung von Maßnahmen wie Regenwasserrückhaltung, Versickerungsmaßnahmen, Freihaltung von Flächen mit Schaffung multifunktionaler Grünräume sowie Renaturierung von Gewässern, wird im Rahmen künftiger Bauleitpläne individuell und abhängig von den Rahmenbedingungen zu planen und durchzuführen sein.

Bereits seit längerem fest verankert sind folgende Festsetzungen und Empfehlungen in Bebauungsplänen, die dem Schutz der Grundwasservorräte dienen:

- Verwendung versickerungsfähiger Oberflächenbefestigungen bei Wegen und Plätzen
- Begrünung von Dachflächen (Carports)
- Empfehlung zur Errichtung von Versickerungsanlagen durch die Grundstückseigentümer (wo es möglich ist)
- Empfehlung zur Regenwassernutzung durch Sammeln und Speichern in Zisternen



Abb. 62: Beispiel für versickerungsfähige Oberflächenbefestigungen

### 4.3. Nachsorgender Grundwasserschutz

Seit nunmehr 25 Jahren werden erhebliche Anstrengungen unternommen, um Altlasten sowie Boden- und Grundwasserverunreinigungen, etwa aus gewerblichen Nutzungen, zu erfassen, zu erkunden und zu sanieren. Der aktuelle Stand der Anstrengungen der Stadt Nürnberg in diesem Bereich wird umfassend in dem 2009 erschienenen Sonderheft "Altlasten, Boden- und Grundwasserverunreinigungen" [34] der Reihe "Daten zur Nürnberger Umwelt" dargestellt und diskutiert.

Im Rahmen dieser Bemühungen hat auch Nürnberg wesentliche Erfolge vorzuweisen. Insbesondere die Reduzierung der Grundwasserbelastungen durch LHKW, sowie die Verbesserung der Belastungssituation bei Notwasserbrunnen, sind in diesem Zusammenhang hervorzuheben (Kap. 3.1.).

Seit 1987 wurde ein Volumen von 4 bis 5 Mio. m³ Grundwasser gereinigt. Desweiteren wurden über 200 Tonnen Schadstoffe (LHKW) aus Boden und Grundwasser entfernt.

Die Stadt Nürnberg hat sich mit den im Bodenschutzkonzept 1999 und Bodenschutzbericht 2003 formulierten Anforderungen (konsequente Erkundung und Sanierung von Altlasten zur raschen Ermöglichung sinnvoller Folgenutzungen / bis 2030 Klärung des Altlastenverdachts bei allen der bis Ende 2003 erfassten Verdachtsflächen) ehrgeizige Ziele gesetzt.

Mit aktuellem Stand wurden seither über 200 Standorte mit einer Gesamtfläche von rund 4.400.000 m² (440 ha) im Rahmen von Umnutzungsvorhaben untersucht, saniert oder sind in der Vorbereitung dazu. Als Folge wird auch der allgemeine Bodenverbrauch reduziert und die Innenentwicklung Nürnbergs gestärkt, da diese Flächen den geplanten Folgenutzungen (wieder) zur Verfügung stehen.

Die Bearbeitung und Sanierung von Boden- und Grundwasserverunreinigungen sowie die damit verbundene Wiedernutzung der entsprechenden Grundstücke hat aus ökologischer wie ökonomischer Sicht vielfältige positive Auswirkungen und begleitet unterstützend den sich fortsetzenden Strukturwandel der letzten drei Jahrzehnte.

Die Sanierung und der Schutz des Bodens als Deckschicht der Grundwasserkörper spielt für die langfristige Gewährleistung einer guten Grundwasserqualität eine herausragende Rolle.

### 4.4. Grundwasserschutz in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist Hauptverursacher von Stickstoffeinträgen in Gewässer. Seit vielen Jahren tragen Nürnberger Landwirte durch den integriert-kontrollierten Gemüseanbau und durch Maßnahmen der guten fachlichen Praxis dazu bei, den Stickstoffeintrag so weit als möglich zu reduzieren (Kap. 3.1.3.). Mit den vorliegenden Auswertungen konnten bereits in Teilbereichen Verbesserungen der Nitratbelastungen im Grundwasser (Kap. 3.2.) festgestellt werden.

Insgesamt treten Erfolge allerdings sehr langsam und in Teilbereichen noch nicht im ausreichenden Maß ein.

Im Hinblick auf einen guten Zustand der Gewässer gilt es daher, verstärkt Anbaumethoden zu unterstützen, die durch ihre besonders umweltschonende Wirtschaftsweise den Nitrateintrag noch weiter minimieren.

### Grundwasserschutz durch Ökologischen Landbau

Laut einer Studie des Forschungsinstitutes für Biolandbau [45] wird bei ökologischer Bewirtschaftung im Durchschnitt deutlich weniger Stickstoff ausgewaschen und das Risiko für Belastungen des Grundwassers ist, aufgrund der geringeren Intensität und der geringeren Stickstoffbilanzüberschüsse, im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft niedriger. Zudem sind Ökolandwirte aus eigenem Interesse bestrebt, Stickstoffverluste so gering wie möglich zu halten, weil eine mineralische Stickstoffdüngung nur sehr begrenzt erlaubt und diese teuer ist.

Der o.g. Studie zufolge liegt die aus zahlreichen Untersuchungen abgeleitete durchschnittliche Nitratauswaschung auf ökologisch bewirtschafteten Flächen im Ackerbau bei 21,9 kg N und bei Dauergründlandnutzung bei 13 kg N je Hektar und Jahr. Im Vergleich dazu weisen konventionelle Flächen eine Auswaschung von 60 kg N bzw. 31 kg N je Hektar und Jahr auf. Nach Umstellung auf ökologischen Landbau kommt es in der Regel innerhalb weniger Jahre zu einer Abnahme der Stickstoffverluste auf den betreffenden Flächen.



Abb. 63: Bioanbau - Schnittlauch

### BioMetropole Nürnberg

2003 beschloss der Nürnberger Stadtrat einstimmig den Anbau und Verbrauch von Lebensmitteln aus ökologischem Anbau zu fördern. Am 15.10.2008 wurde dieser Beschluss erneuert. So soll der Bio-Anteil bei Lebensmitteln an Schulen, in Kindergärten und auf Wochenmärkten auf 50 %, in städtischen Einrichtungen und bei Veranstaltungen auf 25 % erhöht werden. Gleichzeitig soll der Anteil an ökologisch bewirtschafteter Fläche auf 10 % gesteigert werden.



Abb. 64: Logo Biometropole Nürnberg

Das Umweltreferat hat zwar keine Möglichkeiten, direkte Anreize zur Umstellung zu setzen. Doch es gibt wichtige Ansatzpunkte: Über die Nachfrageförderung bei Großküchen, bei Veranstaltungen sowie in Kitas und Schulen und durch Stärkung des Verbraucherinnen- und Verbraucher-Bewusstseins soll der Umstieg attraktiver gemacht werden. Die stark zugenommene Nachfrage von Bio-Lebensmitteln durch die Verbraucherinnen und Verbraucher insgesamt bietet konventionellen, landwirtschaftlichen Betrieben, die umstellungswillig sind, eine gute wirtschaftliche Perspektive.

### Situation in Nürnberg

Der Landbau ist im Stadtgebiet Nürnberg ein kleines Stück ökologischer geworden. Der Bio-Anteil ist in den letzten beiden Jahren gestiegen und nähert sich nun dem 10 % Ziel an.

Was Nürnberg zudem auszeichnet, ist die hohe Anzahl an Verarbeitungsbetrieben (79 Betriebe). Darunter sind auch Betriebe, die gleichzeitig einen landwirtschaftlichen Betrieb bewirtschaften, z.B. Direktvermarkter. Auch 16 Bio-Handelsbetriebe sind zu nennen. Insgesamt gibt es in der Stadt Nürnberg 116 Betriebe, die biozertifiziert sind. Damit sind 18 % der mittelfränkischen und 1,3 % der gesamtbayerischen Biobetriebe in Nürnberg beheimatet.

Jahr	Anzahl	Gesamtzahl	Bio-	Fläche	Land-	Bio-
	Bio-Be-	landwirtschaft-	Anteil	Bio-Be-	wirtsch. Ge-	Anteil
	triebe	licher Betriebe		triebe	samtfläche	
2010	13	154	8,4 %	157 ha *	2.887 ha	5,4 %
2008	4	158	2,5			

Bei 3 Betrieben liegen keine Flächenangaben vor. Die Betriebsgröße wurde auf Basis der Durchschnittsgröße der anderen 10 Betriebe, d.h. mit 12,1 ha berechnet.

Tab. 4: Bioanteil in Nürnbergs Landwirtschaft

### 4.5. Dichte Kanäle für mehr Grundwasserschutz

### Rechtliche Grundlagen

Das Grundwasser gehört nach der Definition im Wasserrecht zu den schutzwürdigen Gewässern. Abwasser darf nicht aus undichten Kanälen austreten (Abwasser-Exfiltration), da es das umliegende Erdreich und das Grundwasser verschmutzen kann. Umgekehrt ist das Eindringen von Grundwasser in einen Abwasserkanal unerwünscht (Grundwasser-Infiltration), weil es unnötig die Abflusskapazität des Kanalnetzes einschränkt und zusätzliche Belastung der Kläranlagen zur Folge hat – dies verursacht höhere Betriebskosten. Zudem führt das Eindringen von Grundwasser auch zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels.

Nach geltendem Recht sind die Abwasserkanäle nach dem Stand der Technik herzustellen und zu betreiben. Aus dieser Verpflichtung heraus ergibt sich das Ziel, dichte Kanäle zu bauen und zu betreiben. Auch die regelmäßige Prüfung auf baulichen Zustand und Dichtheit gehört zu den Pflichten des Betreibers. Sollten bei den Untersuchungen Schäden oder Undichtigkeiten zu erkennen sein, ist unverzüglich Handlungsbedarf für eine Sanierung gegeben. Nur der einwandfreie Zustand der Kanalisation sichert eine zuverlässige und umweltverträgliche Ableitung des Abwassers.

### Die öffentlichen Kanäle

Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) untersucht stetig alle öffentlichen Kanäle der Stadt Nürnberg auf ihren baulichen Zustand. Dadurch lassen sich Schäden und Undichtigkeiten frühzeitig erkennen. Das öffentliche Kanalnetz hat eine Gesamtlänge von 1.464 km (Stand Dezember 2010).

Begehbare Kanäle mit einer Innenhöhe von 1,20 Metern und mehr sind alle fünf Jahre zu untersuchen. Die Untersuchung erfolgt hier durch Begehung. Für nicht begehbare Kanäle ist eine Untersuchung alle zehn Jahre erforderlich. Diese Kanäle werden mit einer fahrbaren Kamera, dem sogenannten Kanalfernauge untersucht.

Mittlerweile sind alle öffentlichen Kanäle in Nürnberg auf ihren baulichen Zustand hin überprüft. Insgesamt zeigt sich ein guter Zustand des Kanalnetzes. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die festgestellten Schäden zeitnah durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen beseitigt werden. Damit ist von einer geringen Beeinflussung des Grundwassers durch die Kanalisation auszugehen. Durch die stetige Alterung der Kanalisation, aber auch durch die Belastung aus dem Straßenverkehr ergibt sich jedoch permanenter Sanierungsbedarf.

Die Sanierung von Kanälen ist auf zwei grundsätzliche Arten möglich:

- Bei der Kanalauswechslung in offener Baugrube wird der vorhandene, schadhafte Kanal durch einen neuen ersetzt. Oftmals ist dies mit einer Vergrößerung des Kanalquerschnitts verbunden. Hier führt die bauliche Sanierung gleichzeitig zu einer Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit.
- Durch grabenlose Sanierung wird die Funktionsfähigkeit eines schadhaften Kanals mit verschiedenen Verfahren wieder hergestellt. Dabei kann auf eine Aufgrabung der Straßenoberfläche verzichtet werden, so dass es zu deutlich geringeren Behinderungen des Straßenverkehrs kommt. Die eingesetzten Verfahren sind abhängig vom Schadensbild und reichen von punktueller Reparatur (z.B. Spachtelung von Fehlstellen) bis hin zur Inlinersanierung von Kanalhaltungen.

Die Sanierung mittels Inliner ist in Nürnberg ein verbreitetes Sanierungsverfahren. In den sanierungsbedürftigen Kanal wird zunächst ein kunstharzgetränkter Glasfaserschlauch, der sogenannte Inliner, eingebracht. Im Anschluss daran wird die zu sanierende Kanalhaltung mit warmem Wasser gefüllt. Der Wasserdruck presst den Inliner an die Kanalwandung an, zugleich sorgt die Wärme für ein Aushärten des Kunstharzes. Es entsteht ein sehr stabiles "Rohr-im-Rohr-System" das bei hochwertiger Ausführung eine Haltbarkeit von 50 Jahren erwarten lässt.



Abb. 65: Fahrbare Kamera für die Untersuchung von nicht begehbaren Kanälen

### 4. Grundwasserschutz und bautechnische Aspekte

Für die Sanierung von schadhaften Kanälen wendet SUN jährlich rund 6 Millionen Euro auf. Damit werden nicht nur der bauliche Zustand sowie die Tragfähigkeit der Kanäle verbessert. Die Sanierung sorgt auch für die erforderliche Dichtheit der Kanalisation. Die Verschmutzung des Grundwassers wird hierdurch abgewendet, ein eventuell abgesenkter Grundwasserspiegel kann sich wieder auf seine natürliche Lage einstellen.



Abb. 66: Kanalsanierung mit Schlauchlining: Einbringen des Liners in den Kanal

### Die privaten Grundstücksentwässerungsanlagen

Für private Kanalisationen, auch als Grundstücksentwässerungsanlagen bezeichnet, gilt das Gleiche wie für öffentliche Kanäle: Sie müssen ebenfalls dicht sein. Deshalb ist auch für die Grundstücksentwässerungsanlagen eine regelmäßige Prüfung des baulichen Zustands erforderlich. Rechtliche Grundlage hierfür ist die Entwässerungssatzung der Stadt Nürnberg.

Die Grundstücksentwässerungsanlagen befinden sich in Nürnberg, ebenso wie in vielen anderen Städten, in Verantwortung des Grundstückseigentümers. Dieser muss für den guten Zustand der Kanäle, Schächte und Einbauteile sorgen sowie die in der Satzung vorgeschriebenen Überprüfungen durchführen lassen. Die Untersuchung erfolgt mittels Kamerabefahrung, ähnlich wie bei den nicht begehbaren Kanälen der öffentlichen Kanalisation.

Im Stadtgebiet Nürnberg gibt es rund 66.800 private Grundstücksentwässerungsanlagen. Mittlerweile sind rund zwei Drittel davon überprüft. Auch hier zeigt sich insgesamt ein geringer Sanierungsbedarf.

### Zusammenfassung und Ausblick

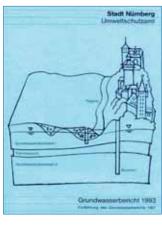
Aus heutiger Sicht ist die Beeinträchtigung des Grundwassers durch die Kanalisation als gering einzustufen. Die Nürnberger Kanäle befinden sich in einem guten Zustand. Das zeigen die Ergebnisse aus der Untersuchung der öffentlichen Kanäle und der privaten Grundstücksentwässerungsanlagen.

Die auch in Zukunft stattfindende, stetige Untersuchung des Kanalnetzes stellt sicher, dass Schäden durch Abnutzung und durch die Belastung aus dem Straßenverkehr frühzeitig erkannt und saniert werden. Damit ist der Schutz des Grundwassers vor Gefahren aus dem Bereich Stadtentwässerung gesichert.

84 GRUNDWASSERBERICHT 2011 Daten zur Nürnberger Umwelt

### 4.6. Weiterführende Untersuchungsprogramme für das Grundwasser







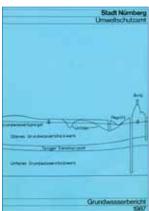


Abb. 67: Grundwasserberichte der Stadt Nürnberg

Seit dem ersten Grundwasserbericht 1987 wird in regelmäßigen Abständen die Grundwassersituation im gesamten Stadtgebiet Nürnberg hinsichtlich des chemischen und mengenmäßigen Zustands überprüft und in Grundwasserberichten [33; 35; 36; 37] veröffentlicht.

Somit kann nun auf fast 25 Jahre Grundwasserberichterstattung für Nürnberg zurückgeblickt werden. Die damit verbundene langjährige Tradition des Grundwassermonitorings in Nürnberg wurde erst viel später durch neues europäisches Rahmenrecht (EU-Wasserrahmenrichtlinie) und neues Bundesrecht (Grundwasserverordnung seit 2010) nunmehr fest vorgegeben.

Mit dem vorliegenden Bericht wurde erstmals ein festes Grundwassermessnetz eingerichtet, das für zukünftige Untersuchungsprogramme mit geringem Aufwand weiter genutzt werden kann. Mit diesem Messnetz lassen sich außerdem in Zukunft genauere Aussagen zu Entwicklungen der quantitativen Grundwassersituation im Stadtgebiet erstellen. Auch aus diesem Grund ist dieser Aspekt ein Schwerpunkt des vorliegenden Berichts.

Zur weiteren Beobachtung der Grundwasserstände sollen zukünftig in einem 5 jährlichen Rhythmus Stichtagsmessungen am neu errichteten Grundwassermessnetz erfolgen und die gewonnenen Daten für die interessierte Öffentlichkeit bereitgestellt werden. Zusätzlich werden geeignete Messstellen ausgewählt, an welchen mittels Datenlogger der Gang der Grundwasserstände kontinuierlich (täglich) gemessen wird.

Zur Überwachung der Grundwasserqualität haben sich die bisherigen Datenerhebungen und -auswertungen bewährt und sollen deshalb fortgeführt werden. Neben den Hauptschadstoffen LHKW, Nitrat und Pflanzenschutzmitteln werden künftig auch die Chloridgehalte im Grundwasser schwerpunktmäßig überwacht.

Eine Verdichtung des Messnetzes im Hinblick auf die Entwicklung der Nitratgehalte im Süden Nürnbergs ist geplant. Zur Klärung der vereinzelt festgestellten Belastungen durch organische Schadstoffe (TOC) müssen zunächst eingrenzende Auswertungen vorgenommen werden. Das Grundwassermonitoring wird außerdem in Zukunft um die Überwachung der Grundwassertemperatur ergänzt werden. Es sollen damit die langfristigen Auswirkungen der zunehmenden geothermischen Nutzungen überwacht werden.

Insgesamt wird damit die Grundwassersituation für das Stadtgebiet umfassend und aktuell beschrieben mit dem Ziel den Erhalt und die Entwicklung hin zu einem guten Zustand dieser wichtigen Ressource für das Stadtgebiet zu dokumentieren und die entsprechenden Informationen der Öffentlichkeit und Unternehmen geeignet zur Verfügung zu stellen.

# **Anhang I**

### Angebote und Dienstleistungen, Ansprechpartner

### Boden- und Gewässerschutz

Unbelastete Böden und sauberes Wasser sind Grundvoraussetzungen für ein gesundes Leben. Es ist daher von großer Bedeutung eine negative Beeinträchtigung dieser beiden Güter weitgehend zu vermeiden und damit den Schutz von Mensch und Umwelt zu gewährleisten.

Zu diesem Zweck berät das Umweltamt der Stadt Nürnberg Bürger und Unternehmen bei Baumaßnahmen, Veranstaltungen, Grundstückskäufen oder ähnlichen Vorhaben, klärt über entsprechende Rechte und Pflichten auf und erteilt Auskünfte über Anzeige- und Genehmigungspflichten, um potentiellen Gefahren für Wasser und Boden zu begegnen.

### Kontaktadresse:

Stadt Nürnberg Umweltamt Boden- und Gewässerschutz Lina-Ammon-Straße 28 90471 Nürnberg E-Mail: uwa@stadt.nuernberg.de www.umwelt.nuernberg.de

# Unser Grundwasser – Verantwortung für die Zukunft

Die Grundwasserberichte des Umweltamtes der Stadt Nürnberg bieten im Hinblick auf die quantitative sowie qualitative Grundwassersituation im Stadtgebiet eine breite Informationsbasis für Sachverständige im Bereich Altlasten und Wasserwirtschaft sowie für die Öffentlichkeit und interessierte Bürger. Die Grundwasserberichte bilden die Grundlage zur Planung von Maßnahmen für einen effektiven und nachhaltigen Boden- und Gewässerschutz in Nürnberg.

Sie können die Grundwasserberichte aus den Jahren 1993 und 2000 sowie 2011 – solange vorrätig – im Umweltamt käuflich erwerben.

Ansprechpartnerin im Umweltamt

Frau Löhr 231 – 5920

### Grundwasserbenutzung im Stadtgebiet

Die Errichtung von Brunnen oder Grundwassermessstellen, Wärmepumpen oder Erdwärmesonden, temporären Grundwasserhaltungsmaßnahmen oder Einleitungen (z.B. durch Sickeranlagen) stellen Eingriffe in den Grundwasserkörper dar.

Für all diese vielfältigen Grundwasserbenutzungen sind wasserrechtliche Anzeigen oder Erlaubnisse erforderlich. Die entsprechenden Formulare und Anträge können Sie im Internet auf den Seiten des Umweltamtes downloaden.

Ansprechpartner im Umweltamt

Herr Zollinger 231 - 3871 Frau Mohr 231 - 4110

Frau Ziolko 231 - 5865 (Geothermie)

Herr Greger 231 - 2103

# Gewässerschutz – Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Viele Stoffe mit denen wir umgehen, sei es in Privathaushalten, beim Handel oder in Gewerbe- und Industriebetrieben, sind wassergefährdende Stoffe und damit geeignet, die lebenswichtige Ressource Wasser nachteilig zu verändern.

Maßgebend für die Anforderungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ist das Gefährdungspotenzial der Anlage, das sich aus der Wassergefährdungsklasse, dem Rauminhalt der Anlage und dem Aufstellungsort (Wasserschutzgebiet, Überschwemmungsgebiet) sowie der Einbauart der Anlage ergibt.

Ansprechpartner im Umweltamt:

 Herr Greger
 231 - 2103

 Frau Ziolko
 231 - 5865

Herr Hauer 231 - 5864 (Heizöl-Tankanlagen)

### Wasserschutzgebiete – erhöhte Anforderungen zum Schutz unseres Trinkwassers

Zum Schutz der öffentlichen Trinkwassergewinnung werden Wasserschutzgebiete ausgewiesen und per Verordnung festgesetzt. Innerhalb eines Wasserschutzgebiets müssen aus Vorsorgegründen und um die Gefahren für das Trinkwasser zu minimieren, erhöhte Anforderungen eingehalten werden. Die Lage eines Grundstücks in einem Wasserschutzgebiet hat zur Folge, dass Baumaßnahmen und Nutzungen unter Umständen mit besonderen Auflagen versehen werden müssen.

Ansprechpartnerin im Umweltamt:

Frau Mohr 231 - 4110

86 GRUNDWASSERBERICHT 2011 Daten zur Nürnberger Umwelt

# Sicherung von Überschwemmungsgebieten – aktiver Hochwasserschutz

Die Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass es wichtig ist, aktiv vorzusorgen und die Gebiete zu ermitteln, die voraussichtlich überschwemmt werden, um Hochwasserschäden zu minimieren.

Mit der vorläufigen Sicherung von Überschwemmungsgebieten ist z.B. verbunden, dass Baumaßnahmen in solchen Gebieten unter Umständen mit besonderen Auflagen versehen werden müssen.

Ansprechpartner im Umweltamt:

 Herr Zollinger
 231 - 3871

 Frau Beck
 231 - 14939

 Frau Wilpert
 231 - 3370

### Altlasten - Schadstoffe im Boden und Grundwasser

Das Thema Altlasten – Schadstoffe im Boden und Grundwasser - spielt gerade in den Ballungsräumen eine große Rolle. Die Ursachen liegen in der über hundertjährigen Industriegeschichte sowie den massiven Kriegseinwirkungen. Auch sind die urbanen Zentren häufig Standorte ehemaliger Militärstützpunkte und stillgelegter Deponien.

Die Klärung der Altlastensituation auf Grundstücken ist bei Kauf, Wertermittlung, Nutzungsänderungen und Baumaßnahmen immer sinnvoll, um die Finanzierung des Vorhabens oder die geplante Neunutzung sicher zu stellen.

Erste Anhaltspunkte für eine mögliche Altlast auf einem Grundstück kann eine Auskunft aus dem Altlastenkataster liefern.

### Altlastenkataster

Das Altlastenkataster der Stadt Nürnberg basiert auf die Auswertung einer Vielzahl verschiedenster Datenquellen und umfasst heute Informationen über rund 5.500 Grundstücke in Nürnberg.

Seit 1986 werden in Nürnberg Altlasten-Untersuchungen durchgeführt sowie die Umgangsbereiche mit umweltrelevanten Stoffen bei Nürnberger Betrieben überprüft (Stoffart, Menge, Sicherheitsvorkehrungen, evtl. sorgloser Umgang).

Darüber hinaus sind dem Umweltamt etwa 7.000 unterirdische Tankanlagen bekannt. Im Bereich von unterirdischen Tankanlagen kann man häufig Schadstoffe im Boden feststellen.

Auskünfte aus dem Altlastenkataster werden schriftlich erteilt und sind gebührenpflichtig.

231 - 4320

Ansprechpartner im Umweltamt:

Birgit Schneeweis 231 - 14870 Harald Hauer 231 - 5864

Thomas Lange

### Altlastenmanagement – Sanierung

Sind Anhaltpunkte für eine Altlast gegeben, ist eine Nutzungsrecherche für das betreffende Grundstück unumgänglich. Aus 25-jähriger Erfahrung empfehlen wir dem Eigentümer oder Investor, als ersten Schritt eine historische Erkundung von einem kompetenten Altlasten-Sachverständigen ausführen zu lassen. Im Anschluss kann dann gezielt untersucht und ggfs. saniert werden. Die erforderlichen Maßnahmen werden vom Umweltamt in Abstimmung mit den Beteiligten festgelegt.

Ansprechpartner im Umweltamt:

Armin Späth 231 - 3906 Monika Kalthöner 231 - 5854 Alexander Heinel 231 - 14560

### Grundwasserableitungen in den städtischen Kanal

Bei Durchführung von Baumaßnahmen auf einem Grundstück kann vorübergehend Grundwasser zur Trockenlegung der Baugruben Grundwasser in die Kanalisation eingeleitet werden. Dazu ist eine Einleitgenehmigung der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg erforderlich. Für die Erteilung der Einleitgenehmigung ist bei Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg, ein entsprechender Antrag zu stellen.

Stadtentwässerung und Umweltanalytik Abt. Grundstücksentwässerung

Peuntgasse 12, 90475 Nürnberg:

Servicenummer 231 - 3009

# **Anhang II**

## Erlaubnis- und Anzeigepflichtige Grundwasserbenutzungen

Grundwasserbenutzungen, erlaubnispflichtig	Beispiele
Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser.	<ul> <li>Betriebs-, Brauchwasser- und Beregnungsbrunnen</li> <li>Grundwasserbrunnen für Kühlzwecke</li> <li>Wärmepumpen</li> <li>Trinkwasserbrunnen</li> <li>Grundwasserabsenkung bei Baumaßnahmen</li> <li>Drainagen (Ausnahme: landwirt. Bodenentwässerung)</li> </ul>
Einbringen und Einleiten von Stoffen in ein Gewässer	<ul> <li>Reinfiltration von Grundwasser z.B. über Schluckbrunnen (u.a. bei Wärmepunmpen oder Bauwasserhaltungen)</li> <li>Versickerungsmaßnahmen von Niederschlagswasser, wenn Altlastenverdacht vorliegt, der Standort sich in einem Wasserschutzgebiet befindet, oder/ und Flächen &gt; 1000 m² entwässert werden sollen)</li> <li>Versickern von vollbiologisch gereinigtem Abwasser aus Kleinkläranlagen</li> <li>Einbringen von flüssigen (und zähflüssigen) Stoffen, z.B. Beton für Bohrpfähle und Unterwasserbetonsohlen, Zement / Bentonitsuspension für Schlitzwanderrichtungen oder Zementsuspension für die Errichtung von Ankern, Unterfangungen oder Dichtsohlen</li> </ul>
Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser durch Anlagen, die hierfür bestimmt oder hierfür geeignet sind mit dauerhaften oder vorübergehenden Einwirkungen auf das Grundwasser	<ul> <li>Spund-, Bohrpfahl- oder Dichtwände ( z.B. als Baugrubenverbau)</li> <li>Wannen oder Bauwerke im Grundwasser</li> <li>Grundwasserum- und -überleitungsanlagen z.B. Dükerleitungen, Flächendränagen (s.o.)</li> <li>Untergrundverdichtungen durch Injektionen</li> </ul>
Grundwasserbenutzungen, anzeigepflichtig (1 Monat vor Beginn der Arbeiten)	Beispiele
Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser in geringen Mengen für Zwecke der Land- und Forstwirtschaft und des Gartenbaus zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit	Gartenbrunnen
Die unbeabsichtigte Erschließung von Grundwasser ist unverzüglich nach Bekanntwerden anzuzeigen	<ul> <li>Baugruben, die in den Grundwasserschwankungsbereich und tiefer eingreifen</li> <li>Alle Bohrarbeiten im Grundwasser, z.B. Aufschluss, -und Probebohrungen</li> <li>Bau von Brunnen und Messstellen</li> <li>Bau von Erdwärmesondenanlagen</li> </ul>

88 GRUNDWASSERBERICHT 2011 Daten zur Nürnberger Umwelt

# **Anhang III**

### Weiterführende Informationen

### http://www.umwelt.nuernberg.de

Auf der Homepage des Umweltamtes Nürnberg finden sich unter anderem Informationen zur Thematik Bodenund Gewässerschutz und in diesem Rahmen zu Grundwasser, Regenwasser, Geothermie, Gartenbrunnen, Altlasten u.v.m.

### http://umweltdaten.nuernberg.de/grundwasser

Auf dieser, für das Grundwassermessprogramm gestalteten Seite der Stadtentwässerung und Umweltanalytik der Stadt Nürnberg finden sich die Ergebnisse der Stichtagsmessungen am Grundwassermessnetz vom Frühjahr und Herbst 2010 (jeweils als Karten mit den Messstellen und Angaben der gemessenen Grundwasserflurabstände und Grundwasserstände in Meter über Meereshöhe).

### http://www.bis.bayern.de

Der GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt enthält Kartendarstellungen zu diversen Geowissenschaftlichen Fachgebieten, u.a. Geologie, Hydrogeologie, Bodenkunde, Bohrungs- und Aufschlussdaten. In dem Kartenlayer "Bohrungs- und Aufschlussdaten" sind Erstinformationen zu Grundwassermessstellen auch im Nürnberger Stadtgebiet zu finden.

### http://www.lfu.bayern.de

Das Bayerische Landesamt für Umwelt hält unter Anderem Informationen zur Grundwasserneubildung und zum Kooperationsvorhaben "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft" sowie einer Vielzahl weiterer umweltrelevanter Themen bereit. (die Informationsbroschüre "Oberflächennahe Geothermie" und der "Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern" sind zu finden unter http://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/geothermie\_oberflaechennah/index.htm/ und können bestellt werden unter: http://www.bestellen.bayern.de)

### http://www.dwd.de

Der Deutsche Wetterdienst informiert über die wesentlichen Belange der Thematik Klima und stellt eine Vielzahl an Klimadaten zur Verfügung.

### http://www.inka.bayern.de

Der Indikatorenkatalog Bayern beruht auf Daten des Statistischen Landesamtes von Bayern und bietet die Möglichkeit raumrelevante Bestandszahlen und Indikatoren für beliebige Gemeinden in Bayern auszugeben.

### http://www.hnd.bayern.de

"hnd" steht für den Hochwassernachrichtendienst des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, der v.a. die tagesaktuellen Pegelstände der Gewässer veröffentlicht sowie über aktuelle und historische Hochwässer und Überschwemmungen informiert und vor bevorstehendem Hochwasser warnt.

### http://www.wwa-n.bayern.de

Das Wasserwirtschaftsamt Nürnberg bietet Informationen zu Grundwasser, Trinkwasser sowie Wasser im Allgemeinen.

### http://www.n-ergie.de/N-ERGIE/wasser-74.html

Die N-Ergie AG hält auf ihrer Homepage u.a. Informationen rund um das Thema Trinkwasser, Trinkwasserversorgung für Nürnberg und zur Wasserqualität bereit.

### http://wv-knoblauchsland.de

Der Wasserverband Knoblauchsland informiert über die Bewässerung im Knoblauchsland.

### http://www.bgr.bund.de

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe bietet Informationen zum Thema Grundwasser und etlichen weiteren Geowissenschaftlichen Themenbereichen.

# **Anhang IV**

### **Glossar**

### Abteufen

Einen senkrechten Hohlraum (Schacht oder Bohrloch) von oben nach unten herstellen.

### Adsorption

Anlagerung eines Stoffes aus einer Gas- oder Flüssigphase an die Oberfläche eines Festkörpers (Adsorbens).

### Altlasten

Stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind (Altablagerungen) und Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist (Altstandorte), durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

### Anthropogen

Vom Menschen ausgehende Beeinflussung.

### Aquiclude

Schicht, die eine Grundwasser leitende Schicht (Aquifer) begrenzt und selbst kaum wasserdurchlässig ist (z.B. Tone).

### Aquifer

Zur Speicherung von Grundwasser geeignete geologische Schicht im Untergrund einschließlich nicht wasserefüllter Bereiche.

### Bauwasserhaltung

Siehe Grundwasserhaltung.

### **Biotop**

Lebensraum einer Artengemeinschaft mit einer einheitlichen, gegenüber seiner Umgebung abgrenzbaren Beschaffenheit.

### Boden

Belebte, verwitterte oberste Zone über dem ursprünglichen Gestein; im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes der oberste Bereich der Erdkruste bis zum Grundwasser.

### Bodenluft

Alle Gase, die sich in den Hohlräumen des Bodens befinden.

### Bodenmatrix

Festes Bodensubstrat ohne Porenraum.

### **BTEX**

Abkürzung für die monozyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole.

### Datenlogger

Gerät zur automatischen Datensammlung, zum Beispiel von Grundwasserstandsdaten.

### Deckschichten

Siehe Grundwasserdeckschichten.

### Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert)

Ein Maß für die Wasserwegsamkeit eines Bodens oder Gesteins, also die Durchlässigkeit für Wasser.

### Einzugsgebiet

Fläche, aus der das Grundwasser einem oder mehreren Brunnen zufließt.

### Erosion

Abtrag des vorhandenen Gesteins z.B. durch Gletscher, Flüsse oder Niederschlagswasser, dabei können z.B. Erosionsrinnen entstehen.

### Evaporation

Verdunstung von Wasser von unbewachsenem Land oder von Wasserflächen.

### Flurabstand

Siehe Grundwasserflurabstand.

### Fluviatil

Von Flüssen ausgearbeitet, fortgetragen, abgelagert oder angereichert.

### Ganglinie

Graphische Darstellung der zeitlichen Änderung hydrologischer Daten (z.B. Hochwasser, Abfluss, etc.). Der Begriff Ganglinie wird hauptsächlich für Wasserstand und Abfluss verwendet.

### Geogen

Von der Erde selbst herrührend, z.B. natürlicher Sulfatgehalt im Grundwasser.

### Geologie

Lehre vom Aufbau und der Entwicklungsgeschichte der Erde.

### Geothermie

(oder Erdwärme) ist die unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärmeenergie.

### Gley

ein vom Grundwasser beeinflusster Boden.

### Grundhochwasser

Ein durch erhöhte Grundwasserneubildung oder Flusshochwasser ausgelöstes erhebliches Ansteigen der Grundwasserstände.

### Grundwasser

Ist das unterirdische Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und in seinen Bewegungen nur der Schwerkraft unterworfen ist.

### Grundwasseranreicherung

Künstliches Einbringen von Wasser in den Untergrund, z.B. über Schluckbrunnen oder Versickerungsanlagen.

### Grundwasserdargebot

Summe aller positiven Bilanzglieder des Wasserhaushaltes (Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Uferfiltrat, künstliche Grundwasseranreicherung, usw.).

### Grundwasserflurabstand

(oder Flurabstand) ist der Abstand zwischen der Geländeoberfläche und der Grundwasseroberfläche.

### Grundwasserhaltung

Grundwasserentnahme zur Trockenhaltung von Baugruben oder Lagerstätten.

### Grundwasserkörper

Abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter.

### Grundwasserleiter

Schichten im Untergrund, die in ihrem Porenraum Grundwasser führen (z.B. Sand, Kies oder Sandstein).

### Grundwassermessstelle (GWM)

In den Untergrund eingebautes Messrohr, in dem die Höhe des Grundwasserstandes bestimmt oder Grundwasserproben gewonnen werden können.

### Grundwasserneubildung

Zusickerung von infiltriertem Niederschlags- oder Oberflächenwasser zum Grundwasser.

### Grundwasserspiegel

Oberfläche des Grundwasservorkommens, wie sie zum Beispiel in einer Grundwassermessstelle oder einem Brunnen gemessen werden kann.

### Grundwasserstauer

Bindige Gesteine mit sehr kleinen oder kaum zusammenhängenden Poren wirken als Grundwassergeringleiter (z.B. Geschiebemergel, sandiger Schluff) oder als Grundwasserstauer (u.B. Ton, Tonstein).

### Grundwasserstockwerk

Stockwerkartig sich überlagernde hydrogeologische Einheiten, die durch einen Wechsel im Untergrund zwischen Grundwasser führenden Schichten und stauenden Schichten entstehen.

### Grundwasserdeckschicht

(auch Grundwasserüberdeckung) Boden- und Gesteinsschichten über dem Grundwasserspiegel.

### Hydrogeologie

Wissenschaft vom Wasser in der Erdkruste, den geologischen Eigenschaften der Gesteine in Hinblick auf ihre Leit- und Speicherfähigkeit für Grundwasser und anderen Faktoren, die Einfluss auf das Grundwasser haben.

### Infiltration

Eindringen von Wasser in den Untergrund.

### Interzeption

Rückhalt und Verdunstung von Wasser von der Oberfläche von Pflanzen.

### Isohypse

Linie gleicher Grundwasserstände.

### Keuper

Oberster Abschnitt des Erdzeitalters der Trias; bestehend im Wesentlichen aus Gipskeuper und Sandsteinkeuper.

### Kluft

Gesteinsfuge im Festgestein, die durch die Bewegung der Erdkruste entstanden ist.

### Kontamination

Verunreinigung des Bodens oder des Grundwassers mit Schadstoffen.

### Letten

Verschiedenfarbige, schwach verfestigte Tone des Jung-Paläozoikum und Mesozoikum.

### LHKW

Leichtflüchtige halogeniert6e Kohlenwasserstoffe, eine Gruppe von stark gesundheitsschädlichen, in der Natur nicht vorkommenden Stoffen.

### Lockergestein

Nicht verfestigtes Gestein wie Sand, Kies.

### Monitoring

Überwachung nach einem festgelegten Programm.

### Nitrat

Stickstoffverbindung, die durch die Oxidation stickstoffhaltiger Düngemittel und Stickstoffdepositionen aus der Luft entsteht.

### Ökokonto

In einem Ökokonto werden Flächen und Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung bevorratet, die bei künftigen Eingriffen in Natur und Landschaft (z.B. Bauvorhaben) als Kompensationsmaßnahmen herangezogen (abgebucht) werden können.

### PAK

Abkürzung für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Benzo(a)pyren). Entstehen generell bei Verbrennungen.

### Persistenz

Eigenschaft von Stoffen, unverändert durch pysikalische, chemische oder biologische Prozesse in der Umwelt zu verbleiben. Der Ausdruck "persistente Stoffe" wird häufig für schwer abbaubare Stoffe verwendet.

### pH-Wert

Wert für die Aggressivität von Säuren und Basen.

### Quartär

Erdzeitalter von etwa 2,6 Millionen Jahren vor unserer Zeit bis heute (umfasst Pleistozän und Holozän).

### Quartäre Deckschichten

Sedimente der quartären Fließgewässer (Sande, Kiese, z.T. auch schluffig-tonige Lagen) und Flugsandablagerungen aus Verwehungen während der Eiszeiten im Ouartär.

### Quelle

Natürlicher, an einer bestimmten, örtlich begrenzten Stelle nicht nur vorübergehend erfolgender Austritt von Grundwasser.

### Redoxpotential

Elektrische Spannung, die bei einer Redoxreaktion auftritt. Es ist ein Maß für die oxidierende bzw. reduzierende Kraft eines Redoxsystems.

### Redoxsystem

Ein aus einem Oxidations- und einem Reduktionsmittel bestehendes Stytem von Reaktionspartnern, in dem das Reduktionsmittel Elektronen an das Oxidationsmittel abgibt; ein Reaktionspartner wird dabei oxidiert, der andere reduziert.

### Rohwasser

Noch nicht aufbereitetes Grund- oder Talsperrenwasser, das der Wasserversorgung dienen soll.

### Sandsteinkeuper

Sandstein-Tonstein-Wechselfolgen aus der Zeit des mittleren und oberen Keupers (obere Trias).

### Schluff

Kornfraktion mit einem Korndurchmesser von 0,002 bis 0,063 mm.

### Speichergestein

Ein Gesteinskörper, der aufgrund seiner Beschaffenheit, z.B. großer Hohlraumanteil oder miteinander verbundene Hohlräume, dazu geeignet ist, Grundwasser oder Erdöl bzw. Erdgas zu speichern.

### Tertiär

Erdzeitalter von etwa 65 bis 2,6 Millionen Jahren vor unserer Zeit.

### Tracer

Leicht nachweisbarer Stoff, der zur Markierung (Markierungsversuch) in geringen Mengen in Fließgewässer oder in Grundwasser eingebracht wird, um etwa die Fließwege zu ermitteln. Auch natürlich vorkommende Stoffe können für Traceruntersuchungen genutzt werden.

### **Transpiration**

Verdunstung von Wasser über die Spaltöffnungen in den Blättern der Pflanzen.

### Trias

Erdzeitalter zwischen 245 und 210 Millionen Jahren vor unserer Zeit, bestehend aus den Abschnitten Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper.

### Uferfiltrat

Grundwasser, das durch das Einströmen von Bach- oder Flusswasser in den Grundwasserleiter gebildet und in Ufernähe durch Brunnen gewonnen wird.

### Urban

Die Stadt betreffend.

### Versiegelung

Für Niederschläge undurchlässige Bereiche der Erdoberfläche, die aufgrund von Bebauung, Straßen oder Parkplätzen entstanden sind.

### Wasserfassung

Wasserfassung ist ein Oberbegriff für jegliche bauliche Anlage zur Gewinnung von Wasser aus Grundwasser, Quellen usw., z.B. Brunnen, Brunnenstuben, Entnahmebauwerke, Sickerleitungen, Sickerstollen. Spezielle Wasserfassungen werden auch als Brunnenfassung bezeichnet.

### Wasserscheide

Grenze zwischen zwei Einzugsgebieten.

### Wasserschutzgebiet

Dient dem besonderen Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen. Es ist in mehrere Zonen gegliedert, für die abgestufte Handlungsbeschränkungen und Verbote gelten.

# **Anhang V**

Vorwort

Abb. 1

### **Abbildungsverzeichnis**

Quelle: Stadt Nürnberg Presseamt

Schematische Darstellung des Wasserkreislaufs

	mit Zahlen der mittleren Wasserbilanz für Deutschland von 1961 – 1990. Quelle: BGR Hannover
Abb. 2	Unterer Wöhrder See. Quelle: Susanne Reiche
Abb. 3	Erlenbruchwald im Eibacher Forst. Quelle: Peter Mlnarik
Abb. 4	Grundwasserbeeinflusster Boden. Quelle: Peter Mlnarik
Abb. 5	Gründlachaue bei Neunhof. Quelle: Peter Mlnarik
Abb. 6	Knoblauchkröte (Pelobates fuscus). Quelle: Deutsche Gesellschaft für Herpetologie und Terrainkunde (DGHT)
Abb. 7	Hydrogeologisches Profil des Burgbergs. Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie
Abb. 8	Margarethenbrunnen. Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie
Abb. 9	Brunnenschacht des ehemaligen Burggrafen- brunnen südlich des Fünfeckturms. Quelle: Walter Herppich
Abb. 10	Der Tiefe Brunnen auf der Kaiserburg. Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie
Abb. 11	Mittelarterlicher Wassergewinnungsstollen in den Sandsteinschichten des Burgbergs. Quelle: Walter Herppich
Abb. 12	Der "Wolframsbrunnen" im Keller des Anwesens Lorenzer Str. 5. Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg.

Institut für Angewandte Geologie

Aktiengesellschaft und Prognose.

Wasserversorgung der Stadt Nürnberg.

Quelle: N-Ergie AG

Quelle: N-Ergie AG

Entwicklung der Trinkwasserabgabe der N-Ergie

Abb. 13

Abb. 14

- Abb. 15 Fließschema Wasserwerk Erlenstegen. Quelle: N-Ergie AG
- Abb. 16 Wasserschutzgebiet Erlenstegen. Quelle: N-Ergie AG
- Abb. 17 Übersichtslageplan zur Wasserbeileitung.

  Quelle: Wasserwirtschaftsamt (WWA) Nürnberg
- Abb. 18 Gemüseanbau im Knoblauchsland. Quelle: Peter Mlnarik
- Abb. 19 Speicherbecken im Knoblauchsland.

  Quelle: Wasserverband Knoblauchsland (WVK)
- Abb. 20 Wärmenutzungsverfahren der oberflächennahen Geothermie: Grundwasser-Wärmepumpenanlage mit Förder- und Schluckbrunnen, Erdwärmekollektoranlage und Erdwärmeesondenanlage. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.
- Abb. 21: Einbringen einer Doppel-U-Sonde (Erdwärmesonde). Quelle: Cindy Ziolko
- Abb. 22 Grundwasserbenutzungen im Stadtgebiet. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr
- Abb. 23 Beregnung im Knoblauchsland. Quelle: Susanne Reiche
- Abb. 24 Beispiele für Notbrunnen (Handschwengelbrunnen in Eibach, Lufthebeanlage an der Salzbrunnerstr.).

  Quelle: Aqua Opta
- Abb. 25 Anzahl der Errichteten Erdwärmesondenanlagen im Nürnberger Stadtgebiet.

  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
  Sachbearbeitung: Cindy Ziolko
- Abb. 26 Flyer Wasserspaziergang (September 2010). Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Maria Martens
- Abb. 27 Grundwasserstockwerke und Schichtenfolge des Untergrundes von Nürnberg Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
  Sachbearbeitung: Manfred Feulner, überarbeitet von Gisela Löhr
- Abb. 28 Sanddüne im Erlenstegener Forst Nähe Tierheim.

  Ouelle: Peter Mlnarik
- Abb. 29 Burgsandstein mit Zwischenletten im Bereich des Tiergarten Nürnberg. Quelle: Peter Mlnarik

### Anhang V

- Abb. 30 Schichtenverzeichnis eines Beregnungsbrunnens (GWM\_B0208) im Knoblauchsland (Blasen- bis Schilfsandstein).

  Quelle: GeODin-Bohrungskatalog der Stadt Nürnberg (Auszug)
- Abb. 31 Eisen-/Mangankonkretionen in einem durch Staunässe geprägten Boden (Pseudogley-Braunerde aus sandiger Deckschicht über Unterem Burgsandstein). Quelle: Gisela Löhr
- Abb. 32 Skizze: Schwebendes Grundwasserstockwerk.
  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
  Sachbearbeitung: Gisela Löhr,
  GIS-Bearbeitung: Elke Hussenöder
- Abb. 33 Durch Bodenaushub freigelegtes schwebendes Grundwasserstockwerk im Bereich Nordostbahnhof. Quelle: Maria Martens
- Abb. 34 Grundwassermessstellen an der Uhlandstraße. Quelle: GeODin-Bohrungskatalog der Stadt Nürnberg (Auszug)
- Abb. 35 Nord-Süd-Profil der quartären Deckschichten und des Keuperuntergrundes.
   Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg.
   Institut für Angewandte Geologie
- Abb. 36 Querschnitt durch die Urtalrinne II und den Südrand der Urtalrinne III in der Gegend von Ley-Höfen.

  Quelle: Skizze von R.G. SPÖCKER [32]
- Abb. 37 Gesamtansicht der Buchenklingen-Quellfassung am Nordhang des Schmausenbucks im Sommer 2009 (oben) und Detailaufnahme des Quellaustritts mit den Jahreszahlen der im 16. Jhd. getätigten Restaurierungsmaßnahmen (unten). Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie
- Abb. 38 Fontänenartig austretendes Grundwasser in der im Jahre 1936 neu gefassten "König-Ludwig-II"-Quelle an der Stadtquelle Nürnberg-Fürth.

  Quelle: Stadtarchiv Fürth
- Abb. 39 Geomorphologisches und hydrographisches Blockbild mit Lage der bislang beobachteten artesischen Grundwasserbrunnen sowie Blockbild des tektonischen Bezugshorizontes der Lehrbergschichten- / Blasensandstein-Grenze mit Bruchtektonik im Stadtgebiet von Nürnberg; jeweils 5-fache Überhöhung.

  Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern

Quelle: Dr. Alfons Baier. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie

- Abb. 40 Hydrochemisches Profil durch ausgewählte Probenahmepunkte auf der SW-NE verlaufenden Schnittlinie von der Gerasmühle im Rednitztal über die Gartenstadt und das Dutzendteichgebiet zum Schmausenbuck. Die Radien der Kreisdiagramme sind proportional zu den Leitfähigkeiten in  $\mu$ S/cm (obere Zahl), die darunter stehende Zahl gibt  $\delta^{18}O_{H_2O}$ -Werte als permille (‰)-Abweichung vom VSMOW Standard an.
  - Quelle: H.L. Subert, Dr. Alfons Baier, Prof.Dr. J.A.C. Barth. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie
- Abb. 41 Gegenüberstellung von δD<sub>H2O</sub> und δ<sup>18</sup>O<sub>H2O</sub> in % VSMOW mit LMWL für Erlangen (durchgezogene Linie). Die 2σ-Standardabweichung der Messungen liegt innerhalb der Symbolgrößen. Quelle: H.L. Subert, Dr. Alfons Baier, Prof.Dr. J.A.C. Barth. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg. Institut für Angewandte Geologie
- Abb. 42 Urbaner Grundwasserhaushalt.

  Quelle: Stadt Nürnberg, Stadtgrafik.

  Bearbeitung: Herbert Kulzer.
- Abb. 43 Mittlere Monatssummen der Niederschläge am Nürnberger Flughafen im Zeitraum 1981-2010 (Auswertung der Daten des Deutschen Wetterdienstes).

  Quelle: DWD. Bearbeitung: Gisela Löhr
- Abb. 44 Niederschlagssummen an der Flugwetterwarte Nürnberg. (Datengrundlage: Werte des Deutschen Wetterdienstes, DWD); Beginn hydrologischer Winter: 1. Nov; Beginn hydrologischer Sommer: 1.Mai.

  Quelle: DWD. Bearbeitung: Gisela Löhr
- Abb. 45 Flächennutzung im Stadtgebiet.

  Quelle: Stadt Nürnberg, Statistisches Amt.
  Sachbearbeitung: Gisela Löhr
- Abb. 46 Prozentuale Verteilung LHKW-belasteter Notund Betriebsbrunnen (Anzahl Brunnen: 95). Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Stefan Schuster
- Abb. 47 Vergleich der LHKW-Belastungen von 1987 2009 (Anzahl direkt vergleichbarer Brunnen: 29).

  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
  Sachbearbeitung: Stefan Schuster
- Abb. 48 Prozentuale Verteilung von Nitratbelastungen direkt vergleichbarer Not- und Betriebsbrunnen (Anzahl Brunnen: 81).

  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
  Sachbearbeitung: Stefan Schuster

94

- Abb. 49 Prozentuale Verteilung von Pflanzenschutzmittelbelastungen direkt vergleichbarer Not- und Betriebsbrunnen (Anzahl Brunnen: 51). Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Stefan Schuster
- Abb. 50 Prozentuale Verteilung der Chloridkonzentrationen direkt vergleichbarer Not- und Betriebsbrunnen (Anzahl Brunnen: 54).
   Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
   Sachbearbeitung: Stefan Schuster
- Abb. 51 Mischkultur im Knoblauchsland. Quelle: Susanne Reiche
- Abb. 52 Entwicklung der Nitratkonzentrationen (Reihenuntersuchung 2010). Quelle: Wasserwirtschaftsamt Nürnberg. Sachbearbeitung: Hans Splitgerber
- Abb. 53 Entwicklung der Nitratgehalte im Knoblauchsland seit 1992

  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.

  Sachbearbeitung: Stefan Schuster
- Abb. 54 Grundwassermessstellen des Grundwassermessnetzes Nürnberg. Quelle: Peter Meyer
- Abb. 55 Messung des Grundwasserstandes an einer Grundwassermessstelle (Herbst 2010)

  Quelle: Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg. Sachbearbeitung: Peter Meyer
- Abb. 56 Ganglinie an der Messstelle GWM\_N0001.
  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
  (Niederschlagswerte: Daten des Deutschen Wetterdienstes)
  Sachbearbeitung: Gisela Löhr
- Abb. 57 Grundwasserstände an der Grundwassermessstelle K4 Zuckermandelweg. Quelle: Landesmessnetz des LfU Bayern. Niederschlagswerte berechnet auf Basis der Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), Bearbeitung: Stadt Nürnberg, Umweltamt, Gisela Löhr
- Abb. 58 Grundwasserstände an Notbrunnen seit 1986. Quelle: Gisela Löhr. Niederschlagswerte berechnet auf Basis der Daten des DWD
- Abb. 59 Für niederschlagsarme und –reiche Perioden gemittelte Grundwasserstände an Notbrunnen mit Grundwasseranstiegen <= 65 cm, gemittelte Niederschlagswerte (NW Ns = Mittelwert der sommerlichen Niederschläge; NW Nw = Mittelwert der winterlichen Niederschläge; Skalierung in 100 mm Abständen; Niederschlagswerte berechnet auf Basis der Daten des Deutschen Wetterdienstes).

  Quelle: Gisela Löhr

Abb. 60 Grundwasserganglinien von Wasserverbandsbrunnen (mit geringen Flurabständen).

Quelle: Gisela Löhr

- Abb. 61 Grundwassererfüllte Baugrube in Ziegelstein. Quelle: Maria Martens
- Abb. 62 Beispiel für versickerungsfähige Oberflächenbefestigungen.

  Quelle: Susanne Reiche
- Abb. 63 Bioanbau Schnittlauch. Quelle: Susanne Reiche
- Abb. 64 Logo Biometropole Nürnberg.

  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltreferat
- Abb. 65 Fahrbare Kamera für die Untersuchung von nicht begehbaren Kanälen.

  Quelle: Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN)
- Abb. 66 Kanalsanierung mit Schlauchlining: Einbringen des Liners in den Kanal.

  Quelle: Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN)
- Abb. 67 Grundwasserberichte der Stadt Nürnberg. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt

# **Anhang VI**

### Kartenverzeichnis

Karte 1	Vorkommen grundwassernaher Lebensraum- typen. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Petr Mlnarik	Karte 12	Ergebnisse der Nitrat-Sonderuntersuchung 2009 Quelle: Wasserwirtschaftsamt Nürnberg. Sachbearbeitung: Hans Splitgerber, überarbeitet durch Stadt Nürnberg,	
Karte 2 Karte 3	Verteilung der Grundwasserentnahmebrunnen im Stadtgebiet Nürnberg.(ca. 15 % der Gartenbrunnen können nicht dargestellt werden) Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr Oberflächengewässer im Stadtgebiet Nürnberg.	Karte 13	Fr. Hussenöder  Ergebnisse der Pflanzenschutzmittel-Sonderuntersuchung 2009  Quelle: Wasserwirtschaftsamt Nürnberg.  Sachbearbeitung: Hans Splitgerber,  überarbeitet durch Stadt Nürnberg,	
Karte 3	Quelle: Stadt Nürnberg, SÖR Brückenbau		Fr. Hussenöder	
Karte 4	Bebaute Bereiche mit durchschnittlichen Versie- gelungsgraden. Quelle: Auszug aus der Bodenfunktionskarte,	Karte 14	Grundwassermessnetz der Stadt Nürnberg. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr	
	Arten- und Biotopschutzprogramm. Stadt Nürnberg (1996), aktualisiert 2010	Karte 15	Grundwasserfließrichtungen im Stadtgebiet Nürnberg	
Karte 5	Schwerpunktbereiche mit LHKW-belasteten Not- und Betriebsbrunnen 2005 – 2009.	-	Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr	
	Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Stefan Schuster	Karte 16	Verteilung der Grundwasserstandsänderunger zwischen 1991 und 2010 im Stadtgebiet Nürn-	
Karte 6	Schwerpunktbereiche mit LHKW-belasteten Not- und Betriebsbrunnen 1995 – 1999. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.		berg. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr	
	Sachbearbeitung: Stefan Schuster	Karte 17	Grundwasserstandsänderungen im Knoblauchs-	
Karte 7	rte 7 Nitratbelastungen des Grundwassers 2005 – 2009. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.		land seit 2004. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr	
	Sachbearbeitung: Stefan Schuster	Karte 18	Wasserschutzgebiete im Stadtgebiet Nürnberg.	
Karte 8	Nitratbelastungen des Grundwassers 1995 – 1999.		Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr	
	Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Stefan Schuster	Karton in	der Anlage	
Karte 9	Pflanzenschutzmittel im Nürnberger Grundwas-		Deckschichtenkarte von Nürnberg	
	ser 2005 – 2009.	Alliage	Decksementerikarie von Numberg	

Karten in	der Anlage
Anlage 1	Deckschichtenkarte von Nürnberg Quelle: Spoecker, R. G. [32] überarbeitet von: Bayerisches Landersamt für Umwelt, Geozentrum Nordbayern,
Anlage 2	Stadt Nürnberg, Umweltamt Wasserwirtschaftsamt Nürnberg. Grundwassergleichenplan Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt erstellt durch R & H Umwelt GmbH.

Anlage 3 Flurabstandskarte

Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt
erstellt durch R & H Umwelt GmbH.

96

Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
Sachbearbeitung: Stefan Schuster

Karte 10 Pflanzenschutzmittel im Nürnberger Grundwas-

Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.
Sachbearbeitung: Stefan Schuster

Karte 11 Chloridgehalte des Nürnberger Grundwassers

Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.

Sachbearbeitung: Stefan Schuster

ser 1995 – 1999.

2005 – 2009.

# **Anhang VII**

### **Tabellenverzeichnis**

- Tab. 1 Probenahmestellen mit jeweiliger entwässernder geologischer Schicht.

  Quelle: H.L. Subert, Dr. Alfons Baier, Prof.Dr.

  J.A.C. Barth. Geozentrum Nordbayern der Universität Erlangen-Nürnberg.

  Institut für Angewandte Geologie
- Tab. 2 Leitparameter für die Grundwasserqualität. Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt. Sachbearbeitung: Gisela Löhr
- Tab. 3 Regenreiche und niederschlagsarme Perioden seit 1986.

  Quelle: Stadt Nürnberg, Umweltamt.

  Sachbearbeitung: Gisela Löhr
- Tab. 4 Bioanteil in Nürnbergs Landwirtschaft.
  Quelle: Stadt Nürnberg Umweltreferat,
  Sachbearbeitung: Dr. Werner Ebert

# **Anhang VIII**

### Literaturverzeichnis

- [1] AMT FÜR STADTFORSCHUNG UND STATISTIK, NÜRNBERG (2011): Neue Bevölkerungsprognose für Nürnberg und Fürth bis zum Jahr 2030. Statistik aktuell, 3.
- [2] BAIER, A. (1998): Zur Geschichte, Geologie und Hydrologie des Burgberges zu Nürnberg. Geol. Bl. NO-Bayern 48, 4: 277-300, 7 Abb., 1 Taf., Erlangen.
- [3] BAIER, A. (2000): Die Espanquelle in Fürth/Bayern ein verborgener fränkischer Mineralwasserbrunnen. Geol. Bl. NO-Bayern 50, 1-2: 17-40, Erlangen.
- [4] BAIER, A. (2001): Silbersee und Silberbuck im Südosten von Nürnberg gefährliche Sondermülldeponien im Grundwasserbereich. Geol. Bl. NO-Bayern 51, 3-4: 149-229, 36 Abb., 1 Tab., Erlangen.
- [5] BAIER, A. (2006): Die "St. Wolfgangsquelle" östlich Schloss Kugelhammer (Lkr. Roth). Hydrogeologische Untersuchung eines mittelalterlichen Quellheiligtums und dessen potentiellen Einzugsgebietes. Geol. Bl. NO-Bayern 56, 1-4:217-256, Erlangen.
- [6] BAIER, A. (2009): Die Natursteingewinnung und die hydrogeologischen Verhältnisse am Schmausenbuck (Rewhelberc) im Spiegel der geologischen und historischen Entwicklung des Nürnberger Raumes. Geol. Bl. NO-Bayern 59, 1-4: 15-76, 13 Abb., 3 Tab., 9 Taf., Erlangen.
- [7] BAIER, A. (2011): Rekonstruktion der Quartärbasis im Untergrund der Südstadt von Nürnberg.
   Geologische Blätter für Nordost-Bayern.
   Bd. 61. Erlangen, in Druckvorbereitung.
- [8] BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1978): Geologische Karte Nürnberg Fürth Erlangen und Umgebung, 1: 50 000. München.
- [9] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT LFU (2009): Grundwasserneubildung. Link: <a href="http://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwas-serneubildung/index.htm">http://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwas-serneubildung/index.htm</a>. Datum: 04.07.2011
- [10] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT LFU (2011): KLIWA – Das Kooperationsvorhaben "Klimaveränderungen und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft". Link: <a href="http://www.lfu.bayern.de/wasser/klima">http://www.lfu.bayern.de/wasser/klima</a> wandel/kliwa/index.htm. Datum: 04.07.2011.
- [11] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRT-SCHAFT (2004): Spektrum Wasser 2. Grundwasser Der unsichtbare Schatz. München.

- [12] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDES-ENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN – STMLU (1996): Arten- und Biotopschutzprogramm. Stadt Nürnberg. München.
- [13] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRT-SCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNO-LOGIE (2011): INKA. Flächennutzung 2008. Link: <a href="http://www.inka.bayern.de/index\_umleitung.afp?AuswahlGem=564000">http://www.inka.bayern.de/index\_umleitung.afp?AuswahlGem=564000</a>. Datum: 04.07.2011.
- [14] BECK, H. (1987): Nürnberg im Luftbild. 219 S., 5 Abb., 7 Tab., 90 Bild., Nürnberg, Nürnberger Presse.
- [15] BERGER, K. (1979): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 6633 Feucht. 115 S., 19 Abb., 9 Tab., 4 Beil., München (GLA).
- [16] BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSER-WIRTSCHAFT BDEW (2011): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2011.
  Link: <a href="http://www.bdew.de/internet.nsf/id/40">http://www.bdew.de/internet.nsf/id/40</a>
  873B16E2024175C125785A00350058/\$fi
  le/110321\_Branchenbild\_dt\_WaWi\_2011\_Lang-fassung\_Internetdatei.pdf.
  Datum: 25.07.2011
- [17] CLARK, I. D.; FRITZ, P. (1997): Environmental Isotopes in Hydrogeology. 328 S., CRC Press, Boca Raton, USA.
- [18] DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E.V. DVGW (2008): Arbeitsblatt W 410, Wasserbedarf, Kennwerte und Einflussgrößen. Bonn.
- [19] DEUTSCHER WETTERDIENST DWD (2011): Langjährige Mittelwerte 1961-1990. Link: <a href="http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesk-top?\_nfpb=true&\_pageLabel=\_dwdwww\_kli-ma\_umwelt\_klimadaten\_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima\_Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten\_kostenfrei%2Fausgabe\_mittelwerte\_akt\_node.html%3F\_nnn%3Dtrue.Datum: 04.07.2011.
- [20] DORN, P. (1926): Geologie des Wendelsteiner Höhenzugs bei Nürnberg. Z. dt. geol. Ges. 78: 522-564, Berlin.
- [21] DR. RIETZLER & HEIDRICH GMBH (1995): Wasserwirtschaftsamt Nürnberg. Beileitungsprojekt Knoblauchsland. Basisgutachten. Nürnberg. unveröffentlicht.
- [22] FICKENSCHER, K. (1935/38): Die geologisch-hydrologischen Verhältnisse des tieferen Untergrundes im Stadtbezirk Nürnberg. I. Teil Nürnberg 1935 und II. Teil Nürnberg 1938.

98 GRUNDWASSERBERICHT 2011 Daten zur Nürnberger Umwelt

- [23] FISCHER, K. H. (1912): Die Wasserversorgung der Stadt Nürnberg von der reichsstädtischen Zeit bis zur Gegenwart. Festschr. z. Eröff. d. Wasserleitung Ranna (Nürnberg).
- [24] FREYBERG, B. v. (1954): Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benkersandstein in Franken. Erlanger geol. Abh. 11: 1-47, Erlangen.
- [25] HERPPICH, W. (1987): Das unterirdische Nürnberg. 132 S., 39 Abb., Nürnberg (Hofmann).
- [26] HIRNER, W. (1986): Die Geschichte der Wasserversorgung Nürnbergs. Sonderdr. Inf.-Ber. Bayer. LA Wasserwirtsch. 86, 3: 1-40, Nürnberg.
- [27] LEONHARD, K. L. V. (1856): Aus unserer Zeit in meinem Leben. Schweizerbarth. 2, Stuttgart 1856.
- [28] MAAS, H. (1995): Mausgesees und Ochsenschenkel. Kleine Nordbayerische Ortsnamenkunde. (3. Aufl.), 247 S., Nürnberg (Verlag Nürnberger Presse.
- [29] MOOK, W. G. (2006): Introduction to Isotope Hydrology Stable and Radioactive Isotopes of Hydrogen, Oxygen and Carbon. International Association of Hydrogeologists, 226 S., Taylor & Francis Group, London.
- [30] OSTROWICKA, D.; KOCH, R.; BAIER, A. (2009): Zur Petrographie des Blasensandsteins in der Kernbohrung B2 (Mittlerer Keuper, N-Schwabach) Mit 4 Abbildungen, 3 Tafeln und 2 Tabellen. Geol. Bl. NO-Bayern 59, 1-4: 301-324, Erlangen.
- [31] SCHIRMER, M.; STRAUCH, G.; SCHIRMER, K.; REIN-STORF, F. (2007): Urbane Hyrogeologie – Herausforderungen für Forschung und Praxis. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 12(3), 178-188.
- [32] SPÖCKER, R.G. (1964): Der Untergrund von Nürnberg. Geologisch-hydrologisches Handbuch. Nürnberg, (Lorenz Spindler).
- [33] STADT NÜRNBERG, UMWELTAMT (2000): Grundwasserbericht. Boden- und Grundwasserschutz in Nürnberg. Nürnberg.
- [34] STADT NÜRNBERG, UMWELTAMT (2009): Altlasten, Boden- und Grundwasserverunreinigungen. Ergebnisse und Auswirkungen von 25 Jahren systematischer Altlastenbearbeitung in Nürnberg. Daten zur Nürnberger Umwelt, Sonderausgabe 2009. Nürnberg.
- [35] STADT NÜRNBERG, UMWELTSCHUTZAMT (1987): Grundwasserbericht 1987. Nürnberg.
- [36] STADT NÜRNBERG, UMWELTSCHUTZAMT (1992): Grundwasserstudie Knoblauchsland 1992. Nürnberg.
- [37] STADT NÜRNBERG, UMWELTSCHUTZAMT (1993): Grundwasserbericht 1993. Nürnberg.

- [38] STETTNER, G. (1971): Die Beziehungen der kohlesäureführenden Mineralwässer Nordostbayerns und der Nachbargebiete zum rhegmatischen Störungssystem des Grundgebirges.

  Geologica Bavarica 64: 385-394, 2 Abb., München.
- [39] SUBERT, H. L. (2011): Unterschiede und Gemeinsamkeiten ausgewählter Nürnberger Grundwässer in Hydrochemie und stabilen Isotopen mit hydrogeologischen Profilen. Bachelorarbeit GeoZentrum Nordbayern – Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, 43 S. unveröffentlicht.
- [40] TUCHER, E. (1862): Baumeisterbuch der Stadt Nürnberg (geschrieben 1464-1475).
  Im Druck erschienen mit Anmerkungen von Friedrich von WEECH und herausgegeben von Matthias LEXER. Bibliothek d. Literarischen Vereins Stuttgart 64, Stuttgart.
- [41] VORSTADTVEREIN ZABO E.V. NÜRNBERG (2010): Gesundbrunnen in Zabo wiederentdeckt – Alte Quelle stößt beim Projekt der Stadt "Nürnberg am Wasser" auf großes Interesse. ZABO-Nachrichten 3, 21-27.
- [42] WAGNER, A. (1994): Die Grundwasserverhältnisse eines städtischen Ballungsraumes am Beispiel der Stadt Nürnberg. (unveröffentliche Diplomarbeit des Instituts für Geographie der Universität Erlangen-Nürnberg).
- [43] WALLRAFF, H. (1898): Bericht über den Entwurf zur Wiederherstellung des "Schönen Brunnens" auf dem Hauptmarktplatze zu Nürnberg. 23 S., Abb., Nürnberg (Kgl. Bayer. Hofbuchdruckerei Bieling-Dietz).
- [44] WALTER, K. (2009): Projekt Regnitzüberleitung Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt des Knoblauchslands bei Nürnberg.

  Masterarbeit im Studiengang Prowater Nachhaltiges Management und Schutz von Gewässern.

  Braunschweig. unveröffentlicht.
- [45] WILBOIS, K.-P.; SZERENCSITS, M.; HERMANOWSKI, R. (2007): Eignung des ökologischen Landbaus zur Minimierung des Nitrataustrags ins Grundwasser. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). Frankfurt a.M..
- [46] SPÖCKER, R. G. (1964): Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Untergrund von Nürnberg. Abh. Naturhist. Ges. Nbg. XXXII 1964: 1-136, 32 Abb., 3 Kte., Nürnberg.
- [47] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRT SCHAFT (2001):Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen Wirkungspfad Boden-Gewässer. LFW-MERKBLATT 3.8/1. München.

# **Anhang IX**

### **Autorenverzeichnis**

### Fachbeiträge externer Organisationen

### DR. BAIER, A.

Lehrstuhl für Angewandte Geologie, GeoZentrum Nordbayern, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Kontakt: abaier@geol.uni-erlangen.de

Kap. 1.2. Historische Grundwassererschließung in Nürnberg

Kap. 2.2.4. Kohlendioxidreiche, betonaggressive Grundwässer und Artesische Brunnen

### DR. BERGOLD, M.; RIES, T.

N-Ergie Aktiengesellschaft, Am Plärrer 43, 90429 Nürnberg.

Kap. 1.3. Trinkwasser für Nürnberg

### KLEEBERGER, U.

Wasserwirtschaftsamt (WWA), Blumenstr. 3, 90402 Nürnberg.

Kap. 1.4. Bewässerung des Knoblauchslandes

### SCHULZE, M.; DR. SPÖRLEIN, T.

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hr. Dr. Spörlein, Hans-Högn-Straße 12, 95030 Hof/Saale.

Kap. 1.5. Oberflächennahe Geothermie in Nürnberg

### SPLITGERBER, H.

Wasserwirtschaftsamt (WWA), Blumenstr. 3, 90402 Nürnberg.

Kap. 3.1.3. Nitrat- und Pflanzenschutzmittelbelastung im Knoblauchsland

### SUBERT, H.L.; DR. BAIER, A.; PROF. DR. BARTH J.A.C.

Lehrstuhl für Angewandte Geologie, GeoZentrum Nordbayern, Schlossgarten 5, 91054 Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Kontakt: barth@geol.uni-erlangen.de

Kap. 2.3. Unterschiede und Gemeinsamkeiten Nürnberger Grundwässer – Erste Ergebnisse von hydrochemischen und Isotopenuntersuchungen

### Textbeiträge der Stadtverwaltung

### BAUER, H.

Stadtentwicklung und Umweltanalytik Nürnberg, Adolf-Braun-Str. 33, 90429 Nürnberg.

Kap.4.5. Dichte Kanäle für mehr Grundwasserschutz

### DR. EBERT, W.

Stadt Nürnberg, Referat III – Umweltreferat –, Hauptmarkt 18, 90403 Nürnberg.

Kap. 4.4. Grundwasserschutz in der Landwirtschaft

### MARTENS, M.

Stadt Nürnberg, Umweltamt, Lina-Ammon-Str. 28, 90471 Nürnberg.

Kap. 1.7. Stadtentwicklungskonzepte: Projekt "Nürnberg am Wasser"

### MLNARIK, P.

Stadt Nürnberg, Umweltamt, Lina-Ammon-Str. 28, 90471 Nürnberg.

Kap. 1.1. Grundwasser im Naturhaushalt – Grundwassernahe Lebensräume

### SCHUSTER, S.

Stadt Nürnberg, Umweltamt, Lina-Ammon-Str. 28, 90471 Nürnberg.

Kap. 3.1.1. Hauptuntersuchungsparameter (LHKW, Nitrat und Pflanzenschutzmittel)

Kap. 3.1.2. Weitere Leitparameter für die urbane Wasserqualität

Kap. 4.1. Grundwasser und Bauen – Eingriffe in den Grundwasserkörper & Einwirkungen des Grundwassers auf Bauwerke

Kap. 4.3. Nachsorgender Grundwasserschutz

### LÖHR, G.

Stadt Nürnberg, Umweltamt, Lina-Ammon-Str. 28, 90471 Nürnberg.

Alle weiteren Texte

100

# Raum für Ihre Notizen

Raum für Ihre Notizen

# Ein guter Tropfen



Die N-ERGIE liefert Trinkwasser in bester Qualität. Die Quellen und Brunnen für das Nürnberger Trinkwasser liegen in Wasserschutzgebieten, die die N-ERGIE aufwendig pflegt. Ständige Kontrollen geben Ihnen die Gewissheit, dass Sie Ihr Wasser in allen Lebenslagen bedenkenlos nutzen können.

www.n-ergie.de

