

**HAN
NOV
ER** 



Das Grundmessnetz Hannover

KOMMUNALES GRUNDWASSERMONITORING

Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz – Heft 55

LANDESHAUPTSTADT HANNOVER



Vorwort

Liebe Leser*innen,

Grundwasser sehen, hören und riechen wir nicht, da es sich verborgen und lautlos im Untergrund befindet. Es hat aber eine erhebliche Bedeutung für die Trinkwasserversorgung und als größter Lebensraum auf dem europäischen Festland.

Die Auswirkungen menschlicher Tätigkeit sind in vielen Grundwasservorkommen nachweisbar, so auch im Grundwasser unter Hannover. Hier finden sich eine Reihe von Substanzen, die aus industrieller Herstellung stammen oder in hohen Mengen von Menschen konsumiert werden und über das Abwasser in die Umwelt gelangen (z.B. Arzneimittel, Koffein, Waschmittelzusätze oder Kosmetika). Auch die Grundwassertemperatur, die einen erheblichen Einfluss auf den Ablauf von chemischen und biologischen Prozessen hat, rückt zunehmend ins Blickfeld (Stichwort „Wärmeinsel Stadt“).

Mit dem Klimawandel und dessen Auswirkungen werden sich die Anforderungen an die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen sauberen Grundwassers erhöhen. Der Bedarf für sommerliche Bewässerung von Gärten, Grünanlagen und sonstige Nutzungen wird beispielsweise deutlich zunehmen.

Die Landeshauptstadt Hannover hat sich seit Langem den verantwortungsvollen Umgang mit der Ressource Grundwasser zum Ziel gesetzt. So wurde ein stadtweites Grundwasserüberwachungssystem aufgebaut, mit dem seit 2003 die Grundwasserqualität außerhalb von verunreinigten Bereichen regelmäßig beobachtet wird – das kommunale Grundwassermonitoring Hannover.

Aber auch das Grundwasser als Lebensraum muss erhalten und vor Stoffeinträgen und zu starker Erwärmung geschützt werden. Sehr spannende Einblicke in diese verborgene Welt im Dunkeln ergaben erste Untersuchungen der Tierwelt des hannoverschen Grundwassers, die 2017 durchgeführt wurden. Sie bilden die Grundlage für die weiteren Schritte zum Aufbau eines ergänzenden biologischen Grundwassermonitorings.

Die hier vorgelegte Broschüre lädt dazu ein, sich über die bisherigen Ergebnisse des Grundwassermonitorings zu informieren. Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre und hoffe, dass Sie sich dadurch angeregt fühlen, sich mit den Themen Grundwasser und dessen Schutz intensiver zu beschäftigen. Neben allgemeinen Informationen rund um das Thema Grundwasser und einer Übersicht über dessen Qualität im Stadtgebiet finden Sie interessante Hinweise darauf, wie auch Sie einen aktiven Beitrag zum Grundwasserschutz leisten können.

Sabine Tegtmeyer-Dette
Wirtschafts- und Umweltdezernentin
Landeshauptstadt Hannover

Inhalt

TEIL I: GRUNDLAGEN	5
1 Einführung	5
2 Das Grundwasser	6
2.1 Vorkommen und Bedeutung	6
2.2 Der Kreislauf des Wassers	7
2.3 Volumen und Verteilung	7
2.4 Grundwasser – Wasser im Untergrund	7
2.5 Wechselwirkung zwischen Grund- und Oberflächenwasser	8
2.6 Was ist gelöst im Grundwasser?	9
2.7 Grundwasseralter	9
2.8 Klimawandel und Grundwasser	9
2.9 Warum sind Böden wichtig für das Grundwasser?	10
2.10 Was ist virtuelles Wasser?	10
2.11 Nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasser – Quantität	10
2.12 Nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasser – Qualität	11
2.13 Grundwasser als Lebensraum	11
2.14 Jahreszeiten im Grundwasser	12
3 Der Raum Hannover und sein geologischer Untergrund	13
4 Wasserversorgung in Hannover	14
5 Grundwasserschutz	15
5.1 Grundwasser kann man nicht sehen, aber schützen	15
5.2 Was können wir zu Hause tun, um das Grundwasser zu schützen?	15
5.3 Grundwasserbenutzungen	15
6 Wasserstandsmessungen	16
TEIL II: DAS KOMMUNALE GRUNDWASSERMONITORING	19
1 Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit	19
2 Das Grundmessnetz Hannover	20
2.1 Aufgaben des Grundmessnetzes	20
2.2 Konzept und Struktur	20
2.3 Datenverwaltung	20
2.4 Probenahme	21
2.5 Analytik	21
3 Ergebnisse des Grundwassermonitorings 2003 – 2017	22
3.1 Allgemeiner Überblick	22
3.2 Charakterisierung des Grundwassers – Grundwassertypen	24
3.3 Vorwiegend geogener Hintergrund	24
3.4 Anthropogene Veränderungen der Grundwasserqualität	25
3.5 Überblick über die Grundwasserfauna in Hannover	27
4 Bewertung und Ausblick	29
4.1 Bestandsaufnahme	29
4.2 Die neuen Problemstoffe	29
4.3 Monitoring ist eine Langzeitaufgabe	30
4.4 Entwicklungsmöglichkeiten des Messnetzes	30
4.5 Das lange Gedächtnis des Grundwassers	31
4.6 Verantwortliches Handeln	31
TEIL III: VORSTELLUNG AUSGEWÄHLTER PARAMETER	33



TEIL I: GRUNDLAGEN

1 Einführung

Wasser – Grundlage allen Lebens

Sauberes Wasser wird weltweit zu einem immer wertvolleren Gut. Vor diesem Hintergrund wurde bereits 1992 in der AGENDA 21 das Ziel einer gesicherten Bereitstellung von Wasser in ausreichender Menge und guter Qualität für die gesamte Weltbevölkerung formuliert. Durch Anpassung der Aktivitäten des Menschen an die Belastungsgrenzen der Natur, also durch nachhaltiges Handeln, soll die Aufrechterhaltung der hydrologischen, biologischen und chemischen Funktionen der Ökosysteme gewahrt bleiben. In der Agenda 21 heißt es: „Die allmähliche Zerstörung und die zunehmende Verschmutzung der Wasserressourcen in vielen Regionen der Erde im Verbund mit der kontinuierlichen Zunahme unverträglicher Tätigkeiten machen eine integrierte Planung und Bewirtschaftung der Wasserressourcen erforderlich.“ In diesem Sinne wurde die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der Europäischen Union eingeführt, die am 22.12.2000 in Kraft getreten ist.

Die Einführung der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EC, gilt als die bis heute tiefgreifendste und ambitionierteste Europäische Umwelt Legislative. Das zentrale Ziel der WRRL war und ist es einen rechtlichen Handlungsrahmen für den Schutz von Gewässern der jeweiligen Europäischen Mitgliedsstaaten zu bekommen. Wasserkörper sollen einen guten ökologischen Status erhalten. Die Bestrebungen innerhalb der einzelnen Mitgliedsstaaten werden in Zyklen von sechs Jahren evaluiert. Der erste Zyklus endete in 2015. Sollten die Mitgliedsstaaten eine Verlängerung für die Umsetzung der Umweltziele

beantragen, so verlängert sich der zeitliche Rahmen jeweils immer um sechs weitere Jahre.

Als fundamentaler Unterschied zum bisherigen Bewirtschaftungsansatz von Gewässern, nämlich der Bewertung von einzelnen Parametern im Hinblick auf starre Grenzwerte, stellt die WRRL eine neue Herangehensweise dar. Betrachtet und bewertet werden soll der ökologische Zustand, also das gesamte Ökosystem in einem ganzheitlichen Ansatz. Dadurch soll vermieden werden, dass eine isolierte Bewertung von Punktquellen stattfindet und die Bewertung des Zustands von Ökosystemen nur auf einen einzelnen Bewertungsparameter reduziert wird. Anstelle einer zergliederten Betrachtung durch Einzeldisziplinen (Politik, Recht, Ökonomie, Hydrologie, Chemie, Ökologie und Statistik) erfolgt außerdem eine Gesamtbetrachtung über alle diese Disziplinen.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Umsetzung der WRRL ist daher die Entwicklung eines integrativen Systemverständnisses. Das ist wichtig, um die vielfältigen Nutzungen von Wassereinzugsgebieten, die europaweit eine sehr unterschiedliche sozioökonomische Prägung haben können, zu berücksichtigen.

In Niedersachsen wird die Umsetzung der WRRL federführend vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) als nachgeordnete Behörde des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz umgesetzt. Aufgrund von hohen Nitratgehalten

über dem Schwellenwert von 50 Milligramm pro Liter wurde für etwa 60 Prozent der Grundwasserkörper ein „schlechter chemischer Zustand“ ermittelt. Zu den getroffenen Maßnahmen, die zu einer Verringerung der Belastung führen sollen, zählt zum Beispiel eine Novellierung der Düngeverordnung. Bis 2015 wurden dennoch nicht alle Gewässergüteziele erreicht. Die WRRL bzw. das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ermöglichen zwei Fristverlängerungen um jeweils sechs Jahre, also bis 2021 bzw. bis 2027. Von diesen Fristverlängerungen wird nun in Niedersachsen Gebrauch gemacht, um mehr Zeit für die Erreichung der Güteziele zu bekommen.

Durch das Wasserhaushaltsgesetz ist das Grundwasser aus rechtlicher Sicht flächendeckend gegen „vermeidbare Beeinträchtigungen“ (§ 1a, WHG) geschützt. Die Auswirkungen menschlicher Tätigkeit, also die sogenannten anthropogenen Belastungen, sind jedoch in vielen Grundwasservorkommen nachweisbar. Auflagen zur Lagerung, zum Transport oder Umgang mit wassergefährdenden Stoffen haben das Ausmaß konkreter Schadensfälle verringert, aber der diffuse Eintrag aus Industrie, Landwirtschaft, Verkehr und Bebauung hält an. Um hier einen flächendeckenden Grundwasserschutz zu realisieren, müssen auch flächenhafte Belastungen erkennbar gemacht werden.

Mit dem zunehmenden Klimawandel und dessen Auswirkungen werden sich auch in Stadt und Region Hannover die Anforderungen an die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen sauberen Grundwassers erhöhen.

Der Bedarf für sommerliche Bewässerung von Feldern, Gärten, Grünanlagen und sonstige Nutzungen wird deutlich zunehmen.

Die Landeshauptstadt Hannover hat sich daher den verantwortungsvollen Umgang mit der Ressource Grundwasser zum Ziel gesetzt. Der Rat hat bereits 1999 den Aufbau eines stadtweiten Grundwasserüberwachungssystems beschlossen, mit dem ein langfristiges kommunales Monitoring der Grundwasserqualität im Stadtgebiet durchgeführt werden soll. Zuvor hatte sich die Untersuchung von Grundwasser auf die Qualitätskontrolle im Rahmen der Grundwassernutzung oder der Erkundung und Sanierung von Verunreinigungen beschränkt. Die behördliche Überwachung von Grundwasserschadensfällen erfolgt durch die Region Hannover. Das seit 2003 betriebene Grundmessnetz ermöglicht hingegen die Beurteilung des Grundwasserzustands im gesamten Stadtgebiet, als Lückenschluss zwischen behördlicher Schadensfallüberwachung und großräumiger Beobachtung. Nachteilige Veränderungen der Grundwasserqualität aufgrund hauptsächlich diffuser Stoffeinträge sollen rechtzeitig erkennbar werden, so dass durch planvolles Handeln Fehlentwicklungen vermieden werden können.

Diese Broschüre lädt dazu ein, sich über die Ergebnisse, die das Monitoring der letzten Jahre geliefert hat, zu informieren. Sie möchte weiterhin eine Anregung sein, sich mit den Themen Grundwasser und dessen Schutz intensiver zu beschäftigen.

2 Das Grundwasser

2.1 Vorkommen und Bedeutung

Als Grundwasser wird das Wasser bezeichnet, das die unterirdischen Hohlräume (zum Beispiel Poren zwischen Sandkörnern, Klüfte oder Risse im Gestein) zusammenhängend ausfüllt. Grundwasser erbringt eine Reihe von wichtigen Ökosystemleistungen. Die in Deutschland wohl wichtigste ist die Trinkwassergewinnung. In vielen Gebieten Deutschlands erfolgt die Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässern, also Flüssen und Seen, sowie den eigens angelegten Talsperren. Das wesentliche Reservoir für Trinkwasser ist aber das Grundwasser, welches daher wie die Oberflächengewässer in Deutschland gesetzlich besonders geschützt ist. Im Vergleich zu vielen Fließgewässern ist Grundwasser in der Regel weniger belastet, da der Boden eine natürliche Filterwirkung besitzt. Diese Filterwirkung ist jedoch begrenzt und kann das Grundwasser nicht dauerhaft schützen, wie viele Grundwasserschadensfälle aus den letzten Jahrzehnten belegen.

Industrialisierung, Verkehr, Landwirtschaft und die Ausweitung der Siedlungsräume mit einer zunehmen-

den Versiegelung der Bodenoberfläche führen einerseits zu einem häufig diffusen Schadstoffeintrag in das Grundwasser und andererseits zu einer Verringerung der Neubildung von Grundwasser. Aus diesem Grund sind zunehmende Anstrengungen erforderlich, um das Gut Grundwasser in möglichst natürlichem Zustand zu bewahren.

Grundwasser ist kein isoliertes und statisches Wasservorkommen. Es interagiert an vielen Stellen in der Landschaft mit der Vegetation oder mit Oberflächengewässern. Grundwasserabhängige Ökosysteme finden sich überall da, wo wir niedrige Flurabstände finden – also dort, wo der Abstand zwischen der Gelände- und der Grundwasseroberfläche sehr gering ist. Flüsse und Seen werden oft von Grundwasser durchströmt. Darüber hinaus fungieren Grundwasserleiter als Lebensraum für zahlreiche Organismen. Ein Grundwasserleiter speichert Wasser nur temporär bevor es in ein anderes Reservoir übergeht. Daher versteht die WRRL sowohl Grundwasser als auch Oberflächenwasser als Teile von ein und demselben ökologischen, hydrologischen und hydrogeologischen System.

Einige allgemeine Fakten zum Thema Grundwasser

- **Grundwasser ist das Wasser, das die unterirdischen Hohlräume (zum Beispiel Poren zwischen Sandkörnern, Klüfte oder Risse im Gestein) zusammenhängend ausfüllt.** Grundwasser bildet daher in der Regel eine zusammenhängende Oberfläche (Grundwasserspiegel) unter der Erde aus. Der Abstand von der Erdoberfläche zur Grundwasseroberfläche schwankt oft saisonal. Liegt die Grundwasseroberfläche über der Erdoberfläche sehen wir das Grundwasser als See oder Fließgewässer.
- **Grundwasser findet man fast überall unter der Erdoberfläche.** Die flächenhafte Verteilung von Grundwasser macht es möglich, dass es überall als Quelle für trinkbares Wasser oder zur Bewässerung eingesetzt werden kann.
- **Grundwasser folgt der Gravitation:** Wie das Wasser in den Flüssen fließt auch das Grundwasser von einem Punkt zu einem anderen, solange zwischen den beiden Punkten ein Unterschied in der Höhe (oder genauer im Druck) vorhanden ist und eine hydraulische Verbindung zwischen beiden Punkten besteht. Je durchlässiger die hydraulische Verbindung und je größer der Höhen-(bzw. Druck-)unterschied ist, desto schneller fließt das Grundwasser.
- **Grundwasserneubildung findet durch die Versickerung von Regen und durch Zuflüsse von Oberflächengewässern statt.** Beispiel Deutschland: Hier ist die Neubildung nah an die Niederschlagsmenge gekoppelt. Die Rate der jährlichen Grundwasserneubildung schwankt aber regional zwischen weniger als 50 l pro Quadratmeter in einigen Teilen von Brandenburg und Sachsen-Anhalt und über 2000 l pro Quadratmeter in den Alpen.
- **Grundwasser fließt langsam.** Typische Fließgeschwindigkeiten für Grundwasser liegen bei einigen Millimeter bis Zentimeter pro Jahr in Porengrundwasserleitern. In Kluff- und Karstgrundwasserleitern können die Fließgeschwindigkeiten allerdings mehrere Meter pro Tag betragen.

Das Grundwasser bildet einen zusammenhängenden Wasserkörper, der sich in Porengrundwasserleitern meist über große Flächen und Gebiete erstreckt. Es handelt sich um die gesättigte Zone, weil alle Poren mit Wasser gefüllt sind. Das Wasser sickert hier nicht mehr nach unten, wie es im ungesättigten Boden oberhalb der Grundwasseroberfläche der Fall ist, sondern strömt in Richtung des Gefälles der Grundwasseroberfläche.

Berdem durch Lösung des Gesteins, der Verkarstung, zur Bildung größerer Hohlräume und Entstehung von Karstwasserleitern.

2.5 Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser

Grund- und Oberflächengewässer sind keine isolierten Wasservorkommen in der Umwelt, sondern müssen als eine zusammenhängende Ressource verstanden werden. Die Verbindung zwischen beiden ist aber nicht immer offensichtlich, da der Austausch unter der Erde geschieht.

Die Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern wie Seen oder Flüssen ist oft komplex und wird durch viele Faktoren beeinflusst. Zum Beispiel kann ein Fließgewässer vom Grundwasser gespeist werden oder Flusswasser sickert dem Grundwasser zu (Abbildung 3). Entscheidend sind die Wasserstände im Fluss und im Grundwasser. Da Wasser der Schwerkraft folgt, also von einem höheren zu einem niedrigeren Punkt fließt, kann der Austausch von Grundwasser und Oberflächengewässer daher am einfachsten mit Grundwasserstandsmessungen erfasst werden.

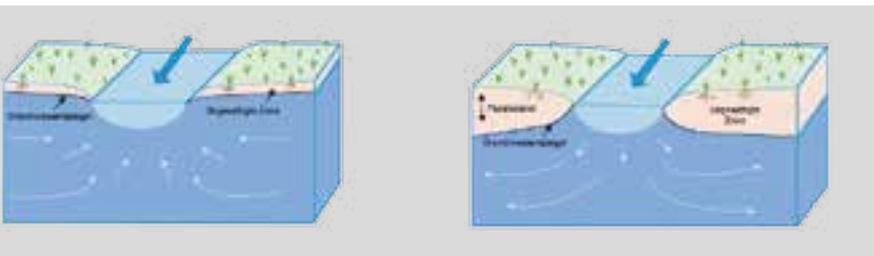


ABBILDUNG 3: Hydraulische Verbindung zwischen einem Fließgewässer und dem Grundwasser (LHH, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün)

Grundwasser tritt teilweise an der Erdoberfläche zu Tage. So können Seen zum Beispiel fast ausschließlich durch Grundwasser gespeist sein oder zumindest teilweise von Grundwasser durchflossen werden. Spektakulärer sind Quellen, aus denen Grundwasser an der Erdoberfläche zu Tage tritt. Das ist immer dann der Fall, wenn die Grundwasseroberfläche über der Erdoberfläche liegt. Eine solche Situation findet man häufig in bergigen Regionen, wo Grundwasser direkt aus Klüften und Rissen im Gestein fließt.

Über gering durchlässigen Schichten sammelt sich das Wasser in den Poren der lehmigen, sandigen oder kiesigen Ablagerungen, den Lockergesteinen. In den Festgesteinen, also zum Beispiel Kalksteinen, Mergeln oder Sandsteinen, befindet sich das Grundwasser in den Klüften. Es wird daher von Poren- und Kluffgrundwasserleitern gesprochen. In Kalksteinen kommt es au-

2.6 Was ist gelöst im Grundwasser?

Der Stoffgehalt im Grundwasser hängt im Wesentlichen von der Wechselwirkung des Wassers mit den Mineralien und Gesteinen im Boden ab. Die Lösung von Mineralen beginnt bereits beim Versickern des Niederschlags in der Bodenzone. Hinzu kommen Stoffeinträge aus menschlichen Aktivitäten wie Düngerausbringung, Streusalzanwendung im Winter oder der Einsatz von Pflanzenschutz- und -behandlungsmitteln in Gärten, auf Grünflächen und Sportplätzen sowie auf Äckern.

Zu den Hauptinhaltsstoffen eines natürlichen Grundwassers zählen die Ionen Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Chlorid, Sulfat und Hydrogencarbonat. Neben diesen Hauptionen können auch größere Mengen von Eisen, Mangan oder Nitrat vorkommen.

Stoffe, die in geringeren Konzentrationen vorhanden sind, werden Spurenstoffe genannt. Diese können aus natürlichen oder menschlichen Quellen kommen. In jüngerer Zeit werden zunehmend Spurenstoffe im Grundwasser beobachtet, die aus Industrie und Landwirtschaft stammen. Diese sind oft in (geologisch) jungem Grundwasser zu finden und liegen in der Regel in sehr niedrigen Konzentrationen vor. Die Konzentration von Spurenstoffen wird daher oft in der Einheit Nanogramm pro Liter angegeben. Aber die Konzentration sagt zunächst nichts über die Schädlichkeit aus. Dafür werden Schwellenwerte herangezogen, die beim Überschreiten auf eine toxikologische Wirkung eines Stoffes im Grundwasser hinweisen können.

2.7 Grundwasseralter

Die dynamische Natur des Grundwassers lässt sich am ehesten am Alter erkennen. Junges Grundwasser hat nur eine kurze Aufenthaltszeit im Untergrund und ist daher oft weniger mineralisiert. Aber junges Grundwasser kann auch öfter mit Stoffen belastet sein, die menschlichen Ursprungs sind, wie zum Beispiel Industriechemikalien oder Medikamente. Älteres Grundwasser, das eine längere Kontaktzeit mit Mineralen und Gesteinen im Untergrund hatte, ist oft stärker mineralisiert. Dafür ist Grundwasser, das älter als 100 Jahre ist, in der Regel nicht mit Pestiziden oder Industriechemikalien belastet.

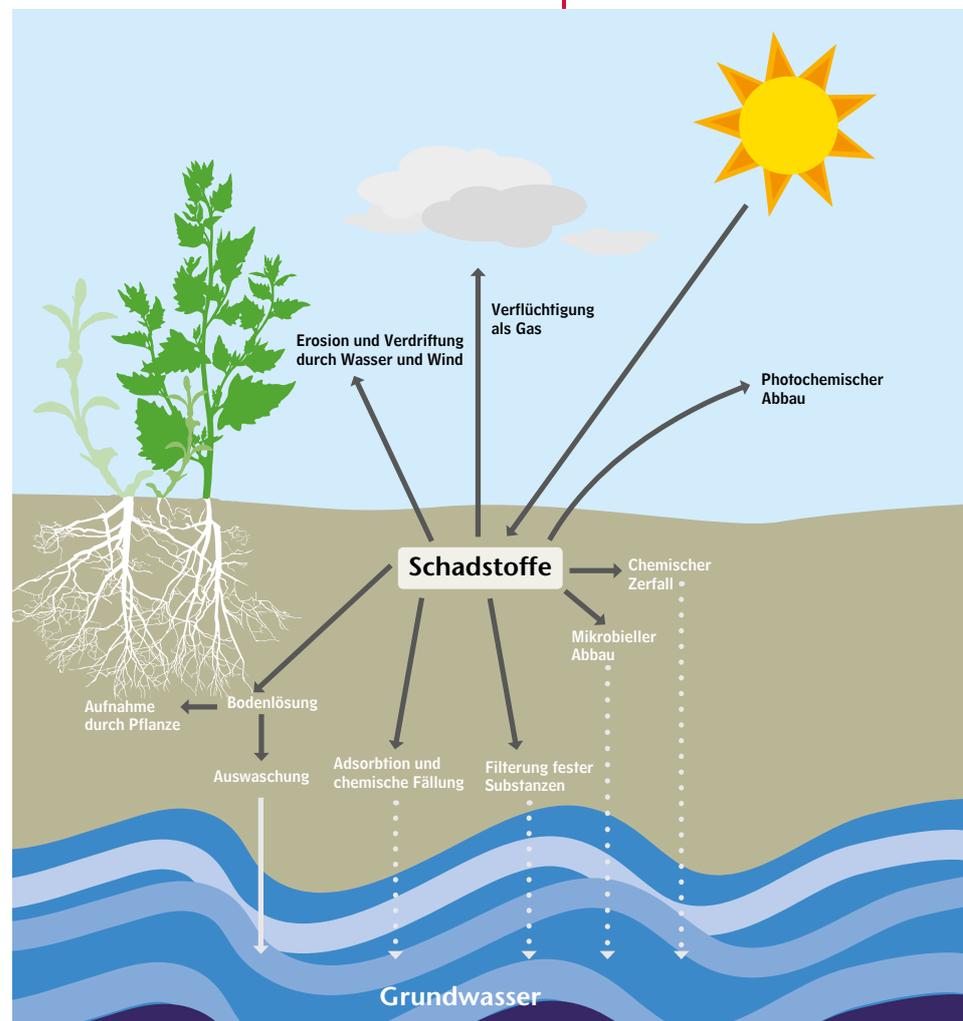
Nur etwa sechs Prozent des gesamten in der Erdkruste vorkommenden Grundwassers wird innerhalb der Lebensspanne eines Menschen (25 – 100 Jahre) neu gebildet. Der Großteil erneuert sich nur über sehr lange Zeiträume und hat eine wesentlich längere Aufenthaltszeit im Untergrund.

2.8 Klimawandel und Grundwasser

Derzeitig verändert sich der hydrologische Kreislauf durch menschliche und klimatische Einflüsse und es ist bereits absehbar, dass die Veränderungen sich auch auf das Grundwasser auswirken werden.

Im Zuge des Klimawandels werden sich viele meteorologische Änderungen ergeben, die einen unmittelbaren Einfluss auf alle Wasserressourcen rund um die Welt haben werden, so auch das Grundwasser. Eine der markantesten Änderungen betrifft die saisonale Verteilung und Menge von Niederschlägen, die letztlich die Grundwasservorräte wieder auffüllen. Vor allem im Nordosten von Deutschland wird ein Rückgang der Grundwasserneubildung in den nächsten 50 Jahren erwartet, der vor allem durch einen leichten Rückgang in der Summe der sommerlichen Niederschläge verursacht wird, also in den Monaten, in denen das Wasser mehr gebraucht wird. Zusätzlich wird ein Teil des Niederschlags in kurzen aber intensiven Episoden als Starkniederschlag fallen. Für die Wintermonate hingegen wird, je nach Szenario, ein leichter Anstieg der Niederschlagsmengen prognostiziert. Zum Vergleich: In den Alpenregionen wird ein Anstieg im gesamten Jahresniederschlag erwartet. Die durch den Klimawandel ausgelösten Änderungen bei der Grundwasserneubildung können also lokal sehr unterschiedlich ausfallen.

ABBILDUNG 4: Schematische Darstellung der chemischen und physikalischen Prozesse im Boden und im Grundwasser (LHH, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün)



Einige allgemeine Begriffe

- **Grundwasserdargebot:** Die gesamte verfügbare Menge an Grundwasser, die gewonnen werden kann.
- **Grundwasserneubildung:** Wasser, das dem Grundwasser über natürliche oder künstliche Prozesse zugeführt wird. Die natürliche Grundwasserneubildung errechnet sich aus der Wasserbilanz. Demnach ergibt sich die Grundwasserneubildung als Niederschlagsmenge, die nicht verdunstet, von einer Pflanze aufgenommen oder oberirdisch abgeflossen ist. Unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegt sich der Niederschlag als Sickerwasser zunächst nach unten. Wenn das Sickerwasser die Grundwasseroberfläche erreicht, findet die Neubildung statt.
- **Grundwasserleiter:** Gesteins- oder Mineralienschicht, die durchlässig ist und eine Durchströmung mit Grundwasser erlaubt.
- **Grundwassernichtleiter:** Gesteins- oder Mineralienschicht, die nur eine geringe Durchlässigkeit besitzt und daher nicht oder nur sehr langsam von Grundwasser durchströmt wird.
- **Flurabstand:** Als Flurabstand wird der Abstand zwischen der Erdoberfläche und der Grundwasseroberfläche bezeichnet. Der Flurabstand kann örtlich und zeitlich variieren. Geringe Flurabstände in Auenbereichen und an anmoorigen Standorten sind oft an Vernässungen der Erdoberfläche zu erkennen. Hohe Flurabstände sind häufig an Pflanzen zu erkennen, die an trockene Standorte angepasst sind.
- **Grundwasserkörper:** Ein abgegrenztes Grundwasservolumen aus einem oder mehreren zusammenhängenden Grundwasserleitern, die nach Auffassung der Wasserrahmenrichtlinie „prinzipiell erneuerbare natürliche Ressourcen“ darstellen.

2.9 Warum sind Böden wichtig für das Grundwasser?

Das Verwitterungsmaterial der Gesteine an der Erdoberfläche bildet die oberste Haut der Erde und wird als Boden bezeichnet. Ein Boden ist ein Gemisch aus Mineralkörnern, lebenden und toten Organismen, Pflanzenwurzeln und -resten, Wasser und Luft. Böden zeigen eine hohe mikrobiologische Aktivität, sie nehmen Stoffe auf oder geben sie ab und speichern Wasser. Damit bilden sie die erste Barriere für Stoffe, die mit dem Regenwasser versickern. Ein intakter Boden hat eine natürliche Filterfunktion und trägt somit zum Schutz des Grundwassers bei. In Trinkwasserschutz zonen ist daher die Aufarbeitung oder Umlagerung von natürlich gewachsenen Böden oftmals untersagt oder nur unter Auflagen erlaubt. Es gilt die Regel: Bodenschutz ist Grundwasserschutz!

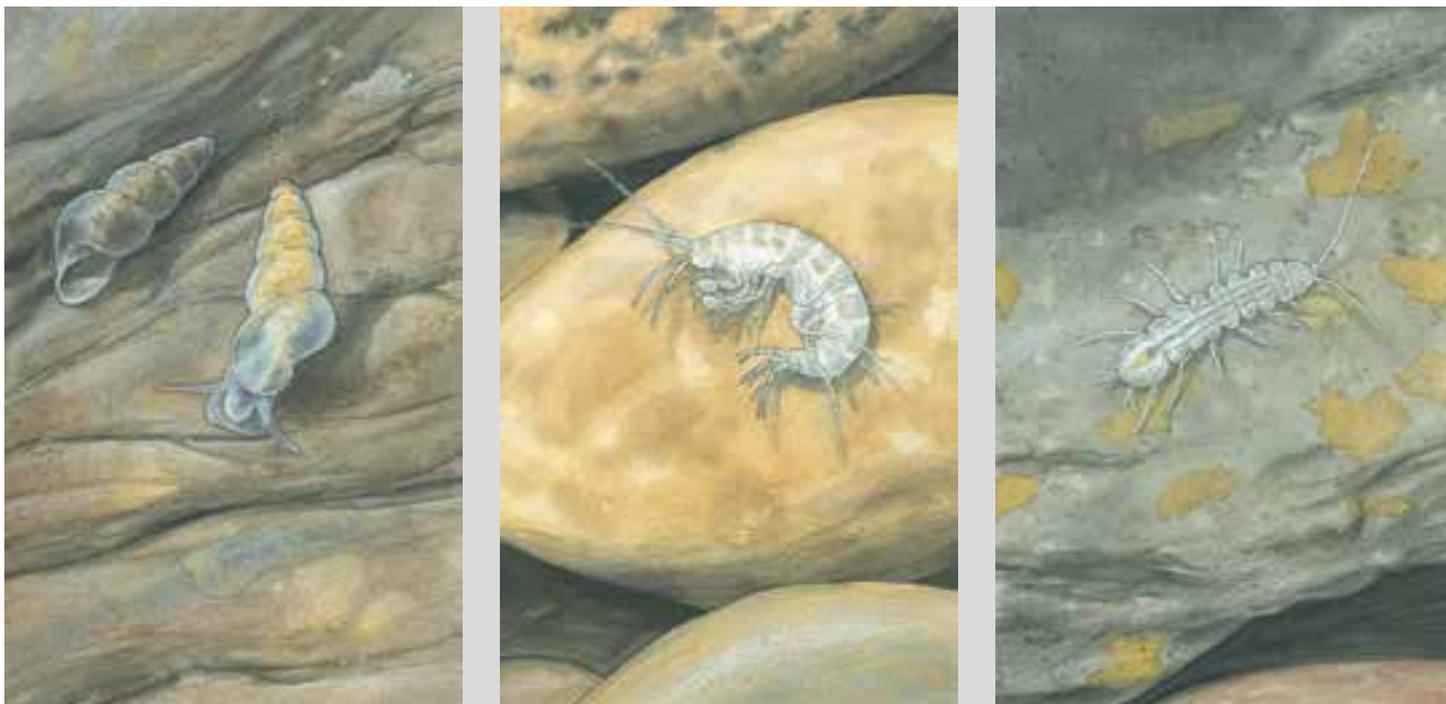
2.10 Was ist virtuelles Wasser?

Grundwasser wird nicht nur zur Gewinnung von Trinkwasser verwendet, sondern auch für den Anbau von Lebensmitteln und Rohstoffen wie Getreide oder Baumwolle. Werden die Lebensmittel oder Rohstoffe exportiert, so handelt es sich dabei um einen Handel mit Wasser, das bei der Produktion eingesetzt wurde, aber nicht unbedingt mehr im Produkt enthalten sein muss. Dieses Wasser wird als virtuelles Wasser bezeichnet. Deutschland importiert etwa 121 km³ virtuelles Wasser pro Jahr und exportiert etwa 71 km³ pro Jahr. Als Beispiel: Die Agrarprodukte mit einem sehr hohen Beitrag am Import von virtuellem Wasser nach Deutschland sind Baumwolle, Pistazien, Mandeln, Kaffee und Avocados.

Die übermäßige Entnahme aus nicht erneuerbaren Grundwasservorkommen zur Produktion von Handelsgütern hat zur Folge, dass die Grundwasserstände fallen können. Somit ist der Export von virtuellem Wasser eine wichtige Ursache für fallende Grundwasserstände in vielen Teilen der Erde, die wasserintensive Nahrungsmittel und Rohstoffe für den Export produzieren.

2.11 Nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasser – Quantität

Grundwasser ist eine endliche, aber erneuerbare Ressource. Der maßvolle Umgang ist daher von großer Bedeutung. Aber was ist maßvoll? Einfach ausgedrückt: die Menge an Grundwasser, die aus einem Grundwasserleiter entnommen wird, sollte nicht die Menge an Grundwasser übersteigen, die durch Neubildung wieder zugeführt wird. Grundwasser sollte also so bewirtschaftet werden, dass keine ökologischen, ökonomischen und sozialen Konsequenzen drohen. Eine einfache Rechnung, die in der Praxis nicht immer so einfach umsetzbar ist. Grundwasserneubildung ist ein Prozess, der in der Fläche und über die Jahre hinweg sehr variabel sein kann. Eine sorgfältige Bewirtschaftungsstrategie muss darum auf längere Zeiträume ausgelegt werden. Letztlich ist die Neubildung von Grundwasser ein geologischer Prozess. Daher müssen bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen die Zeiträume der Betrachtung sehr groß gewählt werden. Denn manche Folgen einer Überbewirtschaftung machen sich erst nach einigen Jahren oder gar Jahrzehnten bemerkbar.



2.12 Nachhaltige Bewirtschaftung von Grundwasser – Qualität

Die für die Trinkwassergewinnung verfügbare Menge an Grundwasser ist abhängig von der Qualität. Je schlechter die Qualität, desto mehr Energie und Kosten müssen in die Aufbereitung gesteckt werden. Besonders problematisch wird es, wenn Inhaltsstoffe, die schädlich sind oder die Genießbarkeit des Wassers herabsetzen, nicht mehr entfernt werden können. Dann ist ein Grundwasservorkommen nicht mehr zur Trinkwassergewinnung geeignet. Das Aufsuchen von neuen Ressourcen ist mit viel Aufwand und Kosten verbunden. Darum ist nicht nur die Sicherung der Menge, sondern vor allem auch die Sicherung der Qualität eine Aufgabe für Gegenwart und Zukunft.

2.13 Grundwasser als Lebensraum

Der Lebensraum Grundwasser rückt in den letzten Jahren mehr und mehr in den Fokus der Wissenschaft, denn der Grundwasserkörper wird, neben einer Vielzahl von Mikroorganismen, auch von größeren Organismen bewohnt, die als Stygobionte bezeichnet werden. Stygobionten sind wirbellose Lebewesen, die ausschließlich im Grundwasser leben und daher spezifische morphologische und physiologische Merkmale zum Überleben im Untergrund entwickelt haben. Sie sind in jedem Fall farblos, erscheinen durchsichtig und besitzen keine Augen. Im Vergleich zu den in Oberflächengewässern lebenden Arten ist der Stoffwechsel erheblich verlangsamt, ihre Lebensdauer ist deutlich höher. Zu den Tieren, die im Grundwasser gefunden werden, zählen Krebstiere

(Wasserflöhe, Muschelkrebse, Ruderfußkrebse, Brunnenkrebse, Asseln und andere), Rädertierchen, Schnecken, Würmer und andere. Sie fressen zum Beispiel Mikroben und sorgen durch ihre Bewegungsaktivitäten dafür, dass vorhandene Lückenräume im Grundwasserleiter nicht verstopfen.

Das Vorkommen solcher Organismen hat aber nicht nur aus akademischer Sicht einen hohen Wert, denn sie können als Indikatoren für die Qualität des Grundwassers verwendet werden. Sie reagieren auf die Gesamtheit der wirksamen Umweltfaktoren über einen größeren Zeitraum hinweg, sodass bereits geringfügige Veränderungen in der Umwelt, wie zum Beispiel sich verändernde Schadstoffkonzentrationen oder auch Änderungen der Grundwassertemperatur, sich in der Lebensgemeinschaft oder dem Verhalten einzelner Individuen widerspiegeln. Dadurch ergeben sich Impulse für die Untersuchung der spezifischen Ursachen. Die Empfindlichkeit der Grundwasserlebensgemeinschaft gegenüber Grundwasserbelastungen ist so ausgeprägt, dass ihre Verbreitung und der allgemeine Gesundheitszustand als „Frühwarnsystem“ verwendet werden kann!

Die Grundwasserfauna ist aber nicht nur Anzeiger für die Qualität des Grundwassers, sondern gestaltet sie auch aktiv mit. Eine gesunde und intakte Lebensgemeinschaft trägt maßgeblich zur Reinigung des Grundwassers bei und ist unverzichtbar, um weiterhin sauberes Trinkwasser aus Grundwasser gewinnen zu können. Grundwasserschutz trägt auch zum Schutz dieser „unsichtbaren“ Biotope bei und umgekehrt garantiert die Erhaltung der Funktionalität des Ökosystems ein Grundwasser von hoher Qualität. Eine kontinuierliche Überwachung der Grundwasserqualität und der Grundwasserfauna ist Voraussetzung für eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser lebenswichtigen Ressource und den langfristigen Erhalt dieses Lebensraums.

ABBILDUNG 5 A-C: Grundwassertiere: Höhlenschnecke, Höhlenflohkrebs und Höhlenassel (Michael Papenberg natursehen)

2.14 Jahreszeiten im Grundwasser

Der mittlere Niederschlag beträgt in Hannover 650 mm pro Jahr. Davon erreichen jährlich weniger als etwa 100 mm beziehungsweise 100 Liter pro Quadratmeter die Grundwasserkörper und füllen sie auf. Diese Neubildung von Grundwasser findet in unseren Breiten vorwiegend im Winterhalbjahr etwa von Oktober bis April statt, wenn sich die Vegetation in ihrer Ruhephase befindet. Die hohen Niederschläge im Sommer gelangen dagegen kaum in das Grundwasser, da vor allem die Pflanzendecke das Wasser aufnimmt und über die Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgibt.

Die Aufenthaltszeit des Sickerwassers im Boden ist abhängig von der Bodenart, der Mächtigkeit der Bodenzone und dem Niederschlag. Sie liegt bei niedrigen Flurabständen, also einem geringen Abstand zwischen Gelände- und Grundwasseroberfläche, in der Größenordnung von einigen Wochen, kann aber auch Monate bis Jahre betragen, wenn die Flurabstände besonders hoch sind.

Die allgemein niedrigen Flurabstände in Niedersachsen bedingen, dass das Grundwasser relativ schnell auf saisonale Unterschiede im Bodenwasserhaushalt reagiert. So sinkt der Grundwasserspiegel im Verlauf des Sommers durch hohe Verdunstung von Wasser im Boden und durch die Blätter von Pflanzen ab und beginnt dann

in der Regel ab Ende Oktober wieder zu steigen, um je nach Witterung bis etwa April den höchsten Grundwasserstand zu erreichen (Abbildung 6). Der Abfluss aus dem Grundwasserleiter wird in dieser Zeit wieder aufgefüllt. Es besteht ein empfindliches Gleichgewicht, das durch Grundwasserentnahmen oder großräumige Versiegelung der Oberfläche durch Straßen, Plätze und Gebäude gestört werden kann. Versiegelung kann zu einem erhöhten oberirdischen Abfluss durch die Regenwasserkanalisation führen, wodurch weniger Wasser für die Grundwasserneubildung zur Verfügung steht. Auch der Klimawandel wird mit einer verschobenen Verteilung der Jahresniederschläge die Grundwasserneubildung verändern.

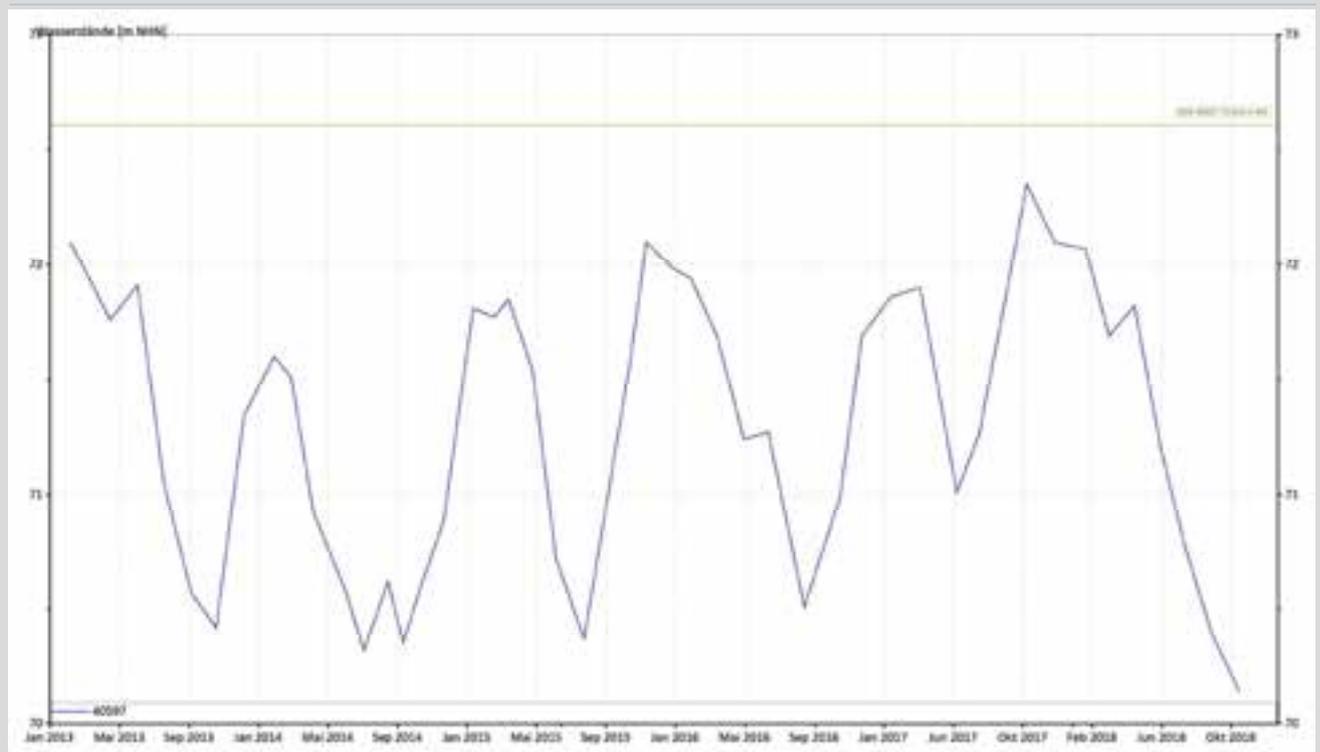
Warum ist es wichtig die Schwankungen des Grundwassers zu beobachten und zu dokumentieren? Zum einen ist die Langzeitbetrachtung von Grundwasserständen wichtig, um das Grundwasserdargebot abschätzen zu können. Das Grundwasserdargebot ist wichtig für die Vegetation, deren Wurzeln bis in den grundwasserbeeinflussten Raum reichen (grundwasserbeeinflusste Landökosysteme). Veränderungen im Dargebot durch übermäßige Wasserentnahmen oder durch klimabedingte Veränderungen können so frühzeitig erkannt werden. Zum anderen ist der Grundwasserstand in urbanen Räumen eine wichtige Größe für Baumaßnahmen, die das Erdreich betreffen (Kanalisation, Keller, Tiefgaragen) und ist daher für die Planung von baulichen Maßnahmen unerlässlich.

ABBILDUNG 6: Ganglinie des Grundwasserspiegels im Verlauf von sechs Jahren (LHH, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün)

Ganglinien Abfrage: Messstellen, alle

Messstelle: 40597, Datum von 01.01.2013 bis 31.12.2018

Landeshauptstadt Hannover
Umweltschutz



3 Der Raum Hannover und sein geologischer Untergrund

Hannover befindet sich im Vorland des niedersächsischen Berglandes, am Übergang zur Norddeutschen Tiefebene. Der Kern der Stadt Hannover liegt in der Niederung der Leine mit Höhen von gut 50 m über NN. Sie wird im Südosten von den Anhöhen des Kronsberges (mehr als 100 m über NN) und im Westen von den Höhen des Benthers Berges, des Mühlen- und Lindener Berges und schließlich vom Heisterberg umgeben. Die genannten Höhenzüge zeichnen Strukturen nach, welche die gesamte Geologie Hannovers bestimmen (Abbildung 7).

Der Benthers Salzstock erstreckt sich mit seinem von Auslaugung betroffenen Gipshut, also seinen obersten Salzschieben, im Untergrund von Limmer und Linden bis weit südlich von Ronnenberg. Bei seinem Aufstieg hat er die über ihm liegenden Gesteinsschichten verbogen, in Schollen zerbrochen und teilweise steil aufgerichtet. Die harten Gesteine aus den Zeitaltern der Trias und des Jura widerstanden der Verwitterung besser als die weichen Tonsteine der Umgebung, so dass sich bis heute die Anhöhen am Rand des Salzstocks erhalten

haben. Bei diesen harten Gesteinen handelt es sich um Kluffgrundwasserleiter. Der Bereich des Salzstocks tritt nicht als Anhöhe in Erscheinung, da Gips und andere Salze ausgelaugt werden. Aus diesem Grund sind im Südwesten von Hannover stellenweise sehr salzhaltige Grundwässer vorhanden, die sogar als Salzquellen zu Tage treten können.

Der Höhenzug des Kronsberges ist durch den Salzaufstieg des Benthers – und des Lehrter Salzstocks entstanden. Während dort die Schichten gehoben wurden, senkten sie sich zum Ausgleich in dem Gebiet zwischen den Salzstöcken. Im Zentrum dieser Mulde blieben daher auch die jüngeren Gesteine der Oberkreide erhalten. Sie besteht aus Kalkmergelsteinen und Kalksteinen, die aufgrund ihrer geringeren Verwitterungsrate den Rücken des Kronsberg-Höhenzuges bilden. Das Zentrum der geologischen Mulde wird also von einem Höhenzug markiert, ein Phänomen, das man als Reliefumkehr bezeichnet. Hier liegt ebenfalls ein Kluff- und stellenweise auch Karstwasserleiter vor.

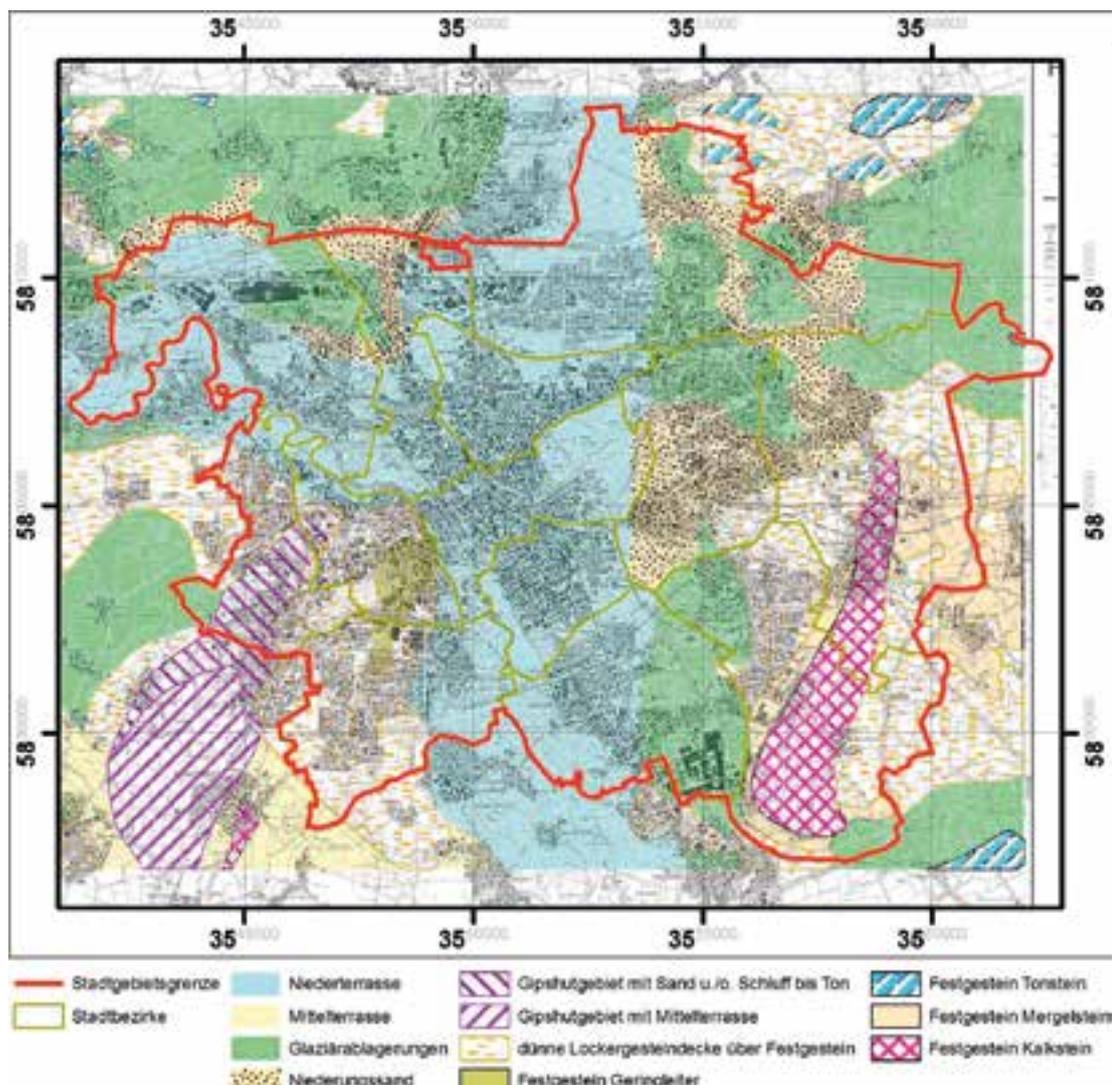


ABBILDUNG 7: Hydrogeologische Gliederung des Stadtgebietes (Dr. Pelzer und Partner)

Arten von Grundwasserleitern

Je nach geologischer Ausprägung des Untergrundes unterscheidet man Poren-, Kluff- und Karstgrundwasserleiter. Im Lockergestein füllt das Grundwasser den gesamten Porenraum aus. Es wird daher als **Porengrundwasserleiter** bezeichnet. Im Festgestein bewegt sich das Grundwasser durch Risse, Fugen und entlang von Klüften. Diese Grundwasserleiter werden als **Kluffgrundwasserleiter** bezeichnet. Unter **Karstgrundwasserleiter** versteht man Kluffgrundwasserleiter mit großen verbundenen Hohlräumen, die oft durch die chemische Lösung des Gesteins entstanden sind. Aufgrund der geringen Filterwirkung in Kluff- und Karstgrundwasserleitern sind diese auch besonders anfällig für Verunreinigungen.

Der Festgesteinsuntergrund der Leineniederung besteht aus tonigen Gesteinen, die im Wesentlichen der unteren Kreide zuzurechnen sind. Sie sind Grundwassergeringleiter oder -stauer, das heißt sie besitzen für Wasser nur eine sehr geringe Durchlässigkeit.

Die tonigen Schichten wurden während der Eiszeiten, dem Zeitalter des Pleistozäns, stark erodiert und Schmelzwasserrinnen haben sich in sie eingegraben. Die Rinnenfüllungen und die über ihnen lagernden Flussterrassenablagerungen bestehen aus Sanden und Kiesen, also aus Lockergesteinen beziehungsweise Porengrundwasserleitern. Ältere Terrassensedimente liegen dabei

aufgrund der in den einzelnen Phasen der Eiszeit immer wieder fortschreitenden Erosion höher als jüngere. Die in der letzten Kaltzeit entstandene Niederterrasse hat sich in die Ablagerungen der vorangegangenen Kaltzeit, in der noch vom Inlandeis Geschiebemergel gebildet wurden, eingeschnitten. Es kam schließlich zur Bildung von Niederterrassen- und Talsanden. Die Ablagerung der Auenlehme der Leine setzte dann mit dem Beginn unserer Warmzeit, dem Holozän, ein. Geschiebemergel und stellenweise vorhandene aus Warmzeiten stammende lehmige bis torfige Ablagerungen wirken als Grundwassergeringleiter und können kleinräumig den Porengrundwasserleiter in Stockwerke gliedern.

4 Wasserversorgung in Hannover

Die öffentliche Trinkwasserversorgung der Landeshauptstadt Hannover und von Teilen der Städte Langenhagen, Seelze und Laatzen sowie Umlandgemeinden erfolgt durch die enercity AG (vormals Stadtwerke Hannover).

Über 90 Prozent des Trinkwasserbedarfs wird aus Grundwasser gedeckt. Der Rest wird aus den Talsperren des Harzes bezogen. Das Grundwasser wird ortsnah im Gebiet der Leineniederung bei Grasdorf und im Fuhrberger Feld gewonnen und in den drei Wasserwerken Grasdorf, Elze-Berkhof und Fuhrberg zu Trinkwasser aufbereitet. Im Bereich der Leineniederung wird zeitweilig zusätzlich Flusswasser versickert und dort unter natürlicher Filterung im Grundwasserleiter gereinigt, bevor es wieder zur weiteren Nutzung gefördert wird.

Der Trinkwasserverbrauch im gesamten Versorgungsgebiet der Stadtwerke liegt in einer Größenordnung von 41 Mio. Kubikmeter pro Jahr. Bei einer Grundwasserneubildung von im Mittel 160 mm pro Jahr kommen auf der Gesamtfläche der beiden Wassergewinnungsgebiete von 340 km² rechnerisch jedes Jahr rund 54 Mio. Kubikmeter neu hinzu und stehen für die Deckung des Trinkwasserbedarfs der Bevölkerung zur Verfügung. Zum Vergleich: das Stadtgebiet von Hannover besitzt eine Fläche von 204,7 km² und umfasst etwa zur Hälfte versiegelte Areale.

Um die Grundwasserressourcen in den überwiegend land- und forstwirtschaftlich geprägten Wassergewinnungsgebieten nachhaltig zu sichern, schließt enercity seit mehr als 27 Jahren freiwillige Vereinbarungen mit der umliegenden Land- und Forstwirtschaft ab. enercity sichert die Grundwasserressourcen sowie das ökologisch wertvolle Naturschutzgebiet rund um das Wasserwerk in Grasdorf bei Laatzen unter anderem durch pächterseitige Auflagen zum Schutz der Vogelwelt und freiwillige Vereinbarungen mit den Landwirten über eine grundwasserschonende Bodenbewirtschaftung. Erfahrene Beratungsträger unterstützen im Fuhrberger Feld und in Grasdorf die Landwirte bei nachhaltiger, grundwasserschonender Land- und Forstwirtschaft. Darüber hinaus ist das Wassergewinnungsgebiet Fuhrberger Feld seit 1996 als Wasserschutzgebiet ausgewiesen.

Für eine Notfallversorgung sind über das Stadtgebiet verteilt etwa 160 Trinkwassernotbrunnen vorhanden. Die Brunnen fördern im Stadtgebiet vorhandenes Grundwasser und sichern im Katastrophen- oder Verteidigungsfall die Versorgung der Bevölkerung mit Wasser.

Informationen zur Trinkwasserqualität inklusive aktueller Analysendaten sind unter www.enercity.de/wasser zu finden.

5 Grundwasserschutz

5.1 Grundwasser kann man nicht sehen, aber schützen!

Die Trinkwassergewinnung durch die enercity AG greift auf Grundwasser in ländlichen Regionen, also außerhalb des Stadtgebietes zurück. Grund ist die Tatsache, dass dort der Schutz des Grundwassers aufgrund der Nutzung eher gewährleistet werden kann, als es in einem städtischen Siedlungsgebiet möglich ist. Allerdings sind dabei die möglichen Beeinträchtigungen zum Beispiel durch die landwirtschaftliche Nutzung nicht zu vernachlässigen, die durch Vereinbarungen, Auflagen und Grundstückskäufe sowie regelmäßige Kontrollen des Grundwassers minimiert werden. Ein effektiver vorbeugender Grundwasserschutz ist dabei auf die Kooperation mit landwirtschaftlichen Betrieben und Grundwasserschutzprojekte mit den Kommunen angewiesen.

Im Stadtgebiet erfolgt Grundwasserschutz zum Beispiel durch bauliche und technische Einrichtungen beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Einen wichtigen Beitrag leistet die Sanierung der städtischen Schmutzwasserkanäle. Die Förderung von Entsiegelung und Niederschlagsversickerung erhöht die Neubildungsrate des Grundwassers.

5.2 Was können wir zu Hause tun, um das Grundwasser zu schützen?

Jede*r Einzelne kann zum Schutz der Grundwasservorkommen etwas beitragen. Hier ist eine kleine Liste von Dingen, die beachtet werden sollten.

Natürliche Bepflanzung

Pflanzen Sie Bäume und Sträucher, die an die örtlichen Begebenheiten angepasst sind. Sie brauchen weniger Wasser um zu wachsen, sind widerstandsfähiger gegen Schädlinge und tragen so zum Schutz von Natur und Umwelt bei. Wählen Sie für Grünflächen anspruchslose Rasensorten, die an das örtliche Klima angepasst sind, um den Bewässerungsbedarf zu reduzieren.

Reduzierter Einsatz von chemischen Pflanzenschutz- und -behandlungsmitteln und Streusalz

Verwenden Sie keine Pestizide, um den Garten und gepflasterte Wege frei von Wildkräutern zu halten. Die Pestizide versickern teilweise in den Untergrund, wo sie das Grundwasser unnötig belasten. Benutzen Sie kein Streusalz zur Freihaltung der Wege im Winter, um die Versalzung der städtischen Böden und des Grundwassers zu minimieren.

Umsteigen auf ökologischen Anbau im Haus- oder Kleingarten

Versuchen Sie für Ihren Garten Anbaumethoden aus dem ökologischen Anbau zu übernehmen. Häufig gibt

es viele Alternativen zu kommerziellen Mineraldüngerpräparaten und Pestiziden.

Sorgfältige Trennung von Müll

Lagern Sie keinesfalls umweltschädliche Substanzen auf Ihrem Grundstück, sondern bringen Sie ungebrauchte Lacke, Farben, Öle und Pestizide zur Entsorgung zu den örtlichen Wertstoffhöfen. So kann das Risiko eines ungewollten Austretens und Versickerns von Schadstoffen verhindert werden. Entsorgen Sie keine Abfälle oder Medikamentenreste über die Toilette.

Herstellen der natürlichen Bedingungen durch flächenhafte Niederschlagsversickerung auf dem eigenen Grundstück

Versuchen Sie den natürlichen Wasserhaushalt auf Ihrem Grundstück wiederherzustellen, in dem Sie versickerungsfähiges Pflaster verbauen bzw. soweit möglich auf Versiegelungsmaßnahmen verzichten.

Sanierung von Schmutz- und Mischwasserkanälen

Durch undichte Schmutz- und Mischwasserleitungen auf Privatgrundstücken kann je nach Höhe des Grundwasserstandes Schmutzwasser aus den Leitungen austreten, in das Grundwasser gelangen und es verunreinigen. Bei hohen Grundwasserständen kann aber auch Grundwasser in undichte Leitungen eintreten, der Grundwasserstand wird dadurch abgesenkt. Deshalb ist es wichtig, diese Leitungen alle 25 Jahre gemäß den technischen Normen durch eine Fachfirma überprüfen und im Bedarfsfall sanieren zu lassen.

5.3 Grundwasserbenutzungen

Während die Trinkwassergewinnung für die öffentliche Wasserversorgung Hannovers außerhalb des Stadtgebietes erfolgt, werden innerhalb der Stadtgrenzen jährlich um die 5 Mio. Kubikmeter Grundwasser zu betrieblichen und sonstigen Zwecken entnommen. Dabei handelt es sich häufig um Nutzungen als Kühl- und Prozesswasser, aber auch um den Einsatz in der Getränkeindustrie. Im Rahmen der Erweiterung des Mergelabbaus in Misburg und der dafür erforderlichen Trockenhaltung der Gruben wird die Menge der Grundwasserentnahme in den nächsten Jahren/Jahrzehnten deutlich ansteigen.

Dauerhafte und temporäre Grundwasserentnahmen für die öffentliche und private Wasserversorgung, für Grundwasserabsenkungen bei Baumaßnahmen (zum Beispiel Tiefgaragen) und die Regulierung von Vernäsungsschäden sind grundsätzlich nach dem Wasserrecht erlaubnispflichtig. Entnahmen unter 5.000 m³ sind zwar erlaubnisfrei, aber anzeigepflichtig. Ebenso erlaubnispflichtig sind Grundwassernutzungen für geothermische Zwecke. Darüber hinaus ist für jegliches Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, für dessen

Aufstau, Umleitung und mehr als unerhebliche schädliche Veränderung seiner chemischen, physikalischen oder biologischen Beschaffenheit (zum Beispiel durch Erdwärmennutzung) eine Erlaubnis erforderlich. Geplante direkte und indirekte Eingriffe in das Grundwasser, wie zum Beispiel Bohrungen und andere Erdaufschlüsse, sind bei der zuständigen Wasserbehörde der Region Hannover anzuzeigen.

Zuständige Stelle für die genannten Nutzungen ist die Untere Wasserbehörde der Region Hannover (E-Mail: gewaesserschutz@region-hannover.de), Formulare finden

sich unter <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Wasser-Abwasser/Gewässer/Service-rund-um-den-Gewässerschutz>.

Hinzu kommen die nach der Trinkwasserverordnung anzeigepflichtigen Eigenwasserversorgungsanlagen, also die häusliche Nutzung für den eigenen Bedarf auf Wohngrundstücken, sowie die zahlreichen für Bewässerungszwecke eingesetzten Gartenbrunnen insbesondere in Kleingärten. Für Eigenwasserversorgungsanlagen ist der Fachbereich Gesundheit der Region Hannover zu kontaktieren (E-Mail: hygiene@region-hannover.de).

6 Wasserstandsmessungen

Grundwassermessstellen

Grundwassermessstellen sind unser wichtigster Zugang zur Beobachtung des Grundwassers. Zum Beispiel wird die Menge des im Untergrund befindlichen Grundwassers durch eine Wasserstandsmessung erfasst. Außer der Menge kann auch die Qualität untersucht werden, indem aus einer Grundwassermessstelle mittels Pumpen das Wasser zu Tage gefördert und im Labor auf seine Inhaltsstoffe untersucht wird.

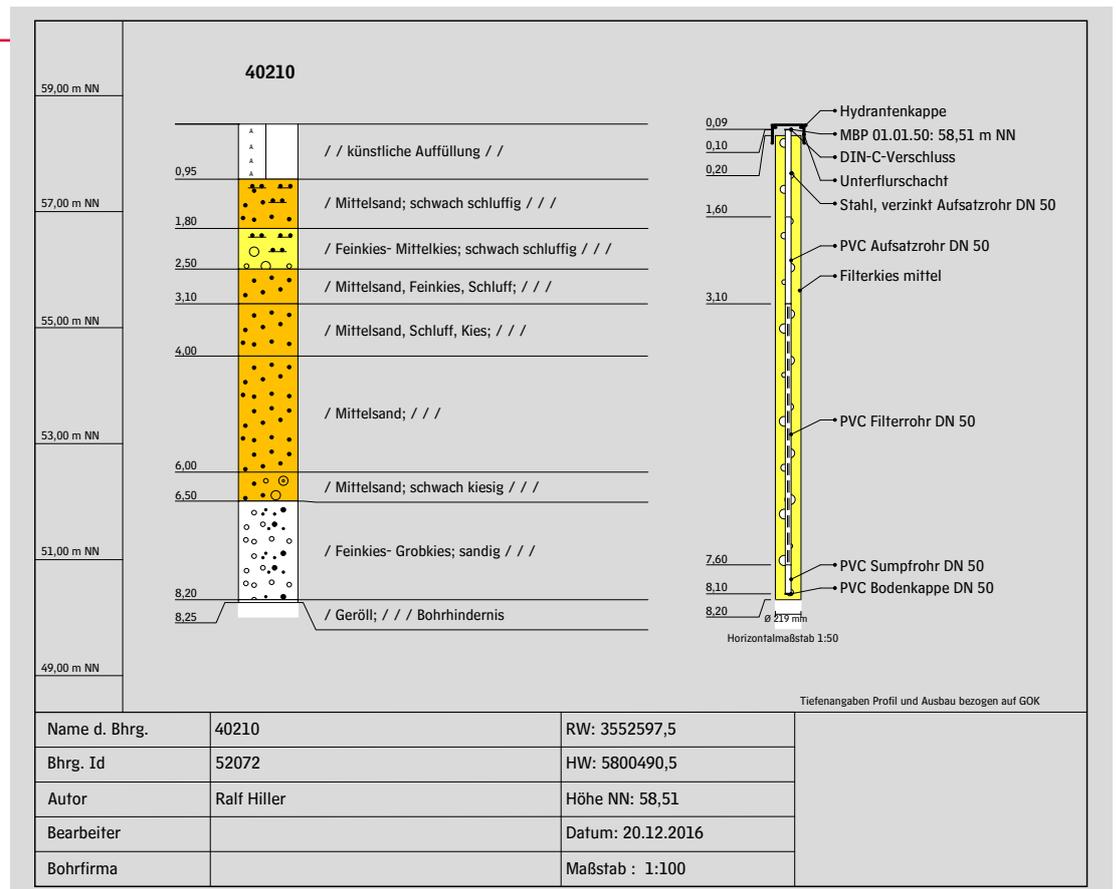
Der Grundwasserstand wird in Grundwassermessstellen kontrolliert. Dabei handelt es sich in der Regel um verrohrte Bohrlöcher (üblicherweise zirka 168 bis 332 mm Durchmesser), in die ein Rohr (zwischen 50 und 150 mm Durchmesser) mit einer dem Standort angepassten Filterstrecke eingebracht wird (Abbildung 8).

Der Ringraum wird mit Filterkies aufgefüllt und nach oben hin mit einer Tonsperre gegen den Zutritt von Oberflächenwasser und Verunreinigungen geschützt. Die Messung erfolgt meist von Hand mit einem elektrischen Lot (zum Beispiel Lichtlot), bei dem durch die elektrische Leitfähigkeit des Wassers der Kontakt geschlossen wird. Teilweise werden auch automatische Messsysteme eingesetzt.

Hydraulisches Messnetz

Der Bereich Umweltschutz des Fachbereichs Umwelt und Stadtgrün unterhält seit Jahren ein hydraulisches Messnetz zur Überwachung der Grundwasserstände im Stadtgebiet. Es umfasst mehr als 3.000 in einer Datenbank registrierte Grundwassermessstellen der Stadt, von Behörden, Firmen und Institutionen sowie

ABBILDUNG 8: Bohrprofil und Ausbau einer Grundwassermessstelle (LHH, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün)





auf Privatgrundstücken. In etwa 800 dieser Messstellen werden regelmäßige Messungen durchgeführt.

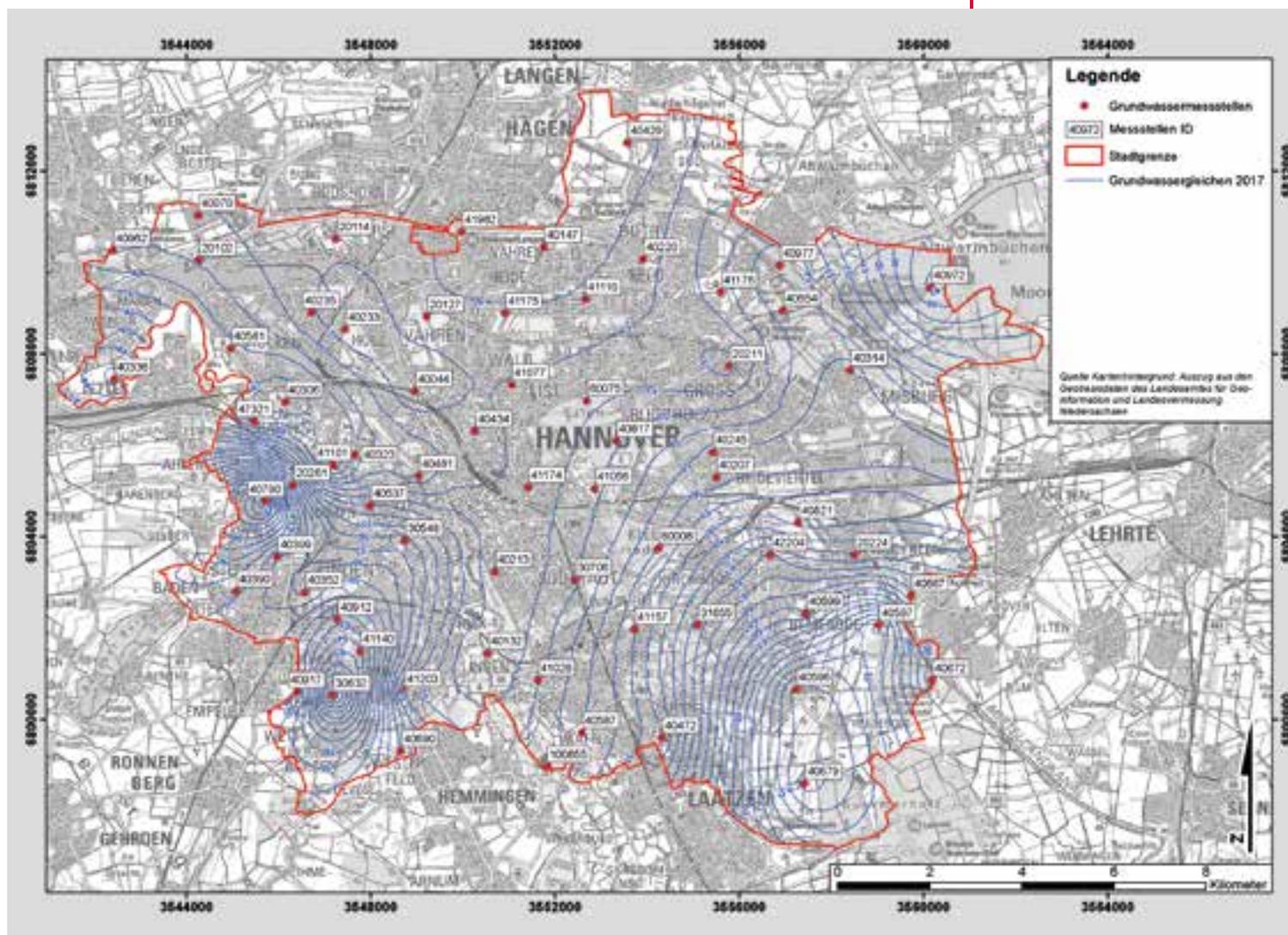
Ziel der in verschiedenen Zyklen durchgeführten Messungen ist die Erfassung der Wasserstandsschwankungen, um den Einfluss von Grundwasserentnahmen, Baumaßnahmen und Versiegelungen aber auch des Klimawandels zu beobachten. Gleichzeitig können die Daten auch für die Planung von Bauprojekten sowie für die Beurteilung oder Sanierung von Umweltschäden

genutzt werden. Über die Grundwasserstände lassen sich weiterhin Abschätzungen zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes treffen.

Um sich persönlich über Grundwasserstände zu informieren, können Sie telefonische (kostenfrei) und schriftliche (kostenpflichtig) Auskünfte beim Bereich Umweltschutz des Fachbereichs Umwelt und Stadtgrün einholen (E-Mail: 67.12@hannover-stadt.de).

Geschlossene und geöffnete Grundwassermessstelle (LHH)

ABBILDUNG 9: Generalisierter Grundwassergleichenplan Datenbasis 2017 (IWW GmbH)





Bohrarbeiten zur Einrichtung einer Grundwassermessstelle



Messung des Grundwasserstandes mit Hilfe eines Lichtlotes

ABBILDUNG 10: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte 2013 (LHH, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün)



Grundwassergleichenpläne – Karten des Grundwasserpiegels

Aus den gemessenen Wasserständen können Pläne gleicher Grundwasserhöhen angefertigt werden (Abbildung 9). Es handelt sich um Karten, auf denen mit Höhenlinien, den sogenannten Grundwassergleichen, die Oberfläche des Grundwassers in Meter über dem Meeresspiegel angegeben wird. Auf diese Weise lassen sich Bereiche hoher und niedriger Grundwasserstände sofort als „Berge“ und „Täler“ erkennen und anhand des Gefälles ist die Grundwasserfließrichtung ableitbar. Grundwasserentnahmen lassen sich in diesen Karten als trichterförmige „Täler“ erkennen.

Die Entwässerung des Stadtgebietes folgt der Struktur der Niederterrasse, das heißt, das Grundwasser strömt nach Norden in Richtung Wietze und nach Westen über die Leineniederung ab.

Die Landeshauptstadt Hannover hat 2013 eine neue digitale Grundwasserkarte herausgegeben, die unter www.hannover-gis.de zur Verfügung steht. Die Grundwasserkarte enthält unter anderem Informationen über die höchsten gemessenen Grundwasserstände, die Grundwasserfließrichtungen, die Mächtigkeit des Grundwasserleiters sowie die gesetzlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete.

TEIL II: DAS KOMMUNALE GRUNDWASSERMONITORING

1 Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit

Je nach dem, in welchem geologischen Gebiet das Grundwasser vorkommt, kann seine Zusammensetzung stark variieren. Im Stadtgebiet von Hannover überwiegen Wässer mit geringer oder mittlerer Mineralisation. Aufgrund der Salzstrukturen, vor allem im Westen, können aber auch stark salzhaltige Wässer vorkommen. Der Stoffinhalt eines Grundwassers hängt vor allem von dem Material der Grundwasserleiter sowie der Zusammensetzung der versickernden Niederschläge ab, die einerseits bereits Substanzen beinhalten (zum Beispiel saurer

Regen) und andererseits bei der Passage durch den Boden Stoffe lösen können. Unter natürlichen Bedingungen stellt sich jeweils ein annäherndes Gleichgewicht in der chemischen Zusammensetzung ein, das sich aber aufgrund der jahreszeitlichen Niederschlagsschwankungen im Jahresgang verändert.

Grundwasseranalysen geben daher stets nur einen temporären Zustand wieder, der aufgrund der ebenfalls wechselnden Strömungen auch noch räumlich variiert.

Tabelle 2: Hydrogeologischer Überblick (Dr. Pelzer und Partner)

	Einheit	Mächtigkeit	Ergiebigkeit	Natürliche Deckschicht
Porengrundwasserleiter	Niederterrasse	7 – 15 m, in Gebieten mit Schmelzwassersanden 10 – 20 m, max. 35 m	hoch	Auelehm
	Mittelterrasse	5 – 12 m	mittel	Lösslehm
	Glaziärablagerungen	5 – 20 m, in Rinnen 70 m	mittel, teilweise gering, örtlich hoch	Geschiebelehm, Torf, Lösslehm, Beckenschluff
	Niederungssand	wenige Meter	mittel bis hoch	
	Gipshutgebiet	Grob- bis feinklastische Ablagerungen in Erdfälen, bis zu 100 m	gering, örtlich mittel	teilweise durch Mittelterrasse
Kluft-, stellenweise Karstgrundwasserleiter	dünne Lockergesteinsdecke über Festgestein	bis ca. 5 m	gering, nur örtliche Grundwasservorkommen	
	Festgestein, vorwiegend Kalkstein	10er bis 100er m	mittel	
	Festgestein, Ton- und Mergelsteine	10er bis 100er m	gering bis äußerst gering	

Analysen lassen damit Rückschlüsse auf die Geschichte des Grundwassers zu. Weiterhin können durch den Vergleich mit anderen oder früheren Proben, die einwirkenden Einflüsse identifiziert werden. Die Güte der Aussagen über ein Gebiet hängt dabei von der Anzahl der Grundwasseraufschlüsse und möglichst gleichmäßigen Intervallen der Messungen bzw. Analysen ab.

Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers wird, wie oben beschrieben, von der Beschaffenheit des geologischen Untergrundes bestimmt. Im Stadtgebiet kommen alle drei möglichen Typen von Grundwasserleitern vor: Lockergesteins-, Kluff- und Karstgrundwasserleiter (Tabelle 2).

Prägend sind die Lockergesteins- oder Porengrundwasserleiter, die mit den Sanden und Kiesen der Niederterrasse der Leine und der Terrasse der Wietze den

wesentlichen Grundwasserleiter bilden. Die älteren und höher gelegenen Ablagerungen der Mittelterrasse kommen im Stadtgebiet nur im äußersten Südwesten vor. Von größerer Bedeutung sind die Glaziärablagerungen, bei denen es sich vor allem um Schmelzwassersande handelt, die in Rinnenstrukturen erhebliche Mächtigkeit erreichen und teilweise die Ablagerungen der Niederterrasse unterlagern. Größtenteils liegt daher ein einheitlicher Grundwasserkörper vor, der auch die Niederungssande einschließt, die ebenfalls über den Glaziärablagerungen vorkommen. Ansonsten liegt in den Hochlagen nur eine dünne Überdeckung des Festgesteins durch Lockersedimente vor. Der Bereich der Niederterrasse durchzieht Hannover als Nord-Südachse von Wilkenburg bis Langenhagen mit einer Abzweigung nach Westen über Herrenhausen und Stöcken nach Marienwerder. Der Grundwasserzstrom in das Stadtgebiet stammt daher mengenmäßig vor allem aus dem Gebiet zwischen Laatzen und Hemmingen.

2 Das Grundmessnetz Hannover

2.1 Aufgaben des Grundmessnetzes

Unter dem Begriff Grundmessnetz wird ein Messstellennetz verstanden, das der übersichtswisen Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit in größerem Maßstab dient. Für das Gebiet der Landeshauptstadt Hannover wurden die folgenden Aufgaben eines umfassenden qualitativen Monitorings definiert:

Ermittlung von Daten zur Grundwasserqualität aus allen wesentlichen geologischen Einheiten im Sinne einer verhältnismäßigen und übersichtsartigen Überwachung.

Orientierende Überwachung der wichtigsten Abstrombereiche, vor allem in den unterirdischen Einzugsgebieten der Fließgewässer (zum Beispiel Leine, Ihme, Wietze, Fösse etc.).

Die Aufgabe des Grundmessnetzes ist also die übergeordnete Beschreibung der Grundwassersituation und umfasst nicht die Überwachung der Grundwasserqualität im unmittelbaren Bereich von einzelnen Grundwasserschäden. Es dient vielmehr dem Monitoring der Hintergrundverhältnisse und ihrer Veränderung durch diffuse Stoffeinträge. Die Informationen über die Auswirkungen von Stoffeinträgen zum Beispiel aus Altlasten können mit Hilfe nutzungs- und standortbezogener Sondermessnetze erschlossen werden.

Um sich persönlich über die Grundwasserqualität zu informieren, die mit Hilfe des Grundmessnetzes erfasst wird, können Sie telefonische (kostenfrei) und schriftliche (kostenpflichtig) Auskünfte beim Bereich Umweltschutz des Fachbereichs Umwelt und Stadtgrün einholen (E-Mail: 67.12@hannover-stadt.de).

Auskünfte über die Grundwasserqualität im Bereich von Grundwasserschadensfällen erteilt die Region Hannover als zuständige Bodenschutz- und Wasserbehörde (E-Mail: bodenschutz@region-hannover.de).

2.2 Konzept und Struktur

Das Messstellennetz ist so ausgerichtet, dass alle Bereiche der Stadt erfasst werden. Auf die Fläche Hannovers gerechnet kommen etwa 0,3 Messstellen auf einen Quadratkilometer. Die hohe Dichte ist erforderlich, um die Heterogenität des urbanen Raums sowie die kleinräumige Verteilung der geologischen Einheiten im Stadtgebiet angemessen erfassen zu können. Die Untersuchung der Messstellen dient dazu, Rückschlüsse auf die natürliche Grundwasserbeschaffenheit zuzulassen und Qualitätsveränderungen aufgrund diffuser anthropogener Stoffeinträge zu erkennen.

Bei den Messstellen handelt es sich im Wesentlichen um bereits existierende Grundwassermessstellen. Lediglich einige der ausgewählten Messstellen mussten aus unterschiedlichen Gründen neu eingerichtet werden.

2.3 Datenverwaltung

Die Landeshauptstadt Hannover hat für die Verwaltung der Daten aus dem Grundwassermonitoring sowie der im Stadtgebiet vorhandenen Messstellen ein spezielles Datenbanksystem installiert. Es wird seit vielen Jahren für das stadtweite Pegel-Messnetz genutzt und enthält auch die geologischen Profile und Ausbaudaten der Messstellen.



Probenahme durch die
Stadtentwässerung

Für das Grundmessnetz befinden sich gegenwärtig 73 aktive Messstellen mit Daten zur Wasserchemie in der Datenbank.

2.4 Probenahme

Die ersten beiden Untersuchungskampagnen im Rahmen des Betriebs des Grundmessnetzes wurden im April und Oktober des Jahres 2003 durchgeführt. Probenahmen im Frühjahr und Herbst wurden für dieses erste Untersuchungsjahr ausgewählt, um entsprechend des jahreszeitlichen Ganges das Grundwasser bei hohen und niedrigen Wasserständen untersuchen zu können. Seither werden die Probenahmen in den Monaten Oktober/November durchgeführt, weil die Verhältnisse in diesen Monaten in der Regel sehr stabil sind und sich daher über viele Jahre vergleichen lassen.

Die Beprobung der Messstellen wird von der Stadtentwässerung Hannover vorgenommen. Für die Probenahme wird eine Tauchpumpe eingesetzt. Während der Beprobung werden die sogenannten Vor-Ort-Parameter pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Redoxspannung, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur gemessen. Außerdem werden die Wasserstände vor und nach dem Abpumpen bestimmt.

Nach einem zunächst jährlichen Turnus wurde das Grundwassermonitoring beginnend in 2009 auf einen zweijährigen Rhythmus umgestellt.

2.5 Analytik

Die Analysen werden vom chemischen Labor der Stadtentwässerung durchgeführt. Für Spezialanalytik und zur Qualitätssicherung werden außerdem Analysenaufträge an zertifizierte Laboratorien vergeben.

Zum Untersuchungsumfang gehören zunächst die natürlicherweise im Grundwasser gelösten Salze und Metalle. Hinzu kommen die meist organischen Substanzen wie zum Beispiel Lösemittel, Weichmacher, Tenside und Pestizide, aber auch Arzneimittel, die durch menschliche Aktivitäten entstanden sind beziehungsweise in das Grundwasser gelangen.

Häufig handelt es sich dabei um xenobiotische Stoffe, das heißt Substanzen, die der Biosphäre fremd sind. Unter ihnen befinden sich auch endokrin wirksame Substanzen (EWS), die störend in das Hormonsystem von Menschen und/oder Tieren eingreifen. Solche Substanzen mit hormonähnlicher Wirkung werden als Xenöstrogene bezeichnet.

Aufgrund der Vielzahl an untersuchten Stoffen wird der Analysenumfang auf ein über mehrere Jahre angelegtes Programm verteilt. Es werden also nicht in jedem Untersuchungsjahr alle Parameter bestimmt.

Begleitend zum städtischen Grundwassermonitoring führt der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) jährlich an 14 Messstellen des Grundmessnetzes Untersuchungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie durch.

3 Ergebnisse des Grundwassermonitorings 2003 bis 2017

3.1 Allgemeiner Überblick

Im Frühjahr 2003 wurden erstmals 67 Messstellen für das Grundwassermonitoring Hannover beprobt. Aufbauend auf den Erfahrungen dieser ersten Untersuchung wurden eine Reihe von Messstellen erneuert und zusätzliche eingerichtet, sodass seit dem Herbst 2003 ein Bestand von 73 Messstellen jährlich beziehungsweise seit 2009 zweijährlich beprobt wird. Die Lage der Messstellen ist dabei so gewählt, dass die verschiedenen Flächennutzungen, die im Stadtgebiet Hannover vorkommen, möglichst repräsentativ vertreten sind (Abbildung 11).

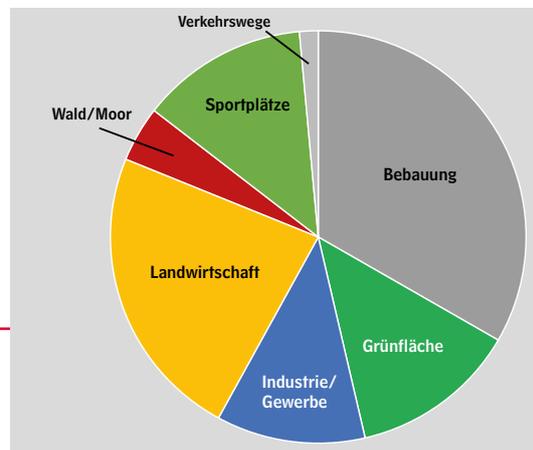


ABBILDUNG 11: Vorwiegende Landnutzung in der unmittelbaren Umgebung (250 m Radius) der Grundwassermessstellen des Grundwassermonitorings Hannover 2017 (IWW GmbH)

Bei der Auswertung der Analysenergebnisse zeigten sich für viele Parameter deutliche räumliche Gliederungen, die sich mit den geologischen Verhältnissen oder der Flächennutzung in Beziehung setzen lassen. Für die Bewertung der Ergebnisse ist zwischen zwei Gesichtspunkten zu unterscheiden:

- Das untersuchte Grundwasser entspricht dem natürlichen (geogenen) Hintergrund oder zeigt dem gegenüber erhöhte Stoffkonzentrationen, ist also vom Menschen beeinflusst.
- Das Grundwasser besitzt unabhängig von dem geogenen Hintergrund einwandfreie Qualität und entspricht

den Anforderungen an unbelastetes Grundwasser oder gar Trinkwasser.

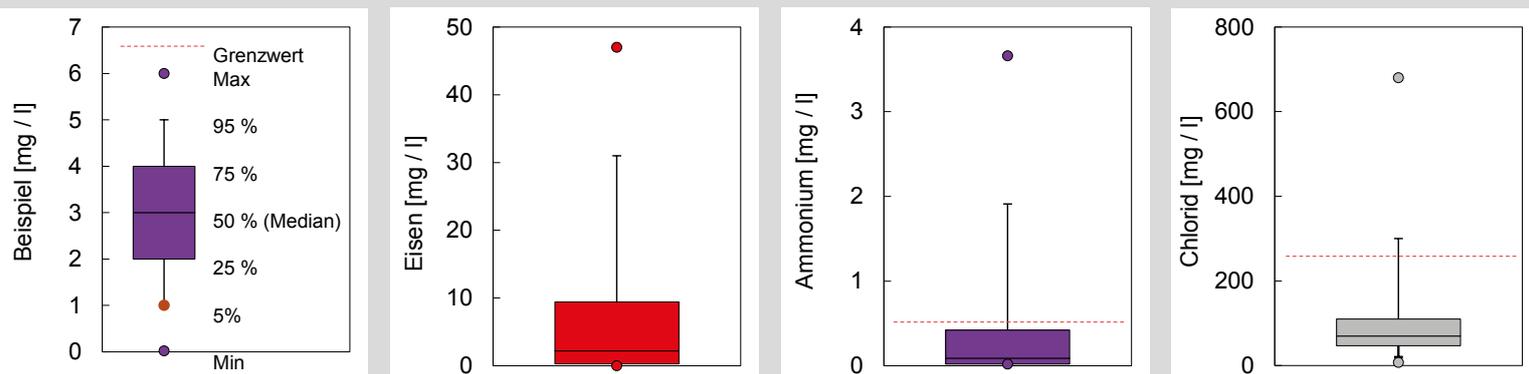
Die Untersuchungen haben gezeigt, dass eine völlig unbeeinflusste natürliche Zusammensetzung des Grundwassers in Hannover praktisch nicht auffindbar ist. Selbst für das Umland ist fast ausnahmslos eine Einwirkung zumindest durch die Landwirtschaft erkennbar. Das Grundwasser spiegelt damit die zunehmende Zersiedelung und Industrialisierung wider. Hinzu kommen vor allem die diffusen Einflüsse aus der Düngung und Pflanzenbehandlung.

Für die vorliegenden Daten werden alle Befunde, die aufgrund des natürlichen Vorkommens einer Substanz, des geologischen Zusammenhangs und der angetroffenen chemischen Beschaffenheit des Grundwassers nicht unmittelbar auf menschlichen Einfluss zurückzuführen sind, als geogen gedeutet. Im Gegenzug werden alle anderen erhöhten Befunde als anthropogen, also vom Menschen verursacht, eingestuft. Dies gilt insbesondere für künstliche Substanzen wie Arzneimittel, Weichmacher oder leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe. Den Spurenstoffen wurde in den Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit zuteil, da es für einige dieser Substanzen bisher nur wenige Erkenntnisse zum Vorkommen in städtisch-beeinflusstem Grundwasser gibt.

Um eine Orientierung zur Bewertung dieser Substanzen zu bekommen, wurden die Grenz- und Schwellenwerte der Grundwasserverordnung sowie die Geringfügigkeitsschwellenwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herangezogen. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte eignen sich im Rahmen des Grundwassermonitorings Hannover besonders, da sie auf einer gleichzeitigen toxikologischen Bewertung von Stoffen für Mensch und Umwelt beruhen.

Einige ausgesuchte Parameter des Monitorings 2017 sind beispielhaft in Abbildung 12 in einem Boxplot zusammengefasst. Dabei werden alle Werte eines Parameters (pro Grundwassermessstelle ein Wert) in ihrer

ABBILDUNG 12: Die Abbildung links unten zeigt den Aufbau eines Boxplots. Die Prozentzahlen geben an, wie viele Messwerte unterhalb liegen. Die obere Antenne (95 Prozent) deutet zum Beispiel den Wert an, unterhalb dessen 95 Prozent aller Messwerte liegen. Beim Median befinden sich exakt 50 Prozent der Werte über beziehungsweise unterhalb des Strichs. Die rote gestrichelte Linie weist auf den Schwellenwert hin, der durch die Grundwasserverordnung vorgegeben wird.



Prozesse im Grundwasser

- **Chemische Prozesse:** Die Reaktion von Wasser mit dem umgebenden geologischen Material führt in erster Linie zu einer Lösung von Mineralen. Die chemische Zusammensetzung eines Grundwassers wird daher durch die mineralogische Zusammensetzung des Materials bestimmt, mit dem es in Kontakt steht.
- **Biologische Prozesse:** Sowohl Grundwasserleiter als auch –nichtleiter werden von einer großen Anzahl von Mikroorganismen bewohnt. Generell nimmt die Zahl der Organismen mit der Tiefe ab. Ihre Rolle für die chemische Zusammensetzung eines Grundwassers ist von entscheidender Bedeutung. Nahezu alle Lösungs- und Fällungsreaktionen werden durch Mikroorganismen beeinflusst. Sie beschleunigen viele natürlich ablaufenden Prozesse und wirken daher als eine Art Katalysator für Stoffumsätze im Grundwasser. Der wichtigste Antrieb für mikrobiologische Aktivität im Grundwasser ist der Anteil an organischem Material im Untergrund, das als Nahrungs- und Energiequelle dient. Die Mikroorganismen dienen wiederum einer Vielzahl von größeren Organismen (Grundwasserfauna) als Nahrung. Voraussetzung für das Vorkommen von Grundwasserfauna ist, dass ausreichende Konzentrationen von Sauerstoff zur Verfügung stehen.

statistischen Verteilung veranschaulicht. Die Hälfte aller Messwerte liegt beim Boxplot innerhalb der Box. Die Antennen beschreiben den Bereich, in dem 90 Prozent aller Messwerte liegen. Die beiden Punkte in den Diagrammen beschreiben jeweils den höchsten beziehungsweise niedrigsten beobachteten Messwert.

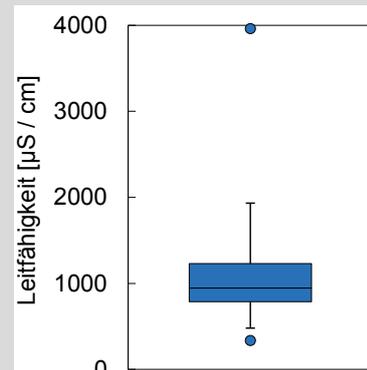
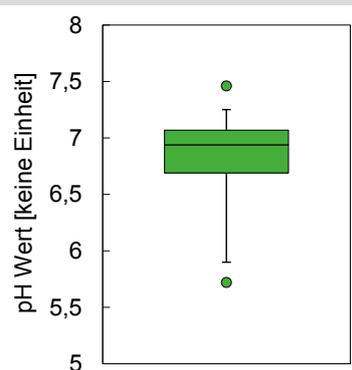
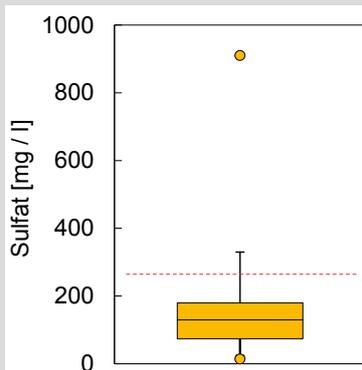
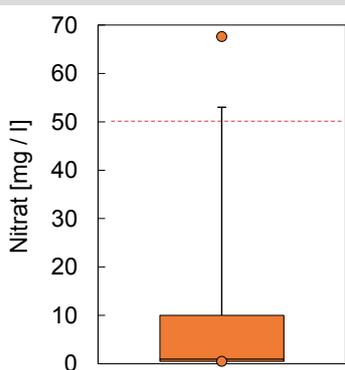
Die Darstellung der Ergebnisse mittels Boxplots ermöglicht es, schnell einen Überblick über das gesamte Spektrum der erfassten Messwerte zu bekommen. So erkennt man zum Beispiel auf einen Blick, dass der Großteil der pH-Werte ein neutrales bis leicht saures Grundwasser anzeigt. Einige wenige Messwerte lagen im leicht sauren Milieu mit pH-Werten unterhalb von 6, wobei der tiefste Messwert pH 5,7 betrug. Der höchste Messwert lag bei pH 7,5. Bei den Leitfähigkeiten zeigte sich eine große Streuung. Bedingt durch das Vorkommen von Salzgesteinen im Hannoveraner Untergrund kommt es lokal zu natürlich bedingten Versalzungen im Grundwasser, wodurch Leitfähigkeiten von beinahe 4.000 Mikrosiemens pro Zentimeter gemessen wurden. Solche hohen Werte sind die Ausnahme und werden an Stellen im Stadtgebiet angetroffen, die die entsprechenden geologischen Gegebenheiten aufzeigen. Sehr hohe Werte sind zum Beispiel im Südwesten Hannovers im Bereich eines Gipsstufes beobachtet worden.

Die Ionen Sulfat und Chlorid zeigen eine vergleichbare Verteilung zur Leitfähigkeit. Das ist kein Zufall, denn beide Ionen werden bei der Lösung von Salzgesteinen

freigesetzt. Daher werden die hohen Leitfähigkeiten im Südwesten Hannovers auch von sehr hohen Chlorid- und Sulfatkonzentrationen begleitet. Örtlich können durch diesen ausschließlich natürlichen Prozess die Schwellenwerte der Grundwasserverordnung überschritten werden.

Nitrat kommt natürlich in der Umwelt vor. Die Möglichkeit der industriellen Herstellung stickstoffhaltiger Düngemittel hat in den vergangenen Jahrzehnten zu einer erheblichen Veränderung der Nitratkonzentrationen in Grund- und Oberflächengewässern geführt. Auch im Stadtgebiet von Hannover sind Nitratkonzentrationen, die den Schwellenwert der Grundwasserverordnung von über 50 Milligramm pro Liter überschreiten, an insgesamt fünf Messstellen beobachtet worden. Vier der Messstellen liegen im Südosten des Stadtgebiets.

Ein für Norddeutschland typisches Bild zeigen die Konzentrationen von Eisen und Ammonium im Grundwasser. Aufgrund der niedrigen Flurabstände haben sich vielerorts staunasse Böden entwickelt, in denen die natürliche Zehrung von Sauerstoff ein hohes Maß annimmt. Dadurch entstehen Grundwässer, die arm an Sauerstoff sind. Unter diesen Bedingungen können erhöhte Eisen- und Ammoniumkonzentrationen auftreten. Zusätzlich können Einträge aus der Siedlungsfläche zu einer erhöhten Zehrung des Sauerstoffs führen.



Wasserchemie/Analytik

- **Xenobiotisch:** Stoff, der natürlich nicht in der Umwelt vorkommt.
Endokrin wirksame Substanzen: Stoffe, die den normalen hormonellen Haushalt in Tieren und Menschen stören. Ihre (oft schädliche) Wirkung basiert im Wesentlichen darauf, dass Sie die Wirkung von Hormonen entweder blockieren oder imitieren. Ein Beispiel hierfür ist die Verweiblichung von Austern durch das hormonell-wirksame Tributylzinn, das als Schiffsfarbe angewendet wird.
- **Redoxspannung:** Die Redoxspannung ist ein Maß für die Elektronenaktivität in einer Lösung (vergleichbar zur Protonenaktivität beim pH-Wert). Ein niedriger Wert bedeutet, dass die Lösung eine Tendenz hat, Elektronen für eine Reaktion zur Verfügung zu stellen. Eine solche Lösung wird als „reduzierend“ bezeichnet. Ist die Redoxspannung hingegen hoch, stehen kaum Elektronen zur Verfügung; die Lösung ist eher „oxidierend“.
- **Nachweis- und Bestimmungsgrenze:** Laboranalytische Messungen sind immer mit Unsicherheiten behaftet, die verschiedene Ursachen haben können. Je weniger Stoff in einer Lösung vorhanden ist, desto mehr machen sich die Unsicherheiten bei seiner Analyse bemerkbar. Nahe der Bestimmungsgrenze ist die Ungenauigkeit der Messung bereits so groß, dass der Stoff in einer Probe zwar klar nachgewiesen werden kann, aber eine Bestimmung der tatsächlichen Konzentration ist nicht mehr möglich. Ist die Konzentration eines Stoffes sogar kleiner als die analytische Ungenauigkeit, so kann er nicht mehr verlässlich nachgewiesen werden. Der Stoff hat dann eine Konzentration unterhalb der Nachweisgrenze.
- **Einheiten:** Messergebnisse werden in Einheiten angegeben, die einen Messwert in Bezug zu dem Volumen, Gewicht oder der Länge einer Probe setzen. Konzentrationen werden häufig in Milligramm pro 1 Liter Wasser angegeben, kurz: mg/l. Die Leitfähigkeit wird in MikroSiemens pro Zentimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) angegeben, wobei Siemens der Kehrwert des elektrischen Widerstandes ist. Reines Wasser hat einen hohen Widerstand. Befinden sich elektrisch geladene Teilchen im Wasser (zum Beispiel Ionen wie Calcium, Magnesium oder Chlorid), wird der Widerstand geringer und die Leitfähigkeit wird größer. Daher ist die Leitfähigkeit auch ein Maß für den Salzgehalt einer Lösung.

leitern geleistet. So werden steigende Chloridkonzentrationen weltweit in vielen Grundwasserleitern beobachtet und sind in der Regel an den Streusalzeintrag entlang von Straßen geknüpft. Im ländlichen Raum bzw. in häuslichen Gärten und Kleingärten können ebenfalls Düngemittelgaben zu einem Anstieg der Chloridkonzentrationen im Grundwasser führen, zum Beispiel durch die Anwendung von Kaliumdünger.

Mehr als die Hälfte der Messstellen im Stadtgebiet weist Eisen- und Mangankonzentrationen auf, die als relativ hoch bewertet werden können (deutlich über einem Milligramm pro Liter). Ursache ist das in weiten Gebieten sauerstoffarme Grundwasser, das in den Niederungen der Leine und im Bereich der staunassen Böden im Osten des Stadtgebietes verbreitet ist. An solchen Standorten wird häufig eine hohe Sauerstoffzehrung beobachtet. Unter diesen Bedingungen etablieren sich Mikroorganismen, die anstatt Sauerstoff die im Boden und Grundwasser vorkommenden Eisenminerale veratmen. Dadurch wird eine leichtlösliche Form des Eisens freigesetzt, die zu hohen Konzentrationen von Eisen im Grundwasser führt. Lokal kann aber auch der Eintrag von Abwasser aus undichter Kanalisation zu einer erhöhten Sauerstoffzehrung führen.

3.4 Anthropogene Veränderungen der Grundwasserqualität

Die hier geschilderten nicht natürlichen Veränderungen beziehen sich auf die Befunde aus dem Grundwassermonitoring, das den allgemeinen Zustand des Grundwassers in Hannover erfassen soll. Die im Stadtgebiet vorhandenen Grundwasserschäden aus Altlasten werden bei dieser Betrachtung ausdrücklich nicht einbezogen.

Im Stadtgebiet Hannover finden sich eine Reihe von Substanzen im Grundwasser, die aus industrieller Herstellung stammen oder in hohen Mengen von Menschen konsumiert werden und über das Abwasser in die Umwelt gelangen.

Vielerorts ergeben sich Hinweise auf Einträge aus undichter Kanalisation. In der Regel, aber nicht nur, kann das Vorkommen von Arzneimitteln, Koffein, Waschmittelzusätzen und anderen Stoffen aus dem häuslichen Alltag auf den Eintrag aus undichter Kanalisation zurückgeführt werden. Dabei versetzen sich Verbindungsstücke zwischen zwei Abwasserrohren durch Bodenbewegung zueinander, oder eine Baumwurzel wächst in ein Abwasserrohr hinein, so dass eine Öffnung entsteht, durch die zumindest zeitweise Abwasser ins Grundwasser versickert. Art und Umfang dieser Einträge sind in der Summe sowie stofflich nur schwer einzugrenzen.

Ein typischer Anzeiger für Abwassereinträge in das Grundwasser ist das chemische Element Bor. Bor kommt

in allen Waschmitteln vor und ist damit im Abwasser von nahezu jedem Haushalt zu finden. Die Borkonzentrationen sind im gesamten Stadtgebiet deutlich höher als unter natürlichen Bedingungen zu erwarten. Zum Beispiel wurde an 16 Messstellen der Geringfügigkeitsschwellenwert für Grundwasser überschritten. Im Rahmen von früheren Untersuchungen aus dem Jahre 2006 konnte ein Zusammenhang zwischen Ethylendiamintetraessigsäure (kurz: EDTA), einem anderen Waschmittelzusatz, und Bor im Grundwasser hergestellt werden. Hier liegt die Vermutung nahe, dass örtlich Abwassereinträge als Ursache auftreten.

Weitere Spurenstoffe wie Arzneimittelreste, die typischerweise mit Abwasser in Verbindung gebracht werden, finden sich ebenfalls im Grundwasser unter städtischem Boden. In etwa der Hälfte der Messstellen wurde zum Beispiel das häufig bei Schmerzen angewendete Arzneimittel Diclofenac nachgewiesen. Eine Belastung des Grundwassers mit Diclofenac im ökologischen Sinne kann dennoch bisher weitgehend ausgeschlossen werden. Die mittlere Konzentration lag bei wenigen Nanogramm pro Liter und entspricht in etwa der Zuckerkonzentration, die zu finden wäre, wenn zehn Stücke Würfelzucker im hannoverschen Maschsee aufgelöst werden. Aus toxikologischen Untersuchungen ist bekannt, dass Organismen erst bei mehr als der tausendfachen Konzentration eine Reaktion zeigen, so dass die in Hannover gemachten Diclofenac-Befunde zunächst als Anhaltspunkt für weitere Untersuchungen dienen können und sollten, aber aktuell keinen Anlass zur Besorgnis liefern. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die bisher vorliegenden toxikologischen Untersuchungen nicht an Grundwassertieren durchgeführt wurden.

Die Konzentration des Ammoniumstickstoffs ist im Norden erhöht, was zum einen auf Einträge aus Abwässern zum anderen aber auch auf die Entstehung von Ammonium in den dort verbreiteten sauren, teils staunassen Böden schließen lässt. Während das Grundwasser das Stadtgebiet von Hannover durchströmt, finden also eine Zufuhr von organisch gebundenem Stickstoff und eine Umsetzung zu Ammonium statt.

Insgesamt sind die meisten Gruppen chlorierter Kohlenwasserstoffe (CKW) im Grundwasser nicht nachweisbar. Auch die leichtflüchtigen CKW sind verhältnismäßig gering verbreitet. In wenigen Messstellen lagen die CKW-Befunde in einer Größenordnung, die für weitere Untersuchungen Anlass gegeben haben. Ansonsten ergaben sich keinerlei Hinweise auf eine Verunreinigung des Grundwassers durch organische Schadstoffe wie Aromaten oder Mineralölkohlenwasserstoffe. Die höchsten Konzentrationen von CKW wurden in Messstellen gefunden, die im Einflussbereich von Siedlungen oder industrieller bzw. gewerblicher Nutzung stehen. Messstellen, die im Osten liegen, zeigten keine nachweisbaren Konzentrationen. Darin spiegelt sich die ausschließliche Freisetzung aus anthropogenen Quellen wider.

Neu im Stadtgebiet untersucht wurden Substanzen aus der Gruppe der perfluorierten Tenside. Perfluorierte

Verbindungen sind eine Substanzklasse von organischen Verbindungen, die ausschließlich anthropogenen Ursprungs sind. Bei den perfluorierten organischen Verbindungen sind am Kohlenstoffgerüst die Wasserstoffatome vollständig durch Fluoratomer ersetzt. Dadurch verfügen sie über eine hohe Stabilität gegenüber chemischen oder thermischen Einflüssen.

Seit einiger Zeit werden per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in unterschiedlichen Umweltmedien nachgewiesen, dazu zählen Boden, Oberflächen- und Grundwasser sowie in seltenen Fällen auch Trinkwasser. Von den perfluorierten Verbindungen, die im Rahmen des Grundwassermonitorings 2017 untersucht wurden, ist allerdings nur die Perfluorbutansäure (PFBA) in bestimmbarer Konzentration im Grundwasser gefunden worden.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gehören zu den Stoffen, die in hohem Maß diffus als Ruß aus dem Verkehr, der Kohleverbrennung und Hausbrand über Niederschläge in den Boden eingetragen wurden und werden. Weitere Quellen im Stadtgebiet können Leckagen mit Mineralöl und Diesel sein, sowie unvollständige Verbrennung zum Beispiel beim Straßenverkehr und Heizungsanlagen und Kaminöfen. Diese sind zwar nicht im Fokus des Monitorings, können aber vereinzelt zu Nachweisen im Messstellennetz führen. Die Anzahl der Messstellen mit einer erhöhten Konzentration von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ist über die Jahre stark schwankend gewesen. Aufgrund der Ergebnisse des Grundwassermonitorings gibt es keine Hinweise darauf, dass in einzelnen Messstellen im Stadtgebiet von Hannover ein dauerhaftes Auftreten von Konzentrationen oberhalb der Grenzwerte zu beobachten ist.

Pflanzenbehandlungs- und -schutzmittel sind Substanzen mit pestizider Wirkung. Je nach Wirkungsziel lassen sich die Wirkstoffe in Herbizide (Ziel: Unkräuter), Fungizide (Ziel: Pilzbefall), Insektizide (Ziel: Insekten), Rodentizide (Ziel: Nagetiere) und andere untergliedern. Allerdings entfaltet nur ein Teil der Pestizide seine Wirkung nach Ausbringung am vorgesehenen Ort. Ein oft nicht unerheblicher Anteil wird verweht, verdunstet oder kann zum Grundwasser versickern. Aufgrund der Vielzahl von Prozessen, die den Verbleib von Pestiziden in Boden und Grundwasser beeinflussen, ist es allerdings nicht möglich, klare Vorhersagen zum Auftreten von Pestiziden im Grundwasser zu machen. Zudem ist aus Untersuchungen an Grundwässern in anderen Städten bekannt, dass Einträge im Stadtgebiet lokal begrenzt sein können. Zu den typischen Orten der Anwendung zählen Grünanlagen, Bahngleise, Sportplätze, Friedhöfe sowie Haus- und Kleingärten. Es ist daher unerlässlich diese Substanzklasse kontinuierlich zu überwachen. Die Bestandsaufnahmen der letzten Jahre haben gezeigt, dass das Auftreten einzelner Wirkstoffe im Grundwasser einem eher unspezifischen Muster folgt. Die häufigsten Nachweise sind für Bromacil und Diuron (beides Herbizide) gemacht worden. Das Totalherbizid Glyphosat ist nur an einer einzelnen Messstelle im Stadtgebiet gefunden

worden. Für dessen Abbauprodukt Aminomethylphosphonsäure (AMPA) gibt es jedoch eine recht hohe Zahl von Nachweisen.

Ein Parameter, der bei nahezu jeder Grundwasseruntersuchung erfasst wird, aber selten als Einzelparameter bewertet wird, ist die Temperatur. Das liegt daran, dass für die Temperatur keine Grenz- oder Leitwerte existieren. Das ist insofern überraschend, als dass die Temperatur des Grundwassers einen erheblichen Einfluss auf den Ablauf von chemischen und biologischen Prozessen und somit auf den Lebensraum Grundwasser hat. Boden und flaches Grundwasser tauschen kontinuierlich Wärme mit der Erdoberfläche aus, so dass bei der Grundwasserneubildung zunächst die Wärme zum Zeitpunkt der Neubildung im Grundwasser gespeichert wird. Als Ergebnis unterliegen die Temperaturen im flachen Grundwasser saisonalen Schwankungen, die mit zunehmender Tiefe abnehmen. In besiedelten Gebieten werden die Temperaturen des Grundwassers zusätzlich auf verschiedene Art und Weise durch menschliche Einflüsse verändert. Befestigte Oberflächen (Pflastersteine oder Asphalt) haben eine deutlich höhere Durchschnittstemperatur als vegetationsfreie oder bewachsene Böden. Die Wärme, die von befestigten Erdoberflächen ausgeht, reicht aus, um die Temperatur des darunter liegenden Grundwassers zu beeinflussen. Weiterhin existieren Hinweise auf punktuelle Wärmequellen in besiedelten Gebieten, die zu einer lokal begrenzten Erwärmung des Bodens und damit des Grundwassers führen können. Solche „Wärmeinseln“ wurden in vielen deutschen Großstädten gefunden und sind auf den Wärmeaustrag von Kellern oder Tiefgaragen, schlecht isolierten Wärmekraftwerken oder die geothermische Nutzung des Grundwassers (als Kühlwasser) zurückzuführen. Oft finden sich daher die höchsten Temperaturen im Stadtzentrum. Die Verstädterung führt daher zunehmend zu einer erhöhten Durchschnittstemperatur im Grundwasser im Vergleich zum natürlichen Temperaturhaushalt. Der Klimawandel hat ebenfalls einen Effekt auf die Temperaturen des Grundwassers. Mit steigenden Temperaturen an der Erdoberfläche sind auch steigende Temperaturen im Grundwasser zu erwarten.

Auch in Hannover ist der Effekt der Wärmeinsel Stadt nachzuweisen. Vor allem in den Bereichen Mitte und Nordwesten sind die Grundwassertemperaturen deutlich höher als in den ländlichen Bereichen im Süden, aus denen das Grundwasser ins Stadtgebiet strömt. In 2017 wurden Temperaturen von über 14 °C im flachen Grundwasser im Bereich Stadtzentrum und im Nordwesten im Bereich des Nordhafens gemessen. Bekannt sind sogar Temperaturen von über 18 °C im Bereich der Innenstadt. Die niedrigsten Temperaturen lagen bei unterhalb von 8 °C im Südosten.

3.5 Überblick über die Grundwasserfauna in Hannover

Das Grundwasser ist der größte und älteste Lebensraum auf dem Festland, aber dennoch weitestgehend unbekannt. Deutschlandweit werden regelmäßig neue Tierarten im Grundwasser entdeckt. Bekannt ist, dass sich die Grundwasserfauna in den verschiedenen Gebieten Deutschlands erheblich voneinander unterscheidet. In Süddeutschland ist das Grundwasser artenreich besiedelt. Seit Jahrmillionen leben die Tiere dort im Untergrund und haben sich kaum ausgebreitet. Ganz anders in Norddeutschland: Hier bedeckten während der letzten Million Jahre in mindestens vier großen Eiszeiten riesige Inlandeismassen für Jahrtausende das Land. Fast alles Leben wurde darunter vernichtet. Nach dem Ende der Eiszeit vor 12.000 Jahren wurde das Grundwasser Norddeutschlands nur teilweise wiederbesiedelt. Die Tierwelt des norddeutschen Grundwassers gilt deshalb bis heute als verarmt.

In 2017 wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Koblenz-Landau erstmals eine Übersichtsuntersuchung der im Grundwasser von Hannover lebenden Tiere (der Grundwasserfauna) durchgeführt. Ziel war die Erfassung der Lebensgemeinschaften im Grundwasser auf Großgruppenniveau (zum Beispiel Krebse, Muscheln) und die Überprüfung, inwieweit in Hannover ein biologisches Grundwassermonitoring möglich wäre. Es wurden faunistische Proben aus 49 Grundwassermessstellen entnommen, die einen Sauerstoffgehalt von mindestens ein Milligramm pro Liter aufweisen.



Entnahme einer Probe zur Untersuchung der Grundwasserfauna in der Innenstadt von Hannover durch Lena Scheidhauer von der Universität Koblenz – Landau



© LHH

Pressetermin anlässlich der Förderung der Grundwasserfaunauntersuchung mit Jens Bratherig (Sparkasse Hannover), Dr. Hans Jürgen Hahn (Universität Koblenz – Landau) und der Wirtschafts- und Umweldozernentin Sabine Tegtmeyer-Dette

Die Untersuchungen haben überraschende Ergebnisse geliefert. Anders als erwartet, wurden in 40 der untersuchten Grundwassermessstellen insgesamt über 1.800 mehrzellige Tiere gefunden. Der überwiegende Teil dieser Tiere gehört der Gruppe der Kreb-

stiere (Crustacea) an. Gefunden wurden hauptsächlich Hüpferlinge, aber auch Raupenhüpferlinge, Wasserflöhe und Muschelkrebse. Vor allem im Südwesten und Südosten des Stadtgebietes reichen Festgesteine relativ nah an die Oberfläche heran. Hier wurde eine arten- und individuenreiche Fauna angetroffen, die vergleichbar mit der aus Mittelgebirgen ist. Als besonders interessant stufen die Forscher*innen den Fund von höheren Krebsen, vor allem des Flohkrebse *Niphargus aquilex*, und den Erstnachweis von Brunnenkrebse (hier: *Bathynella natans*) in der norddeutschen Tiefebene ein. Nachgewiesen werden konnte außerdem eine echte Grundwasserassel, *Proasellus cavaticus*. Brunnenkrebse sind als lebende Fossilien zu betrachten, denn sie überdauern bereits seit 300 Millionen Jahren im Grundwasser.

Im Norden des Stadtgebietes, in dem sauerstoffarme Grundwässer vorherrschen, wurden generell weniger Individuen gefunden. Hier ist die Fauna verarmt und es finden sich hauptsächlich unterschiedliche Gruppen von Würmern. Insgesamt spiegelt sich in der Grundwasserfauna der Übergang vom Mittelgebirge in die norddeutsche Tiefebene wider.

Im Oktober und November 2018 wurden weitere Grundwassermessstellen beprobt. Die Ergebnisse der faunistischen Untersuchungen lagen zur Drucklegung noch nicht vor.

4 Bewertung und Ausblick

4.1 Bestandsaufnahme

Das kommunale Grundwassermonitoring der Landeshauptstadt Hannover wird seit dem Frühjahr 2003 durchgeführt. Die mittlerweile elf Untersuchungskampagnen an 73 Messstellen erlauben inzwischen nicht nur eine Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität, sondern lassen auch Verteilungsmuster und Zusammenhänge erkennen.

Von den nachvollziehbar auf menschlichen Einfluss zurückzuführenden Stoffen sind eine ganze Reihe xenobiotischer Substanzen die relevantesten Parameter. Zu ihnen gehören neben den Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten vor allem Weichmacher wie Alkylphenole und Phthalate. Letztere können sowohl aus diffusen Einträgen aus der Landwirtschaft (zum Beispiel Klärschlamm) als auch aus Abwässern stammen.

Bezeichnend ist auch der Nachweis von Arzneimitteln im Grundwasser. Er veranschaulicht vor allem, dass sich gerade in einem Ballungsraum nahezu alle in größeren Mengen umgesetzten Substanzen, die sich nur langsam abbauen, im Grundwasser wiederfinden. Auch Hormone, Zytostatika und Antibiotika sowie Antidepressiva, Nahrungsergänzungsmittel und Röntgenkontrastmittel wurden andernorts bereits in Oberflächengewässern und im Grundwasser gefunden. Die langfristigen Auswirkungen der entstehenden Stoffansammlung in unserem Grundwasser sind gegenwärtig nicht absehbar.

Insgesamt gewinnt die Thematik der diffusen Stoffeinträge in das Grundwasser an Bedeutung und ist auch vor dem Hintergrund der Prognosen für den klimatischen Wandel in Norddeutschland und der damit verbundenen Veränderungen im Wasserhaushalt weiter kritisch zu beobachten.

Die jetzt gesammelten Daten stellen eine Bestandsaufnahme dar, die zum Vergleich mit künftigen Untersuchungen herangezogen werden kann. Sie bilden auch eine Grundlage um zu dokumentieren, inwieweit die von der EG-Wasserrahmenrichtlinie und der EG-Grundwasserrichtlinie geforderte Trendumkehr hinsichtlich der Wasserqualität in den nächsten Jahren erreicht wird.

4.2 Die neuen Problemstoffe

Die in den letzten drei Jahren vorgenommenen Untersuchungen auf endokrin wirksame Stoffe und andere Xenobiotika zeigen, dass die neuen Problemstoffe – also Stoffe, die in den letzten Jahren bzw. zwei Jahrzehnten verstärkt produziert und eingesetzt werden – schon jetzt in unserem Grundwasser signifikant vorhanden sind. Das kommunale Grundwassermonitoring berücksichtigt daher neben den klassischen Schadstoffen aus dem Altlastensektor zunehmend die „neuen“ Stoffgruppen. Es handelt sich dabei nicht nur um künstliche Substanzen, die ubiquitär, das heißt weltweit, über die Atmosphäre verteilt werden und mit den Niederschlägen in Oberflächengewässern und Trinkwasserreservoirs gelangen. Für den städtischen Bereich sind vor allem die hormonell wirkenden Chemikalien und Arzneistoffe zu betrachten, die sich immer häufiger in Oberflächengewässern nachweisen lassen, weil sie kaum in Kläranlagen zurückgehalten werden.

Bereits das Beispiel der Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte zeigte im Herbst 2003, dass „neue“ Substanzen wie Glyphosat beziehungsweise das Abbauprodukt AMPA sehr viel weiter verbreitet sind, als die „herkömmlichen“ Pestizide, die in vielen bisherigen Untersuchungsprogrammen analysiert wurden.

Ein in die Zukunft gerichtetes Monitoring erfordert grundsätzlich auch die Einbeziehung von Stoffen, die erst jetzt als „Umweltschadstoff“ in Erscheinung treten. – Der Parameterumfang der Untersuchungen ist daher immer wieder den neuen Erkenntnissen anzupassen.

Ein Thema, das zunehmend in den Fokus gerät, ist die Umweltbelastung durch Mikropartikel (häufig als Mikroplastik bezeichnet). Darunter sind sehr kleine Kunststoffteilchen zu verstehen, die in der Regel eine Mindestgröße von 1 beziehungsweise 5 µm aufweisen. Der Eintrag von Mikropartikeln in die Umwelt kann auf verschiedensten Wegen erfolgen: Abrieb von Autoreifen, Entsorgen von Kunststoffteilen oder Verpackungsmaterial in der Natur, wo diese Abfälle im Laufe der Zeit mechanisch zerkleinert werden, oder auch der Eintrag über Abwasser (zum Beispiel Waschwasser von Kleidung aus Kunstfasern, Kosmetikprodukte). Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, dass Mikropartikel in Oberflächengewässern vorkommen. Umfassende Untersuchungen bezüglich einer möglichen Grundwasserbelastung liegen aktuell nicht vor. Derzeit laufen verschiedene Forschungsvorhaben unter anderem zu den Themen Analytik und Bewertung von Mikropartikeln. Die Umweltminister*innen der Länder haben die Bundesregierung im Rahmen der Umweltministerkonferenz im Juni 2018 gebeten, „die Forschungen zur Gesundheitsauswirkung von Mikroplastik auf den Menschen und Auswirkungen auf das Ökosystem verstärkt weiterzu-

führen“. Die Ergänzung des Untersuchungsumfangs für das Grundwassermonitoring auf den Parameter Mikro-partikel ist nach Vorlage und Auswertung weiterer Daten und Forschungsergebnisse zu prüfen.

4.3 Monitoring ist eine Langzeitaufgabe

Das Grundwassermonitoring ist als Werkzeug der Umweltplanung auf Langfristigkeit angelegt. Dies gilt umso mehr vor dem Hintergrund des Klimawandels. Innerhalb eines definierten Rahmens lassen sich durch zeitlich aufeinander folgende Untersuchungsschwerpunkte mit überschaubarem Aufwand Langzeitbeobachtungen durchführen. Die bisherigen Kampagnen haben gezeigt, dass die hydrochemischen Grundparameter und damit auch die Charakterisierung der Grundwassertypen keiner signifikanten Veränderung unterliegen. Erwartungsgemäß erweisen sich die gegen gesteuerten Verhältnisse insgesamt als beständig. So ist es zum Beispiel nicht zwingend erforderlich und auch nicht verhältnismäßig, für alle relevanten Parameter in jährlichem Abstand Untersuchungen durchzuführen.

Durch die Berücksichtigung neuer Stoffgruppen haben sich die Parameterumfänge erheblich erweitert. Für ein langfristiges Monitoring werden daher bei zweijährlichen Beprobungen alternierend unterschiedliche Parameter analysiert. Auf diese Weise können die Untersuchungsintervalle für einzelne Stoffgruppen ohne weiteres zwei bis fünf Jahre oder mehr betragen.

4.4 Entwicklungsmöglichkeiten des Messnetzes

Das jetzt eingerichtete Grundmessnetz dient der übersichtswisen Beobachtung der Grundwasserqualität. Die hier gewonnenen Daten sollten aber auch zu den Befunden im Bereich von Grundwasserbelastungen in Beziehung gesetzt werden. Die entsprechenden Daten fallen häufig im Zusammenhang mit schadensfallbezogenen Erkundungs-, Sanierungs- und Überwachungsmaßnahmen an. Dies gilt ebenso für das Monitoring von Altablagerungen und Deponien. Darüber hinaus wird das System der Trinkwassernotbrunnen analytisch überwacht. Hier können durch und für das kommunale Grundwassermonitoring Synergien genutzt werden. In Sondermessnetzen können lokale beziehungsweise schadensfallbezogene Daten zusammengefasst werden. Sondermessnetze können nicht nur räumlich sondern auch zeitlich oder im Hinblick auf den Parameterumfang eng definiert werden.

Beispiel für ein thematisches Sondermessnetz ist die exemplarische Untersuchung zweier Kleingartenkolonien in Bezug auf Einträge von Nährstoffen sowie Pflanzenschutz- und -behandlungsmitteln, die in 2011 durchgeführt wurde.

Die Landeshauptstadt Hannover erarbeitet aktuell die Grundlagen für ein ergänzendes biologisches Grundwassermonitoring. Die Ergebnisse der 2017 durchgeführten Untersuchungen der Grundwasserfauna zeigen deutlich, dass in Hannover eine biologische Überwachung der Grundwasserqualität möglich ist. Biologische Grundwasseruntersuchungen, vergleichbar mit Untersuchungen, die schon seit Langem in Oberflächengewässern durchgeführt werden, sind als wichtige Ergänzung zu den bisher durchgeführten chemisch-physikalischen Untersuchungen zu betrachten. Chemisch-physikalische Untersuchungen beschreiben jeweils den Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt und geben Aufschluss über die untersuchten Stoffe bzw. physikalischen Parameter wie die Grundwassertemperatur. Die Grundwasserfauna bietet den Vorteil, dass sie über ihre gesamte Lebensspanne dem gesamten im Grundwasser vorhandenen Stoffspektrum ausgesetzt ist und von daher einen wesentlich empfindlicheren Qualitätszeiger darstellt.

4.5 Das lange Gedächtnis des Grundwassers

Mit dem Grundmessnetz ist das tragende Element des kommunalen Grundwassermonitorings in Hannover eingerichtet und liefert seit Jahren stimmige Befunde. Es bildet die Datengrundlage für Entscheidungen zum vorsorgenden Grundwasserschutz und zur Minimierung der urbanen Einflüsse auf das Grundwasser.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass praktisch in allen Messstellen eine mehr oder weniger geringfügige anthropogene Beeinflussung vorliegt. Eine regelmäßige und flächenhafte Untersuchung des Grundwassers wird die langfristige Entwicklung der Grundwasserqualität und die Richtung von Trends erkennbar machen. Die Auswirkungen der städtischen Entwicklung auf die Qualität des Grundwassers lassen sich damit beschreiben. Wird berücksichtigt, dass die Selbstreinigungskräfte des Grundwassers je nach Art des Stoffeintrags Jahre bis Jahrhunderte an Zeit benötigen, um eine Verunreinigung abzubauen, so muss früh eingegriffen werden, wenn eine zunehmende Verunreinigung durch eine ansteigende Zahl von xenobiotischen Stoffen verhindert werden soll.

Nach den vorliegenden Prognosen zur klimatischen Entwicklung sowie den ersten Ergebnissen zur Bestandsaufnahme nach den Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie und der im Dezember 2006 in Kraft getretenen EG-Grundwasserrichtlinie ist ein sorgfältiges Wirtschaften mit der Ressource Grundwasser wichtiger denn je.

Aber auch das Grundwasser als Lebensraum soll mehr in den Fokus genommen werden. Denn vor allem die im Grundwasser lebenden Organismen stellen das Gedächtnis für eingetragene Belastungen und Änderungen wie beispielsweise der Grundwassertemperatur dar.

4.6 Verantwortliches Handeln

Das Grundwasser ist die Süßwasserreserve für künftige Generationen. Wie die letzten Sommer – insbesondere der des Jahres 2018 - gezeigt haben, kann sie vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen unerwartet rasch zusätzliche Bedeutung bekommen.

Die Trinkwasserversorgung der Landeshauptstadt Hannover wird nicht aus dem Grundwasser des Stadtgebietes gedeckt, weil der dafür notwendige Grundwasserschutz im ländlichen Raum eher sicher zu stellen ist. Trotzdem gibt es viele Grundwassernutzer*innen, die auf eine einwandfreie Qualität des geförderten Wassers angewiesen sind. Das sind unter anderem Brauereien ebenso wie Gärtner*innen. Das Interesse an einer Nutzung des Grundwassers wird in den nächsten Jahren und Jahrzehnten mit den prognostizierten trockenen Sommern weiter steigen.

Unabhängig von der gesetzlichen Pflicht zum Grundwasserschutz haben die Landeshauptstadt und ihre Einwohner*innen gegenüber diesen Nutzer*innen und den Gemeinden im Grundwasserabstrom eine besondere Verpflichtung, die Qualität des Grundwassers zu erhalten und zu verbessern.



TEIL III: VORSTELLUNG AUSGEWÄHLTER PARAMETER

Die Ergebnisse des Monitorings werden nachfolgend anhand einiger exemplarischer Parameter veranschaulicht. Die Darstellungen zeigen Verteilungskarten, die mit Hilfe eines Geoinformationssystems erstellt wurden. Um die räumlichen Strukturen und Zusammenhänge deutlich zu machen, werden interpolierte Linien gleicher Konzentrationen bzw. Werte in farbiger Abstufung abgebildet. Sie dienen der leichteren Übersicht und geben die Situation vor Ort nur näherungsweise an. Sie können daher nicht zur Bestimmung lokaler Standortinformationen genutzt werden.

Sauerstoff

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff kann im Grundwasser stark variieren. Sauerstoff wird vor allem mit dem versickernden Niederschlag in das Grundwasser eingebracht. Dort kann er durch mikrobielle Prozesse verbraucht werden. Am höchsten ist der Anteil des gelösten Sauerstoffs in Karst- und Klufftgrundwasserleitern. In Terrassenablagerungen und Schmelzwassersanden ist der Sauerstoffgehalt zunächst noch relativ hoch, kann sich aber verringern, wenn beispielsweise organische Ablagerungen und Torfe in die Abfolge eingeschaltet sind. Auch niedrige Flurabstände und staunasse Böden haben in der Regel eine geringe Sauerstoffkonzentration im Grundwasser zur Folge, da die Sättigung des Bodens mit Wasser die Sauerstoffzufuhr stark reduziert.

Ein abnehmender Sauerstoffgehalt kann aber auch ein Anzeichen für den Abbau von organischen Verunreinigungen des Grundwassers sein. Beispiele hierfür sind

Mineralölschäden aber auch mögliche diffuse Einträge von Abwasser.

Im größten Teil des Stadtgebietes von Hannover ist der Sauerstoffgehalt ausgesprochen gering und liegt in einer Größenordnung von zehn Prozent der möglichen Sättigung, die bei etwa 10 Milligramm pro Liter liegt.

Die Verteilung der Sauerstoffkonzentrationen im Stadtgebiet (Abbildung 14) veranschaulicht, dass sich die geringsten Sauerstoffkonzentrationen über die Leineau im Süden mit kleineren Ausnahmen bis in die Mitte Hannovers und vor allem den Osten und Norden erstreckt. Die Zone folgt letztlich nach Nordwesten dem Abfluss der Leine. Bereiche mit hohen Sauerstoffkonzentrationen liegen in den stärker durch die Grundwasserneubildung geprägten südöstlichen (Kronsberg) und südwestlichen Gebieten (Ricklingen). Vor allem im Bereich des Kronsberges erklärt sich die hohe Konzentration durch die dortigen Kluff- und Karstgrundwasserleiter.

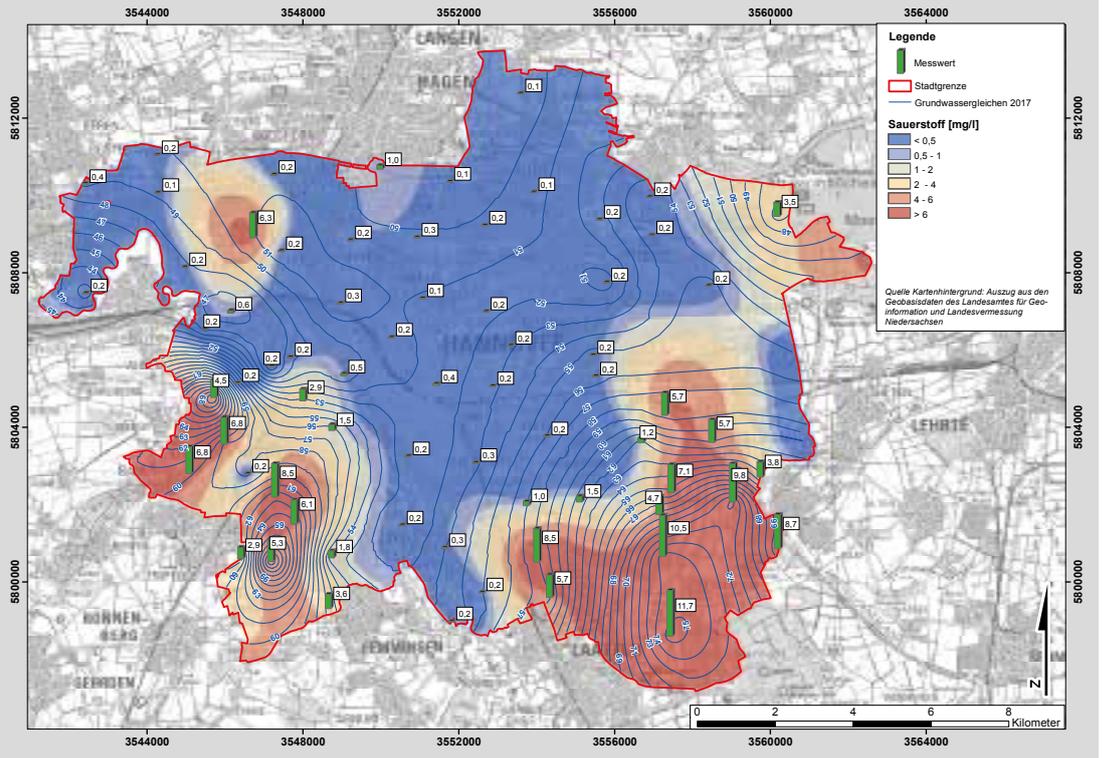


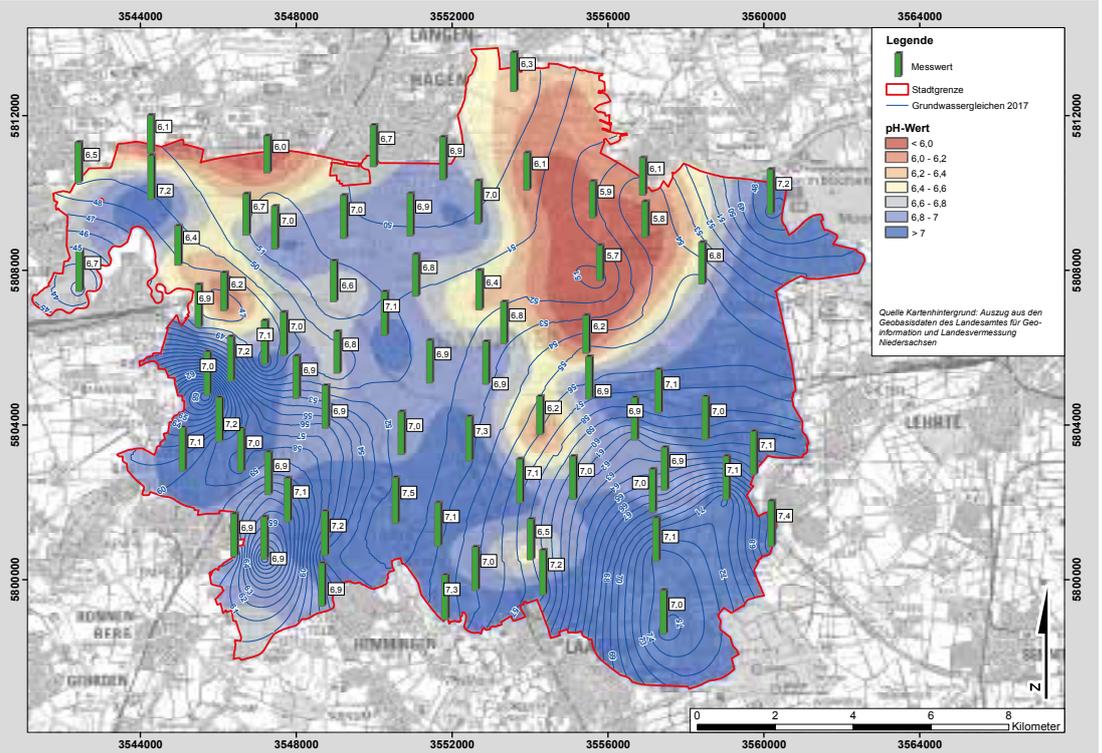
ABBILDUNG 14: Sauerstoffkonzentrationen im Stadtgebiet von Hannover. Daten: Grundwassermonitoring 2017 (IWW GmbH)

pH-Wert

Der pH-Wert ist ein Basisparameter, anhand dessen sich viele Informationen ablesen lassen. Je niedriger der pH-Wert ist, desto mehr steigt die Möglichkeit, dass Schwermetalle in Lösung gehen. Auch ist an sauren Standorten, also an solchen mit niedrigen pH-Werten, in der Regel eine deutlich geringere Artenvielfalt zu finden, da für viele Organismen ein neutraler pH-Wert das ideale Milieu darstellt.

Der pH-Wert eines Grundwassers ist die Folge von einer Vielzahl von Einflussfaktoren im Grundwasserleiter. Einer der wichtigsten Faktoren ist die Puffereigenschaft des Grundwasserleiters. Diese wird hauptsächlich durch karbonatische Minerale (vereinfacht „Kalk“) bestimmt. Regen, der natürlicherweise einen leicht sauren pH-Wert aufweist, versickert im Boden. Mikroorganismen und Pflanzen produzieren zusätzliche Säuren, die den pH-Wert des versickernden Regenwassers im Boden weiter herabsetzen, wenn im Boden und/oder Grundwasserleiter keine karbonatischen Minerale vorkommen. Sind hingegen karbonatische Minerale vorhanden,

ABBILDUNG 15: pH-Werte im Stadtgebiet von Hannover. Daten: Grundwassermonitoring 2017 (IWW GmbH)



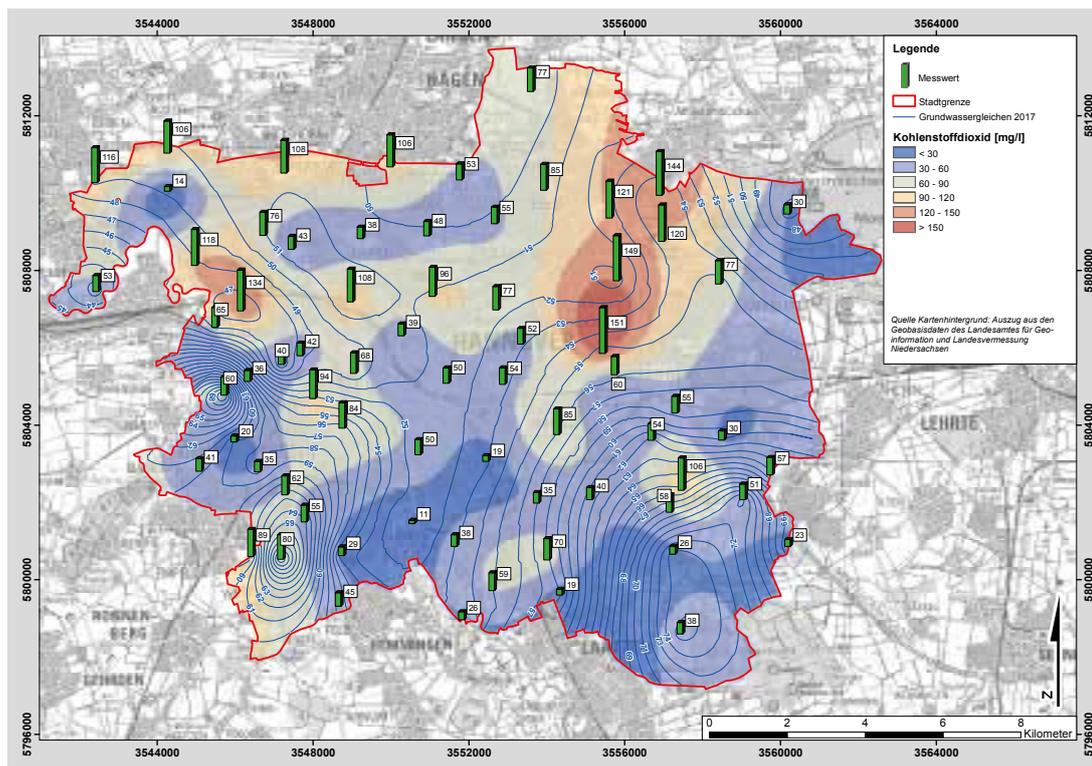


ABBILDUNG 16: Beton-aggressive Kohlen-säure im Stadtgebiet von Hannover. Daten: Grundwassermonitoring 2017. (IWW GmbH)

so werden die Säuren neutralisiert und der pH-Wert bleibt stabil.

Die pH-Werte im hannoverschen Stadtgebiet spiegeln im Wesentlichen die Verteilung des Kalkgehaltes der Böden wider. Während im Süden und in der Mitte Hannovers eher neutrale Wässer vorliegen, herrschen im Norden schwach saure bis saure Wässer vor. Hier haben sich nach der letzten Kaltzeit Böden gebildet, die nur wenig Kalk enthalten und daher ein geringes Puffervermögen gegenüber Säure haben (Abbildung 15).

Kohlensäure

Ein Teil der niedrigen pH-Werte im hannoverschen Stadtgebiet wird durch das Vorhandensein von Kohlen-säure bestimmt. In städtischem Grundwasser ist eine Form der Kohlen-säure, nämlich die beton-aggressive Kohlen-säure, von besonderem Interesse. Denn die Betonaggressivität von Grundwasser ist ein wichtiges Kriterium bei der Errichtung von Bauwerken. Kalkaggressiv oder betonaggressiv wird der Anteil der Kohlen-säure an der gesamten im Grundwasser vorkommenden Kohlen-säure genannt, der nicht zur Erhaltung des Kalk-Kohlen-säure-Gleichgewicht beiträgt. Das bedeutet vereinfacht gesagt, dass sich ein Anteil an Kohlen-säure im Wasser befindet, der (noch) nicht mit Kalkmineralen reagiert hat. Beton-aggressives Grundwasser könnte also zur Lösung der kalkhaltigen Bestandteile im Beton beitragen, sobald es damit in Kontakt kommt.

Das Vorkommen von solchen Grundwässern im Stadtgebiet Hannover ist daher erwartungsgemäß an die Verbreitung von kalkarmen Böden im Norden gebunden. In diesen Bereichen hat Kohlen-säure, die frei wird, keine Möglichkeit mit Kalk zu reagieren. Dadurch sinkt der pH-Wert und der Anteil an kalk-aggressiver Kohlen-säure steigt. Damit sind die Bereiche mit niedrigen pH-Werten weitestgehend gleichbedeutend mit den Bereichen, in denen hohe Konzentrationen an freier Kohlen-säure vorkommen (Abbildung 16).

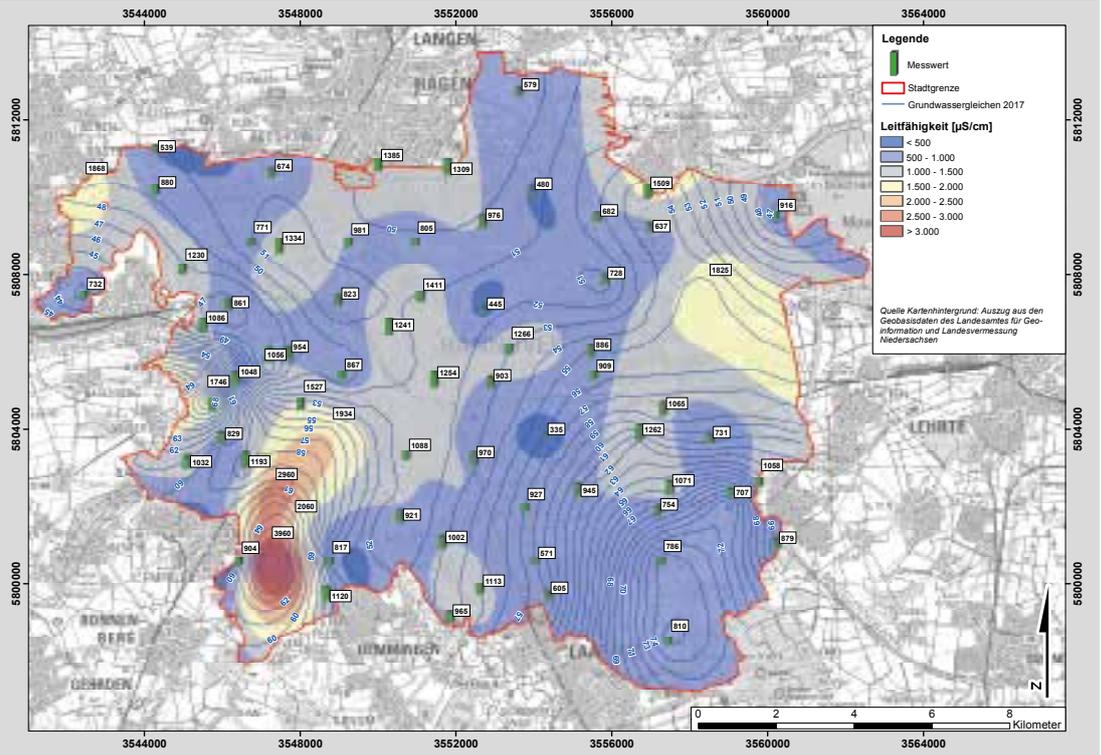


ABBILDUNG 17: Leitfähigkeiten im Stadtgebiet von Hannover. Daten: Grundwassermonitoring 2017. (IWW GmbH)

Mineralisierung des Grundwassers

Unter der Mineralisierung eines Grundwassers werden die Anteile an Hauptinhaltsstoffen wie Calcium, Magnesium, Chlorid oder Hydrogencarbonat verstanden. Der Mineral- oder Salzgehalt im Grundwasser wird in seiner Gesamtheit durch die elektrische Leitfähigkeit beschrieben. Regenwasser hat in der Regel eine sehr geringe Leitfähigkeit. Hohe Leitfähigkeiten können aufgrund von geogen bedingten hohen Mineral- bzw. Salzgehalten vorhanden sein. Sie können aber auch durch Einträge von belasteten Sicker- oder Abwässern entstehen. Einen Beitrag zum Salzeintrag ins Grundwasser liefert auch das im Winter eingesetzte Streusalz.

Die Karte der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit veranschaulicht die Lage der Gebiete mit einer Grundwasserbeeinflussung durch natürliche salzhaltige Gesteine im Südwesten. Die Lösung dieser Gesteine beeinflusst die Leitfähigkeiten deutlich mehr als die Salzeinträge aus der Siedlungsfläche (Abbildung 17).

Gesamtstickstoff

Stickstoff ist unter natürlichen Bedingungen allenfalls in sehr geringen Konzentrationen im Grundwasser vorhanden. Ein deutlicher Anstieg der Stickstoffkonzentrationen im Grundwasser wird seit dem Beginn des Einsatzes von Kunstdünger und der Intensivierung der Viehhaltung aus der Landwirtschaft beobachtet. Hinzu kommt die Immission aus den Abgasen beispielsweise des Verkehrs (NO_x) sowie von Ammoniak, das vor allem aus der Tierhaltung stammt. Sie führt zu Stickstoffkonzentrationen von mehreren Milligramm pro Liter im Niederschlag, die auch zu einem geringen Teil bis in das Grundwasser gelangen können.

Im städtischen Bereich wird Stickstoff zusätzlich durch haushaltstypische Aktivitäten (Düngemittelgaben in Gärten und auf Rasenflächen, undichte private und öffentliche Kanalisation sowie Tierexkremate [vorwiegend Hunde]) und weniger durch industrielle oder gewerbliche Tätigkeiten eingetragen. Damit stellen Wohnbezirke im urbanen Raum auch die potentiell größte Quelle für Stickstoff im Grundwasser dar. Außerhalb von Wohnbezirken können Parkanlagen, Sportplätze (vor allem Golfplätze) und Friedhöfe mit erhöhten Stickstoffeinträgen in Böden in Zusammenhang gebracht werden.

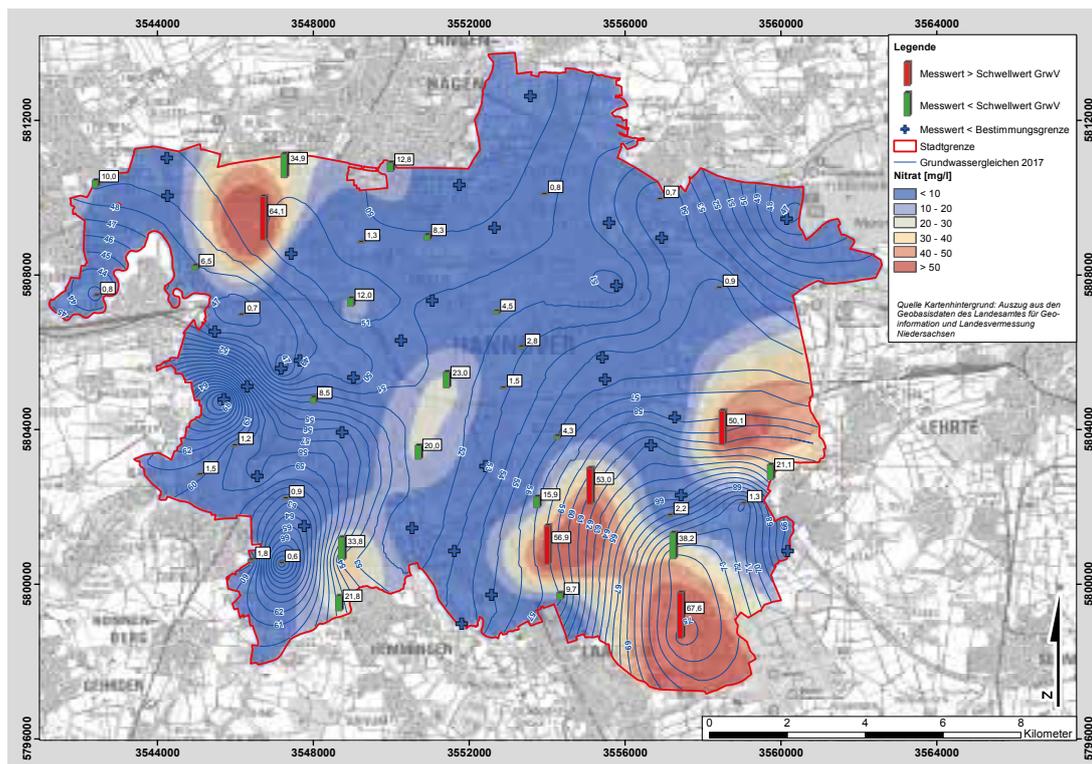


ABBILDUNG 18: Nitratkonzentrationen im Stadtgebiet von Hannover. Daten: Grundwassermonitoring 2017. (IWW GmbH)

Nitrat und Ammonium

Von den verschiedenen chemischen Formen, in denen Stickstoff im Grundwasser vorkommen kann, hat vor allem das Nitrat in Niedersachsen als Thema eine gewisse Bedeutung erlangt, da einige Grundwasserleiter nicht selten Nitratkonzentrationen aufweisen, die über den Schwellenwert der Grundwasserverordnung hinausgehen. Das hat dazu geführt, dass der chemische Zustand in fast der Hälfte der Grundwasserkörper in Niedersachsen als „schlecht“ eingestuft wurde. Auch im Stadtgebiet Hannover finden sich Messstellen mit hohen Nitratwerten, die teils über dem Schwellenwert der Grundwasserverordnung liegen. Die meisten der auffälligen Messstellen kommen im südlichen Teil im Bereich des Kronsbergs vor, der teilweise noch intensiv landwirtschaftlich genutzt wird. Die dort anstehenden Kalkmergel und Kalksteine stellen aufgrund ihrer Klüftigkeit gleichzeitig einen Grundwasserleiter mit geringem Filtervermögen dar, so dass Nitrat aus der Düngung direkt in das Grundwasser gelangen kann. Auch südlich von Ricklingen werden immer wieder höhere Nitratkonzentrationen festgestellt (Abbildung 18).

Im Norden, vor allem im Nordosten sinkt die Konzentration von Nitrat teils bis unter die Bestimmungsgrenze. Hier wird das Nitrat unter natürlichen Bedingungen durch mikrobiologische Prozesse umgewandelt.

Eine umgekehrte Verteilung zeigen die Messwerte für Ammonium. Ammonium stammt aus der Zersetzung von organischem Material. Hohe Werte können also auf hohe Gehalte organischer Substanzen im Untergrund hindeuten wie ehemalige Moorstandorte oder auch hohe Abwassereinträge aus undichter Kanalisation.

Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW)

Im Bereich des Stadtgebietes von Hannover kam es im letzten Jahrhundert an verschiedenen Stellen zu Einträgen von LCKW in das Grundwasser. Diese Stoffe, die zum Beispiel auch heute noch in chemischen Reinigungen eingesetzt werden, wurden vor allem in vielen Bereichen der Metallverarbeitung zur Entfettung benutzt. Der bekannteste LCKW-Schaden entstand durch den Chemikalienhandel Kertess in der Südstadt. Er führte zu einer großräumigen Verunreinigung des Grundwassers im Südstadtgebiet, die durch den damaligen U-Bahnbau und die damit verbundenen Grundwasserabsenkungen noch verstärkt wurde. Der Hauptschadensbereich wurde über mehrere Jahre aktiv saniert. Seit Beendigung der Sanierung wird die natürlich ablaufende Selbstreinigung des Grundwassers überwacht. Die Überwachungsintervalle konnten zwischenzeitlich auf einen Fünf-Jahres-Rhythmus reduziert werden.

Bei der Analyse auf leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe wurden insgesamt elf Einzelsubstanzen bestimmt. Es handelt sich einerseits um die sechs wichtigsten Ausgangssubstanzen wie zum Beispiel Tetrachlorethen, Trichlorethen, 1,1,1-Trichlorethan, Dichlormethan, Trichlormethan (Chloroform) und Tetrachlormethan sowie ihre wesentlichen Abbauprodukte. Als erwiesenermaßen krebserregend sind dabei 1,2-Dichlorethan, Tetrachlormethan und Vinylchlorid eingestuft.

Das Grundmessnetz berücksichtigt bewusst keine Messstellen, die zur Überwachung von einzelnen Schadensfällen im Stadtgebiet verwendet werden. Vor diesem Hintergrund sind die übersichtswisen Untersuchungen im Rahmen des Grundwassermonitorings

von besonderer Bedeutung, da mit ihrer Hilfe geprüft werden kann, inwieweit sich die lokalen Schäden auf den Gesamtzustand des Grundwassers auswirken.

Wie die Untersuchungsergebnisse aller bisherigen Probenahmen zeigen, spielen die LCKW im Rahmen der diffusen Hintergrundbelastung eine untergeordnete Rolle. Sie sind tatsächlich im Wesentlichen auf die lokalen Schäden mit einer geringen Verbreitung in der Fläche begrenzt. Allerdings ist die geringe Auswirkung der LCKW-Schäden auf die generelle Beschaffenheit des Grundwassers nicht zuletzt auf die zahlreichen Sanierungen von solchen Verunreinigungen zurückzuführen.

Da in vielen Fällen nur die Beseitigung der Hauptkontaminationen möglich ist, müssen die LCKW aber weiterhin wesentlicher Bestandteil des Monitorings bleiben.

Arzneimittel

Im Grundwasser unter vielen Städten findet man Rückstände von Arzneimitteln und deren Abbauprodukte. Humanpharmaka kommen im Wesentlichen über Abwässer in Oberflächengewässer gelangen aber auch in das Grundwasser. Bevorzugte Pfade für die Einträge in das Grundwasser sind Leckagen in Abwasserleitungen, die Ableitungen aus Kläranlagen und die Versickerungen über Rieselfeldern.

Zu den bereits andernorts im Grundwasser nachgewiesenen Human-Pharmaka zählen Clofibrinsäure (Lipidsenker), Diclofenac und Ibuprofen (Antirheumatika/Analgetika), Metoprolol (Betablocker), Iomeprol und Iopamidol (Kontrastmittel), Antibiotika wie Sulfamethoxazol und Oxytetracyclin und die Analgetika Phenazon und Propiphenazon. Diese Arzneimittel wurden im Laufe des Grundwassermonitorings über die Jahre hinweg mehrmals im Stadtgebiet untersucht.

Die Analysen ergaben Nachweise mit unterschiedlichen Häufigkeiten. Oft sind die Wirkstoffe in weniger als zehn Prozent der untersuchten Messstellen bzw. gar nicht gefunden worden. Positive Befunde sind tendenziell eher im oberflächennahen Grundwasser gemacht worden. Die Substanz Ibuprofen wurden zum Beispiel nur in drei flach ausgebauten Messstellen angetroffen, die das oberflächennahe Grundwasser erfassen. Ähnliches ist für Diclofenac beobachtet worden. Mit Ausnahme von zwei Oxytetracyclinbefunden sind bisher keine Antibiotika nachgewiesen worden. Sehr selten werden die Wirkstoffe wiederholt in derselben Messstelle gefunden. Insgesamt treten die Nachweise eher unsystematisch auf und verteilen sich über das gesamte Stadtgebiet. Das lässt auf unspezifische Quellen wie zum Beispiel undichte Abwasserleitungen schließen.

Für die Beurteilung von Pharmaka im Grundwasser gibt es derzeit noch keine Grenzwerte in der Grundwasserverordnung. Als Referenz kann ein Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen aus anderen Städten dienen. Dieser zeigt, dass die Größenordnung der Befunde in

Hannover mit der Größenordnung übereinstimmt, die im Grundwasser von Städten wie Rastatt, Linz oder Barcelona gemacht werden. Das Vorkommen von pharmazeutischen Wirkstoffen im Grundwasser unter Städten scheint also ein allgemeines Phänomen zu sein, das einer konsequenten zukünftigen Überwachung bedarf.

Endokrin wirksame Substanzen

Im Rahmen des Grundwassermonitorings wurde im Herbst 2004 erstmals auch auf solche xenobiotischen Stoffe untersucht, die im Verdacht stehen, störend in das Hormonsystem von Menschen oder Tieren einzugreifen. Es handelt sich um endokrin wirksame Substanzen (EWS), also Stoffe mit hormonähnlicher Wirkung, die auch als Xenööstrogene bezeichnet werden. Sie sind im Wesentlichen in Schiffsanstrichen, Pflanzenschutz- und -behandlungsmitteln, in Kunststoffen, PVC-Weichmachern und Industriereinigern enthalten.

Viele dieser Stoffe sind ubiquitär, also bereits überall in unserer Umwelt vorhanden. Da sie meist eine geringe Toxizität besitzen, waren sie lange Zeit als relativ ungefährlich eingestuft worden. Die zunehmende Verbreitung, ihr geringer Abbau im Untergrund und die meist niedrigen Wirkschwellen endokrin wirksamer Substanzen machen ihre zunehmende Verbreitung langfristig zu einer Gefahr. Die Untersuchung auf EWS ist daher vor allem vor dem Hintergrund eines langfristigen vorsorgenden Monitorings und Umweltschutzes zu sehen. Im Rahmen des Monitorings hat sich herausgestellt, dass das technische Nonylphenol und der Weichmacher Bisphenol A am relevantesten im Stadtgebiet sind.

Weichmacher

Bisphenol A (BPA) ist eine chemische Substanz, die in einer Reihe von industriellen Produktionsprozessen ihre Anwendung findet. Die häufigste Anwendung mit über 95 % ist als Weichmacher in Kunststoff. Weiterhin findet BPA Verwendung in Klebern und Farben. BPA wirkt außerdem flammenhemmend und kommt daher in Flammenschutzmitteln vor. Die schädliche Wirkung von BPA in der Umwelt beruht auf seiner endokrinen Aktivität. Das bedeutet, dass BPA eine hormonelle Wirksamkeit auf Organismen haben kann. Bereits bei sehr geringen Konzentrationen im Bereich von einigen Nanogramm pro Liter zeigt sich zum Beispiel eine östrogene Wirkung auf Organismen.

Das Vorkommen von BPA ist im Grundwasser der Stadt Hannover wiederholt sehr punktuell dokumentiert worden. Über die Ursachen kann bisher keine eindeutige Aussage getroffen werden. Mögliche Quellen sind undichte Abwasserkanalisation, da Abwasser sehr hohe Konzentrationen aufweisen kann. Weiterhin ist die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Nutzflächen eine mögliche Eintragsquelle ins Grundwasser.

Nonylphenol

Nonylphenol wird als Sammelbezeichnung für eine große Gruppe von Substanzen verwendet, die einen chemisch sehr ähnlichen Aufbau haben. Im Rahmen des Grundwassermonitorings Hannover ist sowohl 4-n-Nonylphenol als auch technisches Nonylphenol untersucht worden.

Nonylphenole werden als Zusätze bei Pestiziden eingesetzt. Weitere Verwendung finden sie als Schmiermittel bei Motorölen, in industriellen Reinigungen und in der Vergangenheit in verschiedenen Verbraucherprodukten (Reiniger, Farbentferner, Tenside).

Einige Nonylphenole sind hormonell wirksam. Sie bewirken zum Beispiel bei männlichen Fischen eine Verweiblichung. Weiterhin wirken Nonylphenole toxisch auf viele Fischarten, im Wasser lebende wirbellose Tiere und Wasserpflanzen. Daher ist Nonylphenol in der Liste der prioritären Stoffe der EG-Wasserrahmenrichtlinie aufgeführt.

Pestizidanwendungen und die Ausbringung von Klärschlamm auf Agrarflächen wird als eine der wichtigsten Quellen für Nonylphenol in der Umwelt angesehen.

Technisches Nonylphenol ist im Rahmen des letzten Monitorings von 2017 im Stadtgebiet in Tiefen von bis zu 10 m unter der Geländeoberfläche bestimmbar gewesen. Die höchste Konzentration ist in einer Messstelle im Süden des Stadtgebiets gemessen worden. Etwa die Hälfte der Proben hatte Konzentrationen, die über der Bestimmungsgrenze lagen. Der häufige Nachweis kann auf vielfältige Quellen im Stadtgebiet hindeuten.

Pflanzenschutz- und -behandlungsmittel (PBSM)

Bei der ersten Beprobung im Herbst 2003 wurde eine Untersuchung auf 65 verschiedene PBSM durchgeführt. Die Stoffauswahl orientierte sich an der Parameterliste der Musterverordnung zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Darüber hinaus wurden aber Stoffe berücksichtigt, die erst seit einigen Jahren eingesetzt werden und noch nicht Eingang in Listen gefunden haben. Hier sind insbesondere die unter dem Produktnamen „Roundup“ und „Basta“ bekannten Totalherbizide zu erwähnen, die als Wirkstoff Glyphosat enthalten.

Die Untersuchung auf Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte hat gezeigt, dass diese Stoffe auch im Grundwasser einer Großstadt in messbaren Konzentrationen vorkommen können. In achtzehn Prozent der im Jahr 2003 beprobten Messstellen wurden PBSM-Konzentrationen oberhalb des Grenzwertes der Grundwasserverordnung 2001 festgestellt. PBSM stellen also eine relevante Komponente im Spektrum der diffusen Stoffeinträge in das Grundwasser dar.

Die laufenden Analysen illustrieren auch wie lange es dauern kann, bis sich eine gesetzliche Regulierung tatsächlich im Grundwasser bemerkbar macht. Der bis 1991 hauptsächlich im Maisanbau verwendete Wirkstoff Atrazin hinterlässt auch heute noch seine Spuren im Grundwasser von Hannover. Der tatsächliche Wirkstoff ist bei der letzten Untersuchung im Jahr 2013 mit Ausnahme einer einzelnen Messstelle nicht mehr nachgewiesen worden. Die sich aus dem durch verschiedene Prozesse gebildeten Umwandlungsprodukte von Atrazin sind allerdings immer noch vereinzelt im Grundwasser zu finden. Die Befunde zeigen, dass es nach einem Verbot für eine Substanz noch viele Jahre bis Jahrzehnte dauern kann, bis das Grundwasser frei vom Wirkstoff und den umgewandelten Resten des Wirkstoffs ist.

Das vielfach in der Öffentlichkeit diskutierte Totalherbizid Glyphosat ist bei den bisherigen Untersuchungen nur in einer Messstelle nachgewiesen worden. Das ist letztlich auf die Tatsachen zurückzuführen, dass die Mobilität in Boden und Grundwasser sehr begrenzt ist und ein schneller mikrobiologischer Abbau im Boden erfolgt. Letzterer führt zum Vorkommen von Amino-methylphosphonsäure (kurz: AMPA), einem der häufig nachgewiesenen Abbauprodukte von Glyphosat. AMPA ist deutlich mobiler in der Umwelt und wird daher mit größerer Häufigkeit in Grund- und Oberflächengewässern gefunden.

Perfluorierte Verbindungen

Perfluorierte Verbindungen sind eine Substanzklasse von organischen Verbindungen, die ausschließlich menschlichen Ursprungs sind. Sie verfügen über eine hohe Stabilität gegenüber chemischen oder thermischen Einflüssen.

Seit einiger Zeit werden per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in unterschiedlichen Umweltmedien nachgewiesen. Dazu zählen Boden, Oberflächen- und Grundwasser sowie in seltenen Fällen auch Trinkwasser. Die Befunde sind weit verbreitet und werden auch in entlegenen Regionen festgestellt. PFC zeichnen sich durch eine hohe Lebenszeit in der Umwelt aus, da sie kaum unter natürlichen Bedingungen abgebaut werden. Aufgrund der Wasserlöslichkeit können sich die Verbindungen relativ leicht in der aquatischen Umwelt verteilen. Das Umweltbundesamt schätzt das Vorkommen und die Verbreitung von PFC als kritisch ein.

PFC werden vor allem in der Produktion aufgrund ihrer wasser- und gleichfalls fettabweisenden Wirkung eingesetzt. PFC finden daher eine breite Anwendung in den Bereichen Textilien, Verpackungen, Reinigungsmittel sowie als Zusatz bei Farben und Beschichtungen. Die umweltrelevanteste Nutzung lag im Zusatz von PFC in Löschschaum zur Brandbekämpfung. Die höchsten Konzentrationen werden daher oft im Grundwasser unter Feuerübungsstandorten gemessen (häufig Flughäfen oder Militärübungsplätze), aber auch Kläranlagenab-

läufe und Grundwässer in der Nähe von Deponien zeigen hohe Werte. Das Umweltbundesamt schätzt, dass eine Freisetzung ins Abwasser und damit in die Umwelt durch den Abrieb von imprägnierten Jacken („Outdoor Textilien“) beim Waschen erfolgen kann. Perfluorierte Verbindungen zählen zu einer sehr vielfältigen Stoffgruppe von Chemikalien mit mehr als 3.000 bis heute auf dem Markt erhältlichen Stoffen. Obwohl die ersten perfluorierten Substanzen vor etwa einem halben Jahrhundert für industrielle Zwecke in größeren Mengen hergestellt wurden, findet eine gesetzliche Regulierung erst in jüngerer Zeit statt.

Von den perfluorierten Verbindungen, die im Rahmen des Grundwassermonitorings 2017 untersucht wurden, ist nur die Perfluorbutansäure (PFBA) in bestimmbar Konzentrationen im Grundwasser gefunden worden. In 33 Proben lagen die Konzentrationen in einem Bereich, der mit den laboranalytischen Möglichkeiten nachgewiesen werden kann. Die höchste Konzentration lag bei 7 Nanogramm pro Liter.

Nicht aufgeführte Hefte sind vergriffen, liegen nur noch in Ansichtsexemplaren vor und/oder sind nicht mehr aktuell.

Heft Nr.

- 42** **Maßnahmenprogramm zur Entwicklung von Landschaftsräumen**
Umsetzungszeitraum 2006 – 2010
- 43** **Das Stillgewässerprogramm**
Maßnahmen 2001 – 2006
- 44** **CO₂-Bilanz 1990/2005**
Energie- und verkehrsbedingte Emissionen
- 45** **Gewässergütekarte der Landeshauptstadt Hannover**
Erläuterungsbericht 2007
- 47** **Klima-Allianz Hannover 2020**
Klimaschutzaktionsprogramm 2008 bis 2020 für die Landeshauptstadt Hannover
- 48** **Mehr Natur in der Stadt**
Ein Programm zur Verbesserung der biologischen Vielfalt in Hannover 2009 – 2013
- 49** **Hannovers Umwelt im Städtevergleich**
- 50** **Umweltbericht 2012**
- 51** **Mehr Natur in der Stadt**
Programm zur Verbesserung der biologischen Vielfalt in Hannover 2014 – 2018
- 52** **Altlastenerkundung in Hannover**
Leitfaden zur historischen Recherche
- 53** **Leben mit dem Klimawandel – Hannover passt sich an**
Anpassungsstrategie und Maßnahmenprogramm 2012 – 2016
- 54** **Agrikulturprogramm 2017 für Hannover**
Fortschreibung des Landwirtschaftsprogramms Hannover von 1994/2001

Alle aufgeführten Hefte liegen auch digital vor und können unter www.hannover.de unter dem Suchbegriff „Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz“ heruntergeladen werden.

Bezugsadresse:

Landeshauptstadt Hannover • Fachbereich Umwelt und Stadtgrün
Arndtstraße 1 • 30167 Hannover • Telefon 0511 | 168 | 43801 • Fax 0511 | 168 | 42914
E-Mail umweltkommunikation@hannover-stadt.de

**LANDESHAUPTSTADT HANNOVER
DER OBERBÜRGERMEISTER**

**WIRTSCHAFTS- UND UMWELTDEZERNAT
FACHBEREICH UMWELT UND STADTGRÜN
BODEN- UND GRUNDWASSERSCHUTZ**

Arndtstraße 1
30167 Hannover
Telefon 0511 | 168 | 43848
Fax 0511 | 168 | 43689
67.12@hannover-stadt.de

Texte:

Dr. Guido Pelzer (Dr. Pelzer und Partner, Hildesheim)
Dr. Thomas Riedel (IWW GmbH, Mühlheim a. d. R.)
Ingrid Weitzel (Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün)

Redaktion:

Ingrid Schulz, Ingrid Weitzel

Titelfoto:

Karsten Grabow & Heide Stein

Gestaltung:

m.göke, Hannover

Druck:

Steppat Druck, Laatzen
Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Verantwortlich i. S. d. Redaktion:

Karin van Schwartzenberg

Stand:

November 2018