



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt

Amt für Umwelt und Energie

Grundwasserbericht 1993-2017

Grundwasserqualität im Kanton Basel-Stadt

Abteilung Umweltlabor





Impressum:

Herausgeber: Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt, Kanton Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie
Abteilung Umweltlabor
Hochbergerstrasse 158
Postfach, CH-4019 Basel
www.aue.bs.ch

Ansprechpartner: Jan Mazacek
Jan.Mazacek@bs.ch

Autoren: Steffi Perry, Karin Kiefer, Jan Mazacek

Abbildungen: Dominik Amrein

Titelbild: Kathrin Schulthess

Stand: Februar 2019



Inhalt

Inhalt	ii
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis	vi
1 Zusammenfassung	1
2 Bedeutung und Vorkommen des Grundwassers in Basel-Stadt	4
3 Überwachung der Grundwasserqualität	7
3.1 Bewertung der Messparameter nach Gewässerschutzverordnung	9
3.1.1 Stickstoff	10
3.1.1.1 Ammonium (NH_4^+)	10
3.1.1.2 Nitrat (NO_3^-)	13
3.1.2 Sulfat (SO_4^{2-})	16
3.1.3 Chlorid (Cl^-)	19
3.1.4 DOC (dissolved organic carbon)	21
3.1.5 Organische Pestizide am Beispiel von 2,6-Dichlorbenzamid	24
3.1.6 Monocyclische aromatische Kohlenwasserstoffe am Beispiel von Benzol	27
3.1.7 Flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (FHKW)	30
3.1.7.1 Tetrachlorethen (PER)	30
3.1.7.2 Trichlorethen (TRI)	33
3.1.8 Aliphatische Kohlenwasserstoffe	35
3.1.9 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	36
3.1.10 AOX	37
Literatur	38
Anhang	39
Anhang A: 90-Perzentilwerte Ammonium (NH_4^+) in mg N/l	40
Anhang B: 90-Perzentilwerte Nitrat (NO_3^-) in mg N/l	41
Anhang C: 90-Perzentilwerte Sulfat (SO_4^{2-}) in mg/l	42
Anhang D: 90-Perzentilwerte Chlorid (Cl^-) in mg/l	43
Anhang E: 90-Perzentilwerte DOC in mg/l	44
Anhang F: 90-Perzentilwerte 2,6-Dichlorbenzamid in $\mu\text{g/l}$	45
Anhang G: 90-Perzentilwerte Benzol in $\mu\text{g/l}$	46
Anhang H: 90-Perzentilwerte Tetrachlorethen (PER) in $\mu\text{g/l}$	47
Anhang I: 90-Perzentilwerte Trichlorethen (TRI) in $\mu\text{g/l}$	48



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kanton Basel-Stadt mit Hauptflussrichtung des Grundwassers (Pfeile).....	4
Abbildung 2: Mittelwert der kantonalen Jahrestemperatur des Grundwassers berechnet aus Temperaturdaten von 82 Messstellen.....	5
Abbildung 3: Grundwassermessstellen für Wasserqualität und Beprobungshäufigkeit.	8
Abbildung 4a: Ammonium Messzeitraum 1993 – 1997.....	11
Abbildung 4b: Ammonium Messzeitraum 1998 - 2002.....	11
Abbildung 4c: Ammonium Messzeitraum 2003 - 2007.....	11
Abbildung 4d: Ammonium Messzeitraum 2008 – 2012.....	12
Abbildung 4e: Ammonium Messzeitraum 2013 – 2017.....	12
Abbildung 5a: Nitrat Messzeitraum 1993 – 1997.....	14
Abbildung 5b: Nitrat Messzeitraum 1998 – 2002.....	14
Abbildung 5c: Nitrat Messzeitraum 2003 - 2007.....	14
Abbildung 5d: Nitrat Messzeitraum 2008 – 2012.....	15
Abbildung 5e: Nitrat Messzeitraum 2013 – 2017.....	15
Abbildung 6a: Sulfat Messzeitraum 1993 – 1997.....	17
Abbildung 6b: Sulfat Messzeitraum 1998 – 2002.....	17
Abbildung 6c: Sulfat Messzeitraum 2003 - 2007.....	17
Abbildung 6d: Sulfat Messzeitraum 2008 – 2012.....	18
Abbildung 6e: Sulfat Messzeitraum 2013 – 2017.....	18
Abbildung 7a: Chlorid Messzeitraum 1993 – 1997.....	19
Abbildung 7b: Chlorid Messzeitraum 1998 – 2002.....	20
Abbildung 7c: Chlorid Messzeitraum 2003 - 2007.....	20
Abbildung 7d: Chlorid Messzeitraum 2008 – 2012.....	20
Abbildung 7e: Chlorid Messzeitraum 2013 – 2017.....	21
Abbildung 8a: DOC Messzeitraum 1993 – 1997.....	22
Abbildung 8b: DOC Messzeitraum 1998 – 2002.....	22
Abbildung 8c: DOC Messzeitraum 2003 - 2007.....	23
Abbildung 8d: DOC Messzeitraum 2008 – 2012.....	23
Abbildung 8e: DOC Messzeitraum 2013 – 2017.....	23
Abbildung 9a: 2,6-Dichlorbenzamid Messzeitraum 1998 – 2002.....	25
Abbildung 9b: 2,6-Dichlorbenzamid Messzeitraum 2003 - 2007.....	25
Abbildung 9c: 2,6-Dichlorbenzamid Messzeitraum 2008 – 2012.....	26
Abbildung 9d: 2,6-Dichlorbenzamid Messzeitraum 2013 – 2017.....	26
Abbildung 10a: Benzol Messzeitraum 1993 – 1997.....	28
Abbildung 10b: Benzol Messzeitraum 1998 – 2002.....	28
Abbildung 10c: Benzol Messzeitraum 2003 - 2007.....	28
Abbildung 10d: Benzol Messzeitraum 2008 – 2012.....	29
Abbildung 10e: Benzol Messzeitraum 2013 – 2017.....	29
Abbildung 11a: PER Messzeitraum 1993 – 1997.....	31
Abbildung 11b: PER Messzeitraum 1998 – 2002.....	31
Abbildung 11c: PER Messzeitraum 2003 - 2007.....	31
Abbildung 11d: PER Messzeitraum 2008 – 2012.....	32



Amt für Umwelt und Energie

Abbildung 11e: PER Messzeitraum 2013 – 2017.....	32
Abbildung 12a: TRI Messzeitraum 1993 – 1997	33
Abbildung 12b: TRI Messzeitraum 1998 – 2002	33
Abbildung 12c: TRI Messzeitraum 2003 - 2007	34
Abbildung 12d: TRI Messzeitraum 2008 – 2012	34
Abbildung 12e: TRI Messzeitraum 2013 – 2017	34



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertung anhand von Schätzwert (S) und Anforderungswert (A) in Anlehnung an das BAFU-Modulstufenkonzept zur Beurteilung der Oberflächengewässer	9
Tabelle 2: Bewertungskriterien für Ammonium.	10
Tabelle 3: Bewertungskriterien für Nitrat.....	13
Tabelle 4: Bewertungskriterien für Sulfat.	16
Tabelle 5: Bewertungskriterien für Chlorid.....	19
Tabelle 6: Bewertungskriterien für den DOC.	22
Tabelle 7: Bewertungskriterien für 2,6-Dichlorbenzamid.....	25
Tabelle 8: Bewertungskriterien für Benzol.	27
Tabelle 9: Bewertungskriterien für Tri- und Tetrachlorethen.	30
Tabelle 10: 90-Perzentilwerte Ammonium (mg N/l).....	40
Tabelle 11: 90-Perzentilwerte Nitrat (mg N/l).....	41
Tabelle 12: 90-Perzentilwerte Sulfat (mg/l).....	42
Tabelle 13: 90-Perzentilwerte Chlorid (mg/l).....	43
Tabelle 14: 90-Perzentilwerte DOC (mg/l).....	44
Tabelle 15: 90-Perzentilwerte 2,6-Dichlorbenzamid (µg/l).....	45
Tabelle 16: 90-Perzentilwerte Benzol (µg/l).....	46
Tabelle 17: 90-Perzentilwerte Tetrachlorethen (µg/l).....	47
Tabelle 18: 90-Perzentilwerte Trichlorethen (µg/l).....	48



Abkürzungsverzeichnis

AOX *adsorbierbare organische Halogene*

AUE *Amt für Umwelt und Energie*

BAFU *Bundesamt für Umwelt*

BTEX *aromatische Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole*

DDT *Dichlordiphenyltrichlorethan*

DOC *dissolved organic carbon / gelöster organischer Kohlenstoff*

FHKW *flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe*

GC/MS *Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung*

GSchV *Gewässerschutzverordnung*

KWS *Kohlenwasserstoffe*

MAKW *monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe*

NAQUA *Nationale Grundwasserbeobachtung*

ÖLN *ökologischer Leistungsnachweis*

PAK *polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe*

PCB *Polychlorierte Biphenyle*

PER *Tetrachlorethen*

PSM *Pflanzenschutzmittel*

TRI *Trichlorethen*



1 Zusammenfassung

Grundwasser ist die Ressource für unser wichtigstes Lebensmittel, das Trinkwasser. Es dient aber gleichzeitig auch als aquatischer Lebensraum, ist Bestandteil des Wasserkreislaufs und stellt mit seinen zahllosen Quellaustritten, Höhlenbächen und der Speisung von Fliessgewässern ein landschaftsprägendes Element dar. Aufgrund all dieser Eigenschaften ist das Grundwasser ein schützenswertes Gut.

Um einen möglichst naturnahen Zustand, die vielfältigen Funktionen und die Verfügbarkeit des Grundwassers zu bewahren, sind die nachhaltige Bewirtschaftung und der Schutz der ober- und unterirdischen Gewässer in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) gesetzlich verankert. Als Grundlage hierzu erfasst und bewertet das Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE) in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) den Zustand und die Entwicklung der Grundwasserqualität im Rahmen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA). Die Überwachung der Grundwasserqualität dient einerseits dazu, rechtzeitig auf neu auftauchende Problemstoffe und Gefährdungen zu reagieren. Andererseits ermöglicht sie eine laufende Erfolgskontrolle der Gewässerschutzmassnahmen.

Die grössten Grundwasservorkommen im Kanton befinden sich in den Rheinschottern in der Agglomeration Basel, sowie im Birs- und Ergolzthal. Grundwasser bildet sich durch Niederschläge und die natürliche oder künstliche Infiltration von Flusswasser. In Basel-Stadt wird Grundwasser für die Trinkwasserversorgung, industrielle Produktionsprozesse und energetisch für Heiz- und Kühlzwecke genutzt. Obwohl bei uns genügend Grundwasser zur Verfügung steht, kann es in Trockenzeiten lokal zu Versorgungsengpässen kommen. Zudem sind in Grundwasservorkommen unter Ballungsräumen und landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten Qualitätsdefizite zu verzeichnen. Siedlung, Industrie, Verkehr aber auch Landwirtschaft im Zustrombereich haben im Grundwasser ihre Spuren hinterlassen.

Der Faktor Landwirtschaft macht sich vor allem in den erhöhten Nährstoff- und Pflanzenschutzmittelwerten im Grundwasser bemerkbar. Von Natur aus enthält Grundwasser nur wenige Milligramm Nitrat pro Liter. Ins Grundwasser gelangt Nitrat hauptsächlich durch den Einsatz von stickstoffhaltigen Düngemitteln. Wird mehr Dünger ausgebracht als die Pflanzen aufnehmen können, so wird der überschüssige Stickstoff in Form von Nitrat aus dem Boden ausgewaschen und mit dem Sickerwasser ins Grundwasser verlagert. Zusätzlich tragen undichte Abwasserleitungen und die Deposition von Stickoxiden und Ammoniak aus der Verbrennung von Heiz- und Treibstoffen im städtischen Raum dazu bei, dass Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen wird.

Im Kanton Basel-Stadt, insbesondere im Westen Basels sowie in Riehen, wurde der Anforderungswert für Nitrat im Grundwasser von 25 mg/L in den letzten Jahren an rund 45% der Messstellen überschritten. Eine Tendenz zur Verbesserung ist jedoch in den letzten Jahren klar ersichtlich [1].



Sulfat zeichnet ein ähnliches Bild wie Nitrat. Hohe Sulfat-Konzentrationen können standortabhängig geogen bedingt sein, zum Beispiel durch Lösung der Sulfatminerale Gips und Anhydrit oder durch Verwitterung von Sulfidmineralien. Andererseits kann Sulfat aber auch anthropogen beeinflusst durch schwefelhaltige Düngemittel, Abwässer und Deponiesickerwässer ins Grundwasser eingetragen werden.

In der Schweiz sind über 300 organisch-synthetische Pestizid-Wirkstoffe zugelassen [3]. Zu den wichtigsten Wirkstoffgruppen gehören Fungizide, Saatbeizmittel und Herbizide. Verwendet werden diese Pflanzenschutzmittel (PSM) vor allem in der Landwirtschaft. Deutlich geringere Mengen gelangen jedoch auch in Baumschulen, Sportanlagen, Privatgärten und auf Industriearealen zum Einsatz. Rückstände von PSM zählen zu den häufigsten organischen Schadstoffen im Grundwasser. Während PSM-Wirkstoffe die numerische Anforderung der Gewässerschutzverordnung von 0,1 µg/l selten überschreiten, treten einige der zugehörigen Abbau-, Reaktions- und Transformationsprodukte, die sogenannten PSM-Metaboliten, grossflächig und in deutlich höheren Konzentrationen im Grundwasser auf. Eine besondere Herausforderung für das Monitoring von PSM-Rückständen im Grundwasser ist die stete Veränderung der eingesetzten PSM-Produktpalette. Pflanzenschutzmittel stehen daher seit Beginn im Fokus der Grundwasserbeobachtung. Die Zusammenarbeit der kantonalen Fachstellen mit dem BAFU ermöglicht, Probleme frühzeitig zu erkennen, Handlungsbedarf aufzuzeigen und gezielt Massnahmen zum Schutz der Grundwasserressourcen zu evaluieren.

Stellvertretend für die Gruppe der Pflanzenschutzmittel wurde im Rahmen dieses Berichtes das 2,6-Dichlorbenzamid, ein Abbaustoff des Herbizids Dichlobenil, untersucht. 2,6-Dichlorbenzamid wurde von 1998 bis 2017 in der Hälfte der beprobten Messstellen zumindest in Spurenkonzentrationen nachgewiesen. Lediglich eine Messstelle überschreitet den Anforderungswert der Gewässerschutzverordnung, wobei die 2,6-Dichlorbenzamid-Konzentration seit dem Anwendungsverbot von Dichlobenil in 2013 rückläufig ist.

Die Belastung des Grundwassers mit Kohlenwasserstoffen (KWS) ist in der Regel ein Abbild der Besiedlungsdichte. Je urbaner eine Region, je intensiver das Verkehrsaufkommen und je mehr Industrie, umso eher finden sich aromatische, flüchtige sowie halogenierte KWS-Spuren im Untergrund.

Die Belastung der Basler Messstellen mit schwerflüchtigen KWS ist insgesamt eher gering, mit Ausnahme von vereinzelt Messstellen. Oft werden an diesen Stellen auch erhöhte Ammonium-Werte gemessen, was auf den mikrobiellen Abbau der KWS hindeutet. In der Regel ist die punktuelle Belastung mit KWS auf bekannte und sanierte Leckagen von Treibstoff- und Heizöl-Tanks zurückzuführen.

Weitverbreitet im Basler Grundwasser sind dagegen flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (FHKW). Sie sind biologisch nur schlecht abbaubar und daher in der Umwelt meist äusserst langlebig. Weil ihr spezifisches Gewicht höher ist als dasjenige von Wasser, können sie sich auf dem Grund der unterirdischen Wasservorkommen ansammeln und diese auch Jahrzehnte nach ihrem Eindringen noch belasten. Ältere Basler Betriebsstandorte der Metall- und Maschinenindustrie, von chemischen Reinigungen oder Anlagen zur Aufbereitung von Schlachtabfällen, erweisen sich daher häufig als Verursacher von gravierenden Grundwasserverschmutzungen. Die Lösungsmittel Tetrachlorethen (PER) und Trichlorethen (TRI) sind



im Grundwasser des ganzen Kantons nachweisbar. Die Belastung mit Trichlorethen nimmt generell schneller ab als die mit Tetrachlorethen.

Trotz der hohen Bevölkerungsdichte und der historisch gewachsenen Industrie Basels ist die Grundwasserqualität insgesamt als gut einzustufen. So kann in Notfällen das Grundwasser des gesamten Kantons zur Trinkwasserversorgung der Bevölkerung verwendet werden. Erfreulich ist, dass die Belastung durch diverse Stoffe innerhalb der letzten 20 Jahre konstant blieb oder sich in einigen Fällen sogar verbessert hat. Zwar verursachen belastete Standorte und undichte Kanalisationen punktuelle Verunreinigungen des Grundwassers, jedoch werden diese regelmässig überwacht und bei Bedarf saniert.

So liefert die Überwachung der Grundwasserqualität Hinweise auf unsachgemässen Umgang mit Chemikalien wie Lösungsmittel und Pestizide, bietet eine Erfolgskontrolle über bereits durchgeführte Schutzmassnahmen und zeigt jedoch auch, dass weitere Anstrengungen zum Schutz des Grundwassers nötig sind.

2 Bedeutung und Vorkommen des Grundwassers in Basel-Stadt

Grundwasser ist ein elementarer Teil des Wasserkreislaufs und bildet einen noch wenig erforschten Lebensraum zahlreicher wirbelloser Tiere und Mikroorganismen. Weiterhin ist Grundwasser ein bedeutender Rohstoff und bildet die Basis der kantonalen Trinkwasserversorgung. Die Grundwasserleiter in den Langen Erlen (Riehen) und im Hardwald (Muttenz) liefern das Trinkwasser für rund 220 000 Konsumenten von Basel-Stadt, Riehen, Bettingen, Binningen und Allschwil. Abbildung 1 zeigt, dass die Hauptfliessrichtung des Grundwassers zum Rhein hin oder parallel dazu erfolgt. Grund- und Oberflächenwasser stehen dabei in Wechselwirkung. In Abhängigkeit von Abfluss und Grundwasserstand infiltriert Oberflächenwasser aus Rhein, Wiese und Birs ins Grundwasser und/oder umgekehrt.

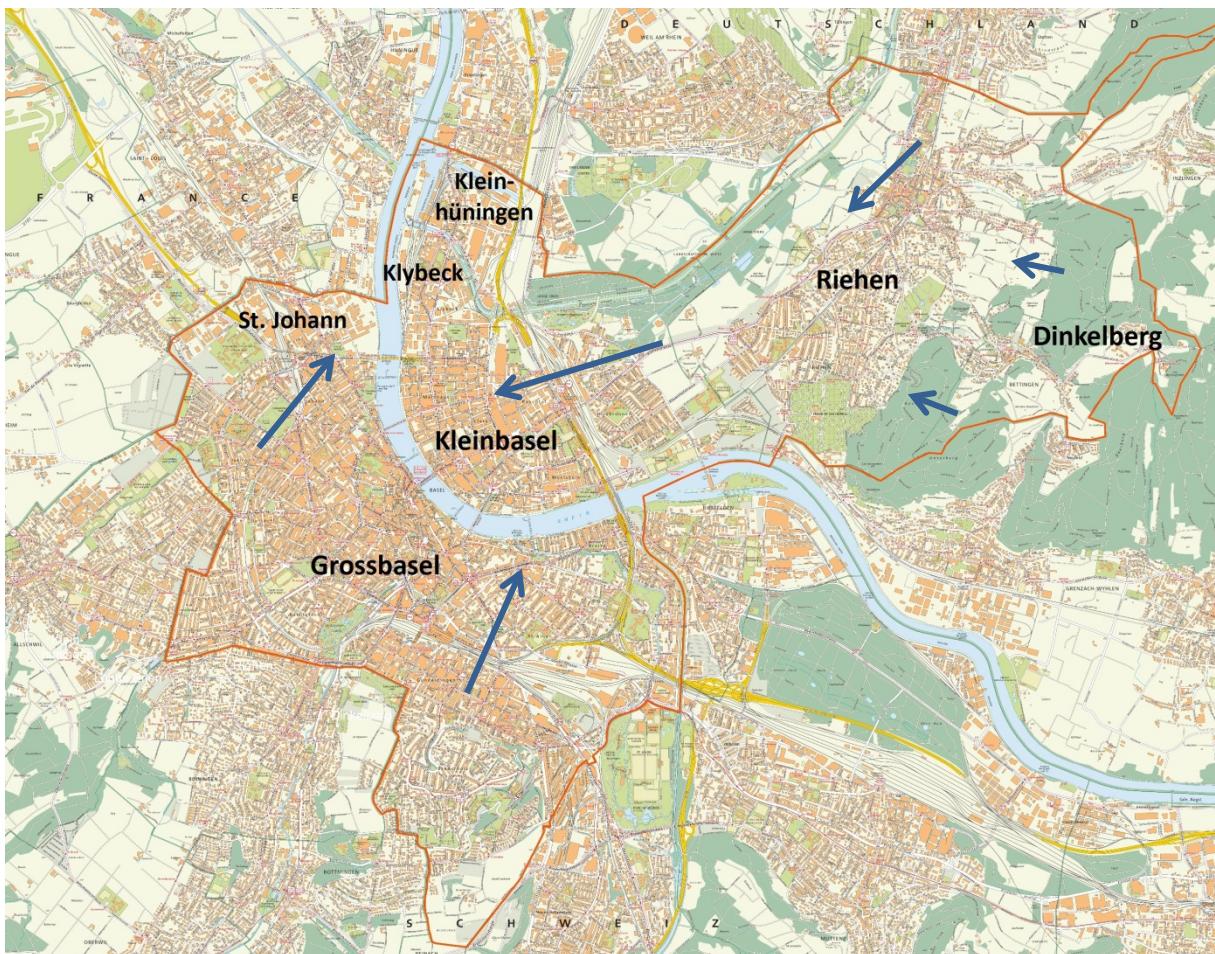


Abbildung 1: Kanton Basel-Stadt mit Hauptfliessrichtung des Grundwassers (Pfeile).

Das oberflächennahe Grundwasser des Kantons und angrenzender Gebiete bewegt sich in den kiesigen Schottern des Rheins und der Wiese. In den Rheinschottern sind alpine Gerölle vorherrschend, eine untergeordnete Rolle spielen Ablagerungen aus dem Schwarzwald und dem Jura. Im Bereich Riehen verzahnen sich die Rheinschotter mit Wieseschottern. Letztere bestehen vorwiegend aus kristallinen Geröllen (Fischer et al. 1971). Die alpinen, kalkreichen Rheinschotter bedingen ein verhältnismässig hartes Grundwasser (12-20° dH), die granit- und gneisreichen Wieseschotter führen ein weiches Grundwasser (6-12° dH), das jedoch durch den Zustrom von hartem Grundwasser aus dem karbonat- bzw. kalkreichen Dinkelberg beeinflusst ist.



Im Gebiet Lange Erlen ist das Grundwasser mit einem Flurabstand bei Mittelwasser von 1 m bis 5 m von einer geringmächtigen Deckschicht überdeckt. In Kleinbasel beträgt der Flurabstand etwa 5 m bis 12 m, im Klybeck und in Kleinhüningen auch weniger. In Grossbasel befindet sich der Grundwasserspiegel bis zu 25 m unterhalb der Geländeoberkante. Die Grundwassermächtigkeit in Kleinbasel und im Stadtteil St. Johann beträgt rund 5 m bis 15 m, in Grossbasel liegt sie häufig unter 5 m.

Das Grundwasservorkommen im Kanton Basel-Stadt ist einem starken Nutzungsdruck ausgesetzt. Im Gebiet Lange Erlen wird Grundwasser zur Trinkwassergewinnung mit Rheinwasser angereichert. Zu Kühlzwecken und zur Wärmegewinnung wird Grundwasser im gesamten Stadtgebiet entnommen und grösstenteils dem Grundwasserleiter oder Oberflächengewässern wieder zugeführt. Zudem sind viele Flächen im Kanton versiegelt und überbaut. Durch den Wärmeübertrag von Gebäuden ins Grundwasser, den Wärmeinseleffekt von dicht bebauten Gebieten, Kühlwassernutzungen von Gebäuden wie auch durch klimatische Veränderungen sind die Grundwassertemperaturen in Basel-Stadt gegenüber natürlichen Verhältnissen durch anthropogene Aktivitäten stark erhöht. Die Jahresmittelwerte der Grundwassertemperaturen in Basel-Stadt liegen an den gemessenen Messstellen im Bereich von 12°C - 19°C. Im Mittel ist das Grundwasser in Basel-Stadt um rund 2,0°C bis 2,5°C wärmer als in Basel-Landschaft. Wie in Abbildung 2 dargestellt, erhöht sich der Jahresmittelwert des Grundwassers gegenwärtig im Bereich von 0,05°C pro Jahr (also 0,5°C in 10 Jahren). Erhöhte Temperaturen des Grundwassers können neben der Störung des chemisch-physikalischen Gleichgewichtes unter anderem auch zu einem vermehrten Auftreten von Mikroorganismen im Wasser führen, was in Gebieten mit Trinkwassernutzung unerwünscht ist.

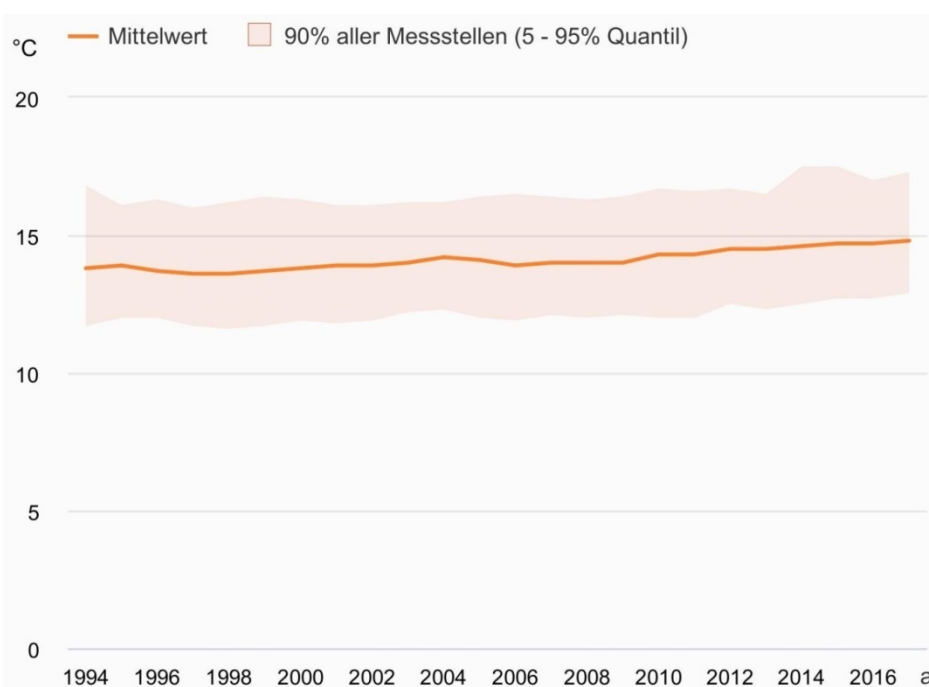


Abbildung 2: Mittelwert der kantonalen Jahrestemperatur des Grundwassers berechnet aus Temperaturdaten von 82 Messstellen



Zwar ist das Grundwasser durch schützende Bodenschichten bedeckt, dennoch ist neben Temperatur und Grundwasserstand auch die Grundwasserqualität im urbanen Raum Basel in vielerlei Hinsicht gefährdet. Verunreinigtes Erdreich im Bereich von Industrie- und Altlastenstandorten, der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden in der Landwirtschaft und Kleingärten, emittierte Luftschadstoffe durch Verkehr und Industrie und undichte Kanalisationsysteme seien hier beispielhaft genannt. Daher ist eine regelmässige Überwachung mittels eines engmaschigen Messstellennetzes unabdingbar. So können langfristige Trends festgestellt werden und gegebenenfalls rechtzeitig schützende Massnahmen eingeleitet werden.

Der vorliegende Grundwasserbericht stellt die gesetzlich geregelten Messparameter des kantonalen Überwachungsprogramms vor und beschreibt deren langfristige Entwicklung von 1993 bis 2017. Daten und Beurteilungen von Parametern, für die in der Gewässerschutzverordnung keine gesetzlichen Anforderungen festgelegt sind, können als einzelne Datenblätter von der Homepage des AUE bezogen werden. Auf diesen Datenblättern sind auch Einzelmesswerte der nur alle fünf Jahre untersuchten Fassungen aufgeführt. Angaben zu den Grundwasserständen und Grundwassertemperaturen sind dem jährlich publizierten *Hydrologischen Jahrbuch des Kantons Basel-Stadt* [2] zu entnehmen.



3 Überwachung der Grundwasserqualität

Das Labor für Umweltanalytik des AUE überwacht das Grundwasser mittels regelmässigen Probenahmen und Analysen

Die langfristige Beobachtung der Grundwasserqualität ist eine wesentliche Voraussetzung für einen wirkungsvollen Grundwasserschutz, der in erster Linie auf präventiven Schutzmassnahmen beruht. Die erforderlichen Massnahmen können nur dann rechtzeitig und zweckmässig angeordnet werden, wenn negative Entwicklungen der Grundwasserqualität und -quantität frühzeitig erkannt werden.

Besonders wichtig ist die Überwachung des Grundwassers im Bereich Lange Erlen, da dort Trinkwasser durch die Anreicherung von Grundwasser mit filtriertem Rheinwasser gewonnen wird. In Notfällen muss das Grundwasser jedoch auf dem ganzen Kantonsgebiet mit einfachen Aufbereitungsmassnahmen als Trinkwasser nutzbar sein, um eine Versorgung der Bevölkerung in ausreichender Qualität zu ermöglichen. Dieses wichtigste Qualitätsziel deckt auch die Anforderungen für andere Nutzungen, wie zur Brauchwasser-, Kühlwasser- und Wärmegewinnung, ab. Ebenso werden hierdurch die Anforderungen der eher unbekanntem Grundwasserlebewesen ans Grundwasser als Lebensraum erfüllt. Die den speziellen Verhältnissen angepasste Biozönose umfasst neben verschiedenen Grundwassertierchen auch Mikroorganismen (Bakterien, aquatische Pilze, mikroskopische Algen), die den Hauptteil der Biomasse ausmachen. Die im Grundwasser lebenden Organismen beeinflussen die Durchlässigkeit im Porensystem der Grundwasserleiter und verbessern durch Stoff- und Energieumsätze die Qualität des Grundwassers. Ein funktionierendes, intaktes Ökosystem ist also Produkt und zugleich auch Voraussetzung für sauberes Grundwasser.

Das Intervall der Probenahme durch das AUE-Labor hängt von dem jeweiligen Überwachungsziel ab. Im Zustrom- und Randbereich der Trinkwasserfassungen werden die Messstellen halbjährlich untersucht. Darüber hinaus werden im gesamten Kanton ausgewählte Messstellen oder einmal pro Jahr oder alle fünf Jahre beprobt. Zusätzlich sind einige Messstellen im NAQUA-Programm der bundesweiten nationalen Grundwasserbeobachtung, so dass dann bis zu viermal pro Jahr Probenahmen stattfinden. Die Häufigkeit der Probenahme innerhalb des NAQUA-Programms wird jährlich an die messstellenspezifische Entwicklung der Grundwasserqualität angepasst. Ferner werden altlastenspezifische Probenahmekampagnen durchgeführt, deren Resultate jedoch nicht Gegenstand dieses Berichts sind.

Abbildung 3 gibt eine Übersicht aller Grundwassermessstellen des Kantons, welche mindestens jährlich einmal beprobt werden. Bei diesen Messstellen sind genügend Daten vorhanden, um eine Beurteilung bezüglich gesetzlicher Grenzwerte durchführen zu können. Für die Daten von nicht gesetzlich geregelten Parametern und weiteren Messstellen verweisen wir auf die laufend aktualisierten Datenblätter auf der Homepage des AUE BS.

Die Bewertung der Messparameter basiert auf der GSchV vom 28. Oktober 1998 (Stand 01. Juni 2018). Im Anhang 2 der GSchV, Ziffer 22, werden die Anforderungen an Grundwasser, das zur Trinkwassergewinnung vorgesehen ist, festgelegt.



Amt für Umwelt und Energie

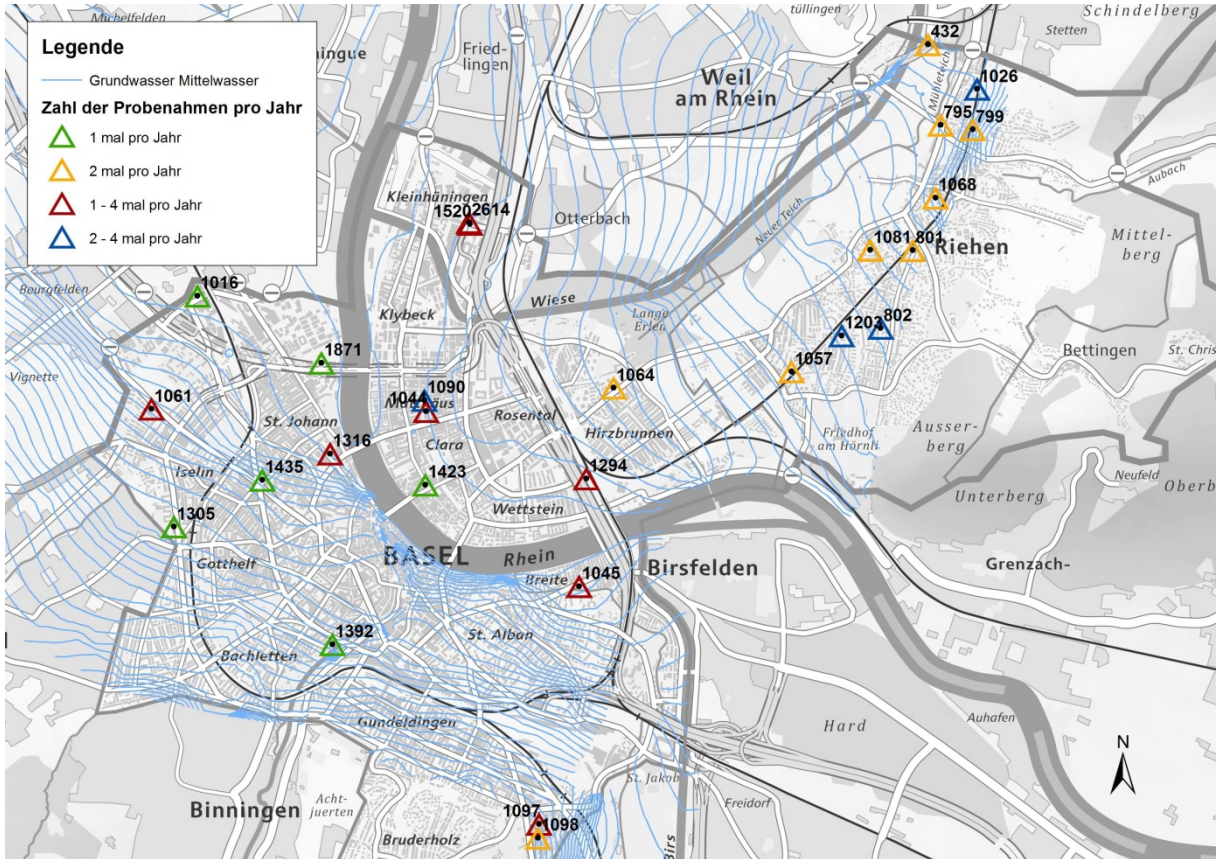


Abbildung 3: Grundwassermessstellen für Wasserqualität und Beprobungshäufigkeit.








3.1 Bewertung der Messparameter nach Gewässerschutzverordnung

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die zeitliche Entwicklung der in der GSchV (Anhang 2, Ziffer 22) geregelten Parameter von 1993 bis 2017. Pro Parameter werden die innerhalb von fünf Jahren erhobenen Daten statistisch zusammengefasst, beurteilt und in einer Karte dargestellt. Dies ergibt für den Zeitraum 1993 bis 2017 pro Parameter fünf Messperioden-Karten. Um bei den gesetzlichen Parametern eine gewisse statistische Sicherheit gewährleisten zu können, sind in den Karten ausschliesslich Messstellen visualisiert, die mindestens jährlich beprobt werden. Das heisst, die Datengrundlage pro Parameter, Messstelle und Karte umfasst mindestens fünf Messungen. Ausgenommen von dieser Regelung sind folgende drei Messstellen, die innerhalb einer Messperiode als Ersatz für deaktivierte Messstellen hinzugekommen sind:

- F_1044 (seit November 2015 Ersatz für F_1019)
- F_0802 (seit November 2015 Ersatz für F_1203)
- F_1520 (seit August 2014 Ersatz für F_2414)

Für jede Messstelle wird pro Fünfjahresperiode und Parameter das 90-Perzentil¹ gebildet und als Schätzwert *S* bezeichnet. Die berechneten 90-Perzentile sind dem Anhang zu entnehmen. Der Schätzwert *S* wird anschliessend dem gesetzlichen Anforderungswert *A* gegenübergestellt, indem er in Anlehnung an das Modul Chemie des Modulstufenkonzepts zur Beurteilung der Oberflächengewässer² einer der Kategorien *sehr gut* / *gut* / *mässig* / *unbefriedigend* / *schlecht* zugeordnet wird (Tabelle 1).

Tabelle 1: Bewertung anhand von Schätzwert (S) und Anforderungswert (A) in Anlehnung an das BAFU-Modulstufenkonzept zur Beurteilung der Oberflächengewässer

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 0.5 A$	Anforderungswert nach GSchV eingehalten
 gut	$0.5 A \leq S < A$	
 mässig	$A \leq S < 1.5 A$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$1.5 A \leq S < 2 A$	
 schlecht	$S \geq 2 A$	

Kritisch anzusehen ist der geringe Stichprobenumfang von teilweise nur fünf Messungen – ideal wäre ein Datensatz von zwölf Messungen (Liechti 2010). Eine häufigere Beprobung ist jedoch aufgrund beschränkter Ressourcen nicht realisierbar. Den Beurteilungszeitraum auf zwölf Jahre auszudehnen, wäre wiederum nicht sinnvoll, da die Grundwasserqualität in einem Zwölfjahreszeitraum durchaus eine Entwicklung durchmachen kann.

¹ Das 90-Perzentil entspricht dem Wert, bei dem 90 % aller Werte einer Grundgesamtheit kleiner als dieser Wert sind. Bei fünf oder zehn Werten in der Grundgesamtheit ist es jeweils ein berechneter Wert knapp oberhalb des zweithöchsten Messwertes. Einmalige oder seltene, hohe Belastungen fliesen bei Verwendung des 90-Perzentils in gedämpfter Form in die Beurteilung ein. Werte zwischen Bestimmungsgrenze und Nachweisgrenze fliesen als numerische Werte in die Berechnung ein. Werte unterhalb der Nachweisgrenze als 0. Liegt kein einziger Messwert über der Bestimmungsgrenze, so wird das 90-Perzentil als <BG angegeben.

² Liechti, P.(2010): *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe*. BAFU, Seite 18 Tabelle 2



3.1.1 Stickstoff

Stickstoff (N) ist ein bedeutendes Nährelement und kommt gasförmig als elementarer Stickstoff (N_2), Stickoxid (NO_x) oder Ammoniak (NH_3) und gelöst als Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-) oder Ammonium (NH_4^+) vor. Die Speziesverteilung hängt insbesondere vom Redoxpotenzial, dem pH-Wert und dem Vorhandensein von Bakterien ab.

Der Stickstoff-Gehalt in den ober- und unterirdischen Gewässern ist natürlicherweise gering. Überdurchschnittliche Stickstoff-Gehalte sind in der Regel auf folgende Ursachen zurückzuführen: den Einsatz von Mineraldüngern, Nutztierhaltung, Gülleausbringung, Anbau bestimmter Pflanzenarten (wie z. B. Leguminosen, die mit Hilfe von Bakterien Stickstoff aus der Luft fixieren), undichte Abwasserleitungen oder Deposition von Stickstoff-Verbindungen (wie z.B. Stickoxiden oder Ammoniak die bei Verbrennungsprozessen entstehen) aus der Luft.

Die GSchV gibt für Ammonium und Nitrat Anforderungswerte vor. Die Ammonium- und Nitratkonzentrationen können sich gegenseitig beeinflussen, da die beiden Stoffe sich in einem Redox-Gleichgewicht befinden. Bei sauerstoffarmen Verhältnissen kann Nitrat über Nitrit zu Ammonium reduziert werden. Dies ist ein natürlicher Vorgang und wird durch Bakterien katalysiert. Daher unterscheidet die GSchV im Falle von Ammonium zwischen sauerstoffarmen (anoxischen) und sauerstoffreichen (oxischen) Bedingungen.

3.1.1.1 Ammonium (NH_4^+)

Der Parameter Ammonium setzt sich aus der Summe von NH_4^+ und NH_3 zusammen. Gemäss Gewässerschutzverordnung darf Ammonium-N bei oxischen Verhältnissen den Anforderungswert von 0.08 mg N/l (entspricht 0.1 mg/l Ammonium) bzw. bei anoxischen Bedingungen 0.4 mg N/l (entspricht 0.5 mg/l Ammonium) nicht überschreiten.

Für die Bewertung des Ammoniumgehaltes wird der Anforderungswert für oxisches Grundwasser herangezogen (Tabelle 2), da die in den Karten (Abbildung 4) dargestellten Grundwassermessstellen, bis auf wenige Ausnahmen, eine Sauerstoffsättigung von mehr als 60 % aufweisen. Tritt eine Anforderungswertüberschreitung auf, so ist die einzelne Messstelle vor dem Hintergrund des Redoxpotenzials differenziert zu bewerten.

Infiltriert mit Ammonium belastetes Grundwasser in Oberflächengewässer, so kann sich dies schädlich auf den Fischbestand auswirken. Ausserdem kann Ammonium auf eine Verunreinigung mit Fäkalien deuten. Eine undichte Kanalisation, organische und zu einem geringeren Anteil auch mineralische Dünger, Deponien und die Reduktion von Nitrat stellen mögliche Quellen für Ammonium dar.

Tabelle 2: Bewertungskriterien für Ammonium.






Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 0.04$	Anforderungswert (0.08 mg/l Ammonium-Stickstoff) nach GSchV eingehalten
 gut	$0.04 \leq S < 0.08$	
 mässig	$0.08 \leq S < 0.12$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$0.12 \leq S < 0.16$	
 schlecht	$S \geq 0.16$	



Abbildung 4a: Ammonium
Messzeitraum 1993 – 1997

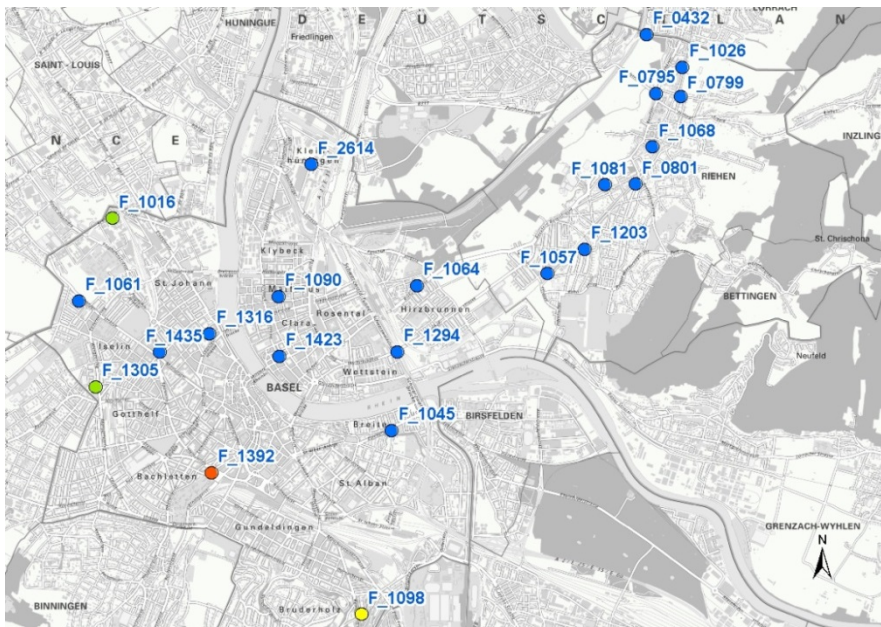


Abbildung 4b: Ammonium
Messzeitraum 1998 - 2002

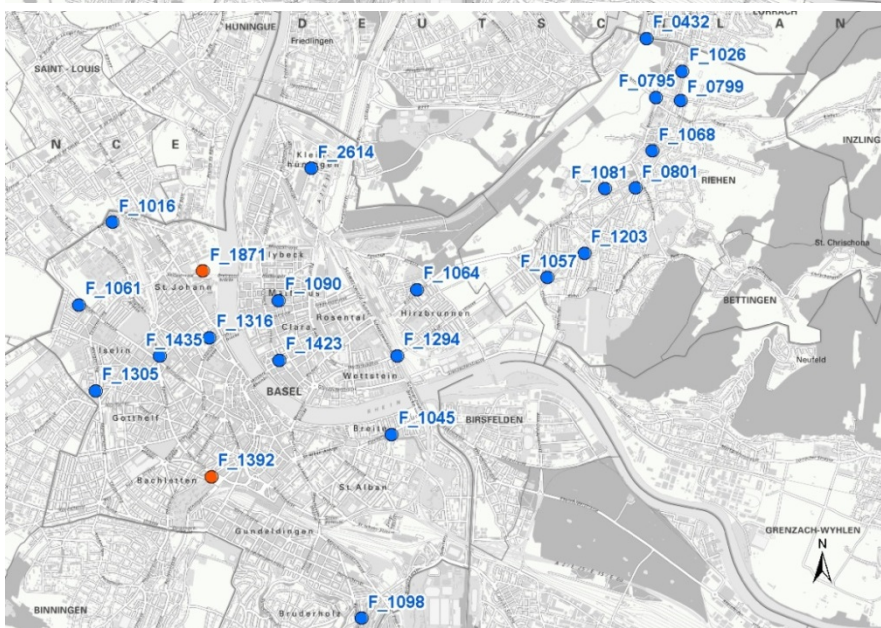


Abbildung 4c: Ammonium
Messzeitraum 2003 - 2007



Abbildung 4d: Ammonium
Messzeitraum 2008 – 2012

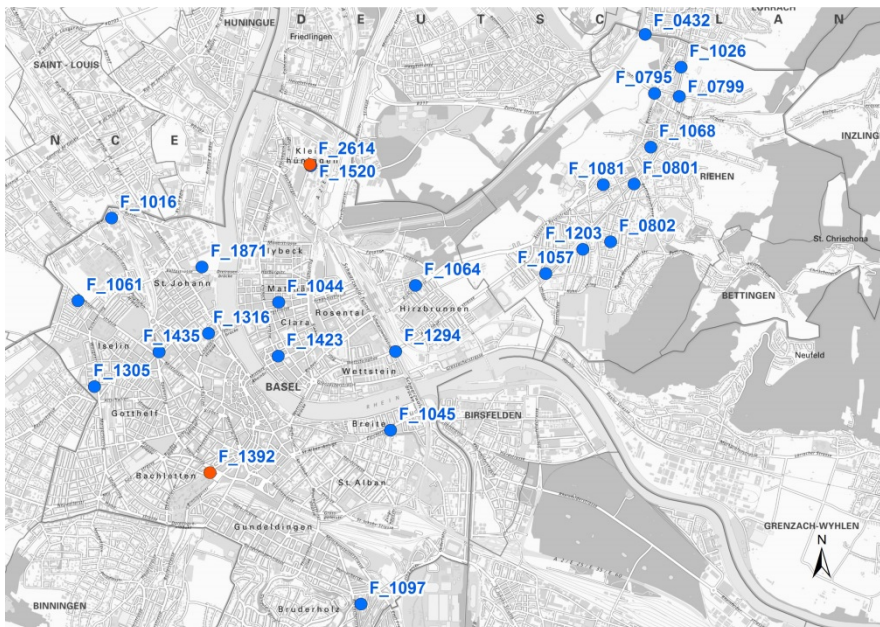


Abbildung 4e: Ammonium
Messzeitraum 2013 – 2017

Im Kanton Basel-Stadt ist in der aktuellen Beurteilungsperiode die Ammonium-Belastung gering. 70 % der Messstellen weisen seit 1993 gute oder sehr gute Werte auf. Bei einzelnen belasteten Messstellen sank die Ammonium-Konzentration in diesem Zeitraum.

Eine Verbesserung konnte an den Messstellen 1316 (Kantonsspital) und 1045 (Zürcherstrasse) beobachtet werden. Während im Zeitraum 1993 bis 1997 der Anforderungswert für Ammonium deutlich überschritten war, lagen die Konzentrationen im Zeitraum 1998 bis 2017 konstant unter dem Anforderungswert. Da beide Messstellen nicht im Bereich von belasteten Standorten liegen, ist die Ursache vermutlich in undichten Kanalisationen zu suchen, die inzwischen saniert wurden.

Die Messstelle 1871 (Fabrikstrasse) wies im Zeitraum 2003 bis 2007 eine schlechte Qualität auf. Dies erklärt sich durch einen inzwischen grösstenteils sanierten belasteten Standort im ehemaligen Hafen St. Johann. Bei temporären Absenkungen des Grundwassers infolge des Baus der Nordtangente wurde die Fliessrichtung verändert, sodass durch den belasteten Standort verunreinigtes Grundwasser in der Messstelle 1871 beprobt wurde.



In der letzten Messperiode (2013 bis 2017) sind nur noch die Messstellen 1392 (Birsigstrasse) und 1520 (Badenstrasse) auffällig. Die Messstellen 1392 und 1520 sind bekannte belastete Standorte. Sie zeichnen sich durch stark erhöhte Konzentrationen an verschiedenen Kohlenwasserstoffen (vgl. 3.1.4 - DOC, sowie 3.1.7 - TRI und PER) aus. Im Bereich der Messstelle 1392 sickerte im Jahr 1981 Benzin ins Erdreich. Die Sanierung der Altlast ist abgeschlossen, leichte Verunreinigungen sind jedoch noch vorhanden. Zusätzlich zu den hohen Ammonium-Konzentrationen liegt die Sauerstoffsättigung regelmässig unter 10 %. Das heisst, es liegt dort ein anoxisches Milieu vor³. Die Sauerstoffzehrung ist eine Folge des chemischen und mikrobiellen Abbaus von organischen Verbindungen. Das gleiche, wenn auch in stark vermindertem Ausmass, gilt für die Messstellen 1097 / 1098 (Tiefbauamt Leimgrubenweg). Massnahmen zur Verbesserung der Belastungssituation an der Stelle 1392 einzuleiten, wäre nicht verhältnismässig. Erfahrungsgemäss ist das Grundwasser nur lokal beeinträchtigt. Es ist davon auszugehen, dass in einigen Jahrzehnten fast alle Schadstoffe abgebaut sind und die Ammoniumkonzentration wieder als gut bezeichnet werden kann.






3.1.1.2 Nitrat (NO₃⁻)

Nitrat ist die sehr gut wasserlösliche, pflanzenverfügbare und mobile Form von Stickstoff. Nitrat entsteht beim Abbau organischer Substanz wie zum Beispiel Ernterückständen oder Gülle bzw. bei der Oxidation reduzierter Stickstoff-Verbindungen im Boden. Überschüssiges Nitrat, das von den Pflanzen nicht aufgenommen wird, gelangt mit dem Sickerwasser durch Auswaschen aus dem Boden ins Grundwasser.

Als Hauptverursacher für den Eintrag von Nitrat gilt die Landwirtschaft. Weiterhin sind Verbrennungsprozesse und die nachfolgende Deposition verschiedener Stickstoffverbindungen sowie undichte Kanalisationssysteme zu nennen. Nitrat ist insbesondere für Ungeborene, Säuglinge bis zum 6. Lebensmonat und Schwangere gefährlich. Nitrat wird im Körper zu Nitrit reduziert, welches den Blutbestandteil Hämoglobin blockiert, den Sauerstofftransport hemmt und somit ein Ersticken (Blausucht) auslösen kann.

Der Anforderungswert für Nitrat-N liegt laut GSchV bei 5.6 mg N/l (entspricht 25 mg/l Nitrat, Tabelle 3).

Tabelle 3: Bewertungskriterien für Nitrat.

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 2.8$	Anforderungswert (5.6 mg/l Nitrat-Stickstoff) nach GSchV eingehalten
 gut	$2.8 \leq S < 5.6$	
 mässig	$5.6 \leq S < 8.4$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$8.4 \leq S < 11.2$	
 schlecht	$S \geq 11.2$	

³ Das 90-Perzentil im Zeitraum 2013 bis 2017 liegt bei 0.5 mg Ammoniumstickstoff pro Liter, d.h. auch der Grenzwert von 0.4 mg/l für anoxisches Ammonium ist überschritten

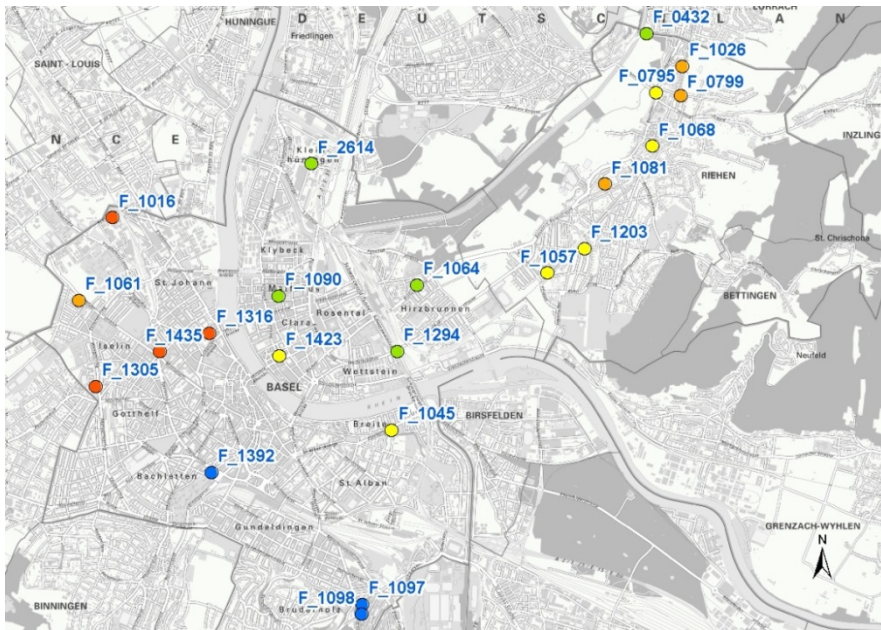


Abbildung 5a: Nitrat
Messzeitraum 1993 – 1997

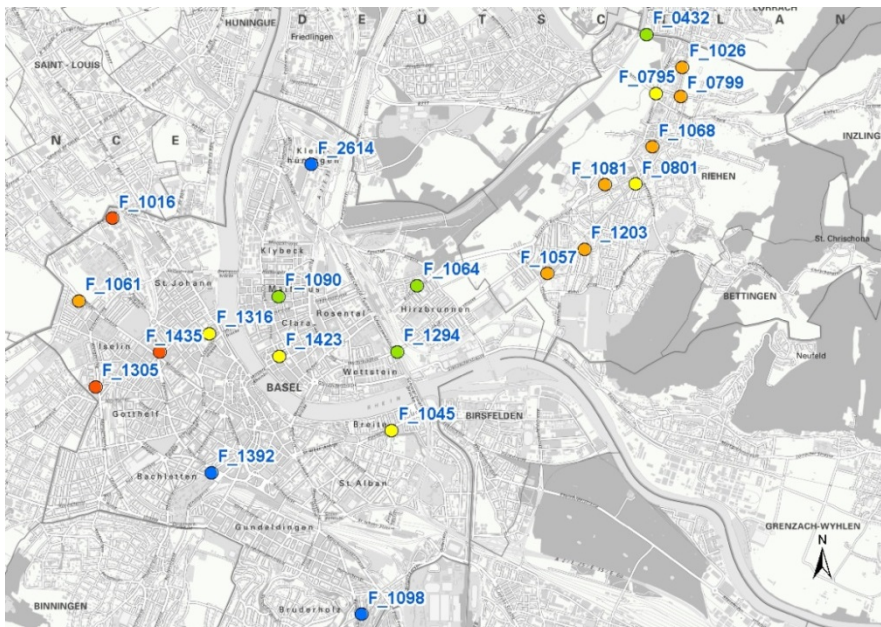


Abbildung 5b: Nitrat
Messzeitraum 1998 – 2002



Abbildung 5c: Nitrat
Messzeitraum 2003 - 2007

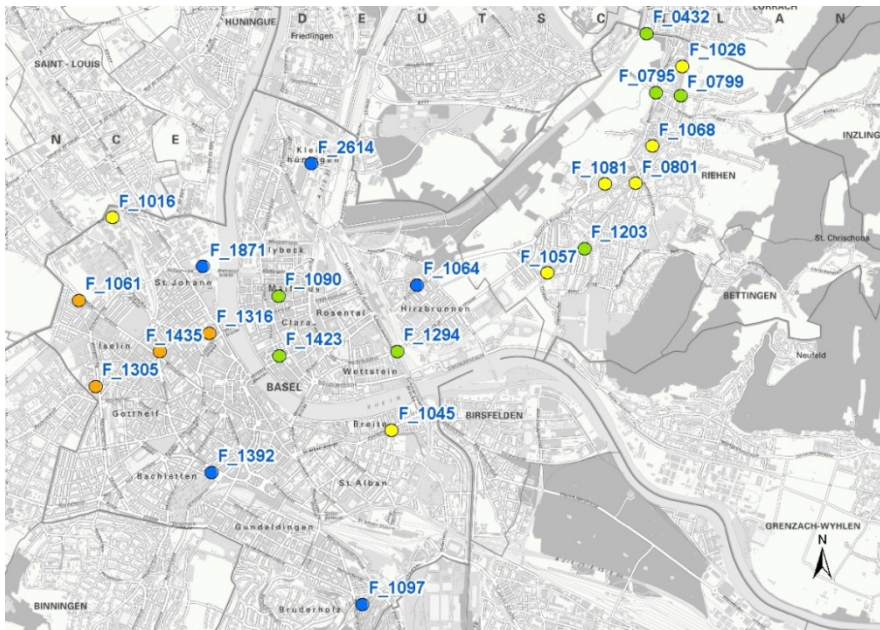


Abbildung 5d: Nitrat
Messzeitraum 2008 – 2012

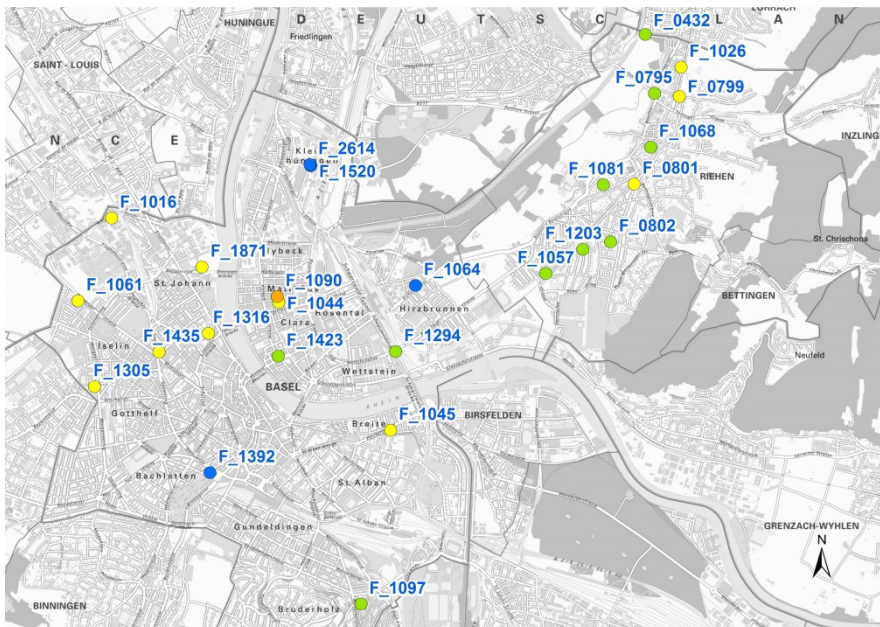


Abbildung 5e: Nitrat
Messzeitraum 2013 – 2017

Im Messzeitraum 2013 bis 2017 überschreitet etwa die Hälfte der Messstellen die GSchV-Anforderung an Nitrat. Im Vergleich zu den vorherigen Messperioden sind jedoch seit Messbeginn deutliche Verbesserungen erkennbar, insbesondere im westlichen Teil von Basel-Stadt (Abbildung 5). Dort wird das Grundwasser von Hangwasser aus dem landwirtschaftlich geprägten Raum Oberwil – Schönenbuch beeinflusst. Eine Erklärung für die Verbesserung ist die Einführung des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) als Grundvoraussetzung für Direktzahlungen an die Landwirtschaft im Jahr 1997. Ein Hauptpfeiler des ÖLN ist die Anforderung einer ausgeglichenen Düngerbilanz, die den Düngereinsatz in ökologisch sinnvolle Bahnen gelenkt hat und in der Regel zu einer Reduktion von Stickstoff- und Phosphordüngern geführt hat. Ähnliches gilt für die Randgebiete der Grundwasserschutzzone der Langen Erlen gegen den Dinkelberg hin, für welche eine leichte Verbesserung zu beobachten ist. Umweltchemisch interessant sind die Messstellen 1392 (Birsigstrasse) und 1097 / 1098 (Tiefbauamt Leimgrubenweg). Beide sind im Einflussbereich von belasteten Standorten und weisen permanent oder unregelmässig sauerstoffarme Verhältnisse auf. An beiden Stellen



wird Nitrat als Sauerstofflieferant zu Ammonium reduziert, was zu geringen Nitratkonzentrationen führt.

Hydrogeologisch interessante Stellen sind die Fassungen 2614 /1520 (Neuhaustrasse / Badenstrasse) und 1064 (Luftschutzraum Waldshuterstrasse). An beiden Stellen ist die Nitratkonzentration in der Regel geringer als bei anderen Messstellen die im Zustrom-Gebiet der Wiese-Ebene liegen. Im Gebiet vom Wiese-Zustrom ist die Wasserqualität bezogen auf Nitrat ca. eine Beurteilungsklasse schlechter.

Die Fassung 1064 liegt im Abstrom der Grundwasseranreicherung in den Langen Erlen. Dort wird pro Sekunde ca. 1 m³ Rheinwasser versickert, welches bedeutend weniger Nitrat enthält. Das 90-Perzentil des Rheinwassers in der Messperiode 2013 bis 2017 betrug 1.61 mg/l Nitratstickstoff, was als sehr gut einzustufen ist und zu einer Absenkung der Nitratkonzentration bei der Fassung 1064 führt.

Im Gebiet der Messstelle 2614 / 1520 befinden sich zahlreiche Grundwassernutzungen, die zur Folge haben, dass Grundwasser mit geringerem Nitratgehalt aus dem Bereich der Lange Erlen angesogen wird. Zudem liegt im Zustrom der Fassungen 2614 / 1520 ein belasteter Standort. Die Sauerstoffsättigung im Grundwasser dieser Stellen liegt zwischen 30 % bis 60 %. Wie bei der Fassung 1392, führen diese sauerstoffarmen Verhältnisse zu einer weiteren Absenkung der Nitrat-Konzentration. Generell kann die Nitratbelastung als verbesserungswürdig jedoch nicht besorgniserregend bezeichnet werden. Die wichtigste technische Massnahme zu einer Verbesserung, die in den Möglichkeiten des Kantons Basel-Stadt liegt, ist die fortlaufende Instandhaltung der Kanalisation. Die Massnahmen im landwirtschaftlichen Bereich haben bereits gegriffen oder werden es noch. Bezüglich der Deposition aus der Luft sind nur bedingt Massnahmen möglich, denn diese wird global bestimmt.

3.1.2 Sulfat (SO₄²⁻)

Sulfat stammt geogen aus der Oxidation von Sulfiden (z.B. Pyrit) sowie aus der Lösung sulfatischer Minerale wie Gips oder Anhydrit, es kann jedoch auch anthropogen eingetragen werden. In der Landwirtschaft wird Sulfat als Düngemittel eingesetzt. Des Weiteren sind Sickerwässer aus Bauschutt-Deponien stark mit Sulfat belastet. Daher ist Sulfat auch ein wichtiger Indikator für Bauschutt im Boden. Eine weitere Quelle sind Industrieabwässer und Schwefeldioxid aus dem Verbrennungsprozess fossiler Energieträger.

Der Anforderungswert für Sulfat liegt nach GSchV bei 40 mg/l, jedoch können auch anthropogen unbeeinflusste Grundwässer diesen Wert deutlich überschreiten. Sulfat ist für den Menschen ungefährlich, kann jedoch die Korrosion von Wasserleitungen begünstigen.

Tabelle 4: Bewertungskriterien für Sulfat.






Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	S < 20	Anforderungswert (40 mg/l Sulfat) nach GSchV eingehalten
 gut	20 ≤ S < 40	
 mässig	40 ≤ S < 60	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	60 ≤ S < 80	
 schlecht	S ≥ 80	



Abbildung 6d: Sulfat
Messzeitraum 2008 – 2012

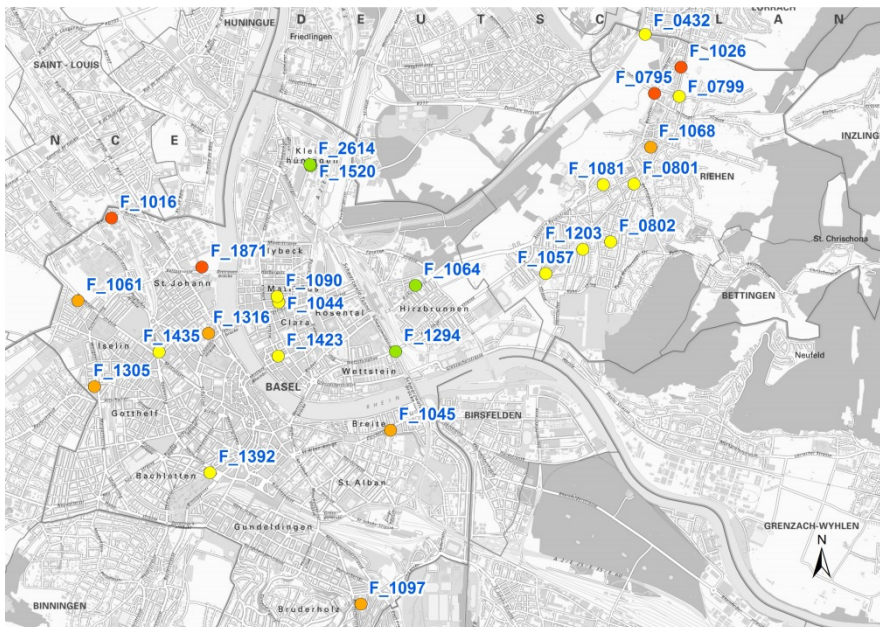


Abbildung 6e: Sulfat
Messzeitraum 2013 – 2017

Die Belastung mit Sulfat ähnelt dem Bild von Nitrat (Abbildung 5). Insbesondere im Westen Basels und in Riehen erreichen die Sulfat-Konzentrationen Werte zwischen 60 und 150 mg/l. Hier sind im gesamten Beobachtungszeitraum, wie beim Nitrat, abnehmende Konzentrationen festzustellen. Die Korrelation mit Nitrat deutet auf einen sinkenden Eintrag durch Düngemittelsatz oder undichte Kanalisationssysteme hin.

Einen Spezialfall in Riehen mit hoher und nicht sinkender Sulfatbelastung bilden die beiden Messstellen 1026 (Haselrain) und 0795 (Weilstrasse). Dort ist die Belastung geogen bedingt und stammt aus einem Gipskeupervorkommen. Die weiteren Stellen in Riehen sind ebenso, jedoch in geringerem Ausmass, geogen durch Zuflüsse aus dem Dinkelberg belastet.

Ähnliche geogene Belastungen liegen im Bereich der Birssedimente im Süden Basels (Messstellen 1045 (Zürcherstrasse) und 1097 / 1098 (Tiefbauamt Leimgrubenweg)) vor.

Die teilweise hohe Belastung im Westen Basels kann durch Ablagerungen von Bauschutt aber auch geogen aus dem Raum Schönenbuch / Oberwil bestimmt sein.



Die Messstelle 1392 (Birsigstrasse) zeigt in einem Gebiet mit einer Sulfatbelastung von über 60 mg/l eine vergleichsweise niedrigere Sulfat-Konzentration. Dieses kann auf eine Sulfatreduktion unter Bildung des giftigen Schwefelwasserstoffs (H_2S) infolge des sauerstoffarmen Milieus zurückgeführt werden (vgl. Kapitel 3.1.1.1). Diese These wird zusätzlich durch sensorisch im Wasser der Messstelle nachweisbaren Schwefelwasserstoff sowie durch den Nachweis von elementarem Schwefel S8 mittels GC/MS (Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung) bestätigt. Da Sulfat für die menschliche Gesundheit unbedenklich ist und die erhöhten Konzentrationen zum Teil geogen bedingt sind, besteht kein Handlungsbedarf. Zum Vergleich sei noch das 90-Perzentil der Sulfatkonzentration des Rheins von der Messperiode 2013 bis 2017 aufgeführt, es beträgt 28 mg/l.

3.1.3 Chlorid (Cl⁻)

Erhöhte Chlorid-Konzentrationen können auf Evaporitgesteine oder aufsteigendes Tiefenwasser zurückgehen. Im urban geprägten Kanton Basel-Stadt sind vermutlich anthropogene Eintragswege wie Kommunal- und Industrieabwässer, der Einsatz von Streusalz im Winter und die Auswaschung von Düngemitteln (Kalidünger) bedeutender.

Der Anforderungswert nach GSchV beträgt 40 mg/l, jedoch sind auch höhere Konzentrationen für die Gesundheit unbedenklich.

Tabelle 5: Bewertungskriterien für Chlorid.

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
sehr gut	$S < 20$	Anforderungswert (40 mg/l Chlorid) nach GSchV eingehalten
gut	$20 \leq S < 40$	
mässig	$40 \leq S < 60$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
unbefriedigend	$60 \leq S < 80$	
schlecht	$S \geq 80$	



Abbildung 7a: Chlorid
Messzeitraum 1993 – 1997



Abbildung 7b: Chlorid
Messzeitraum 1998 – 2002

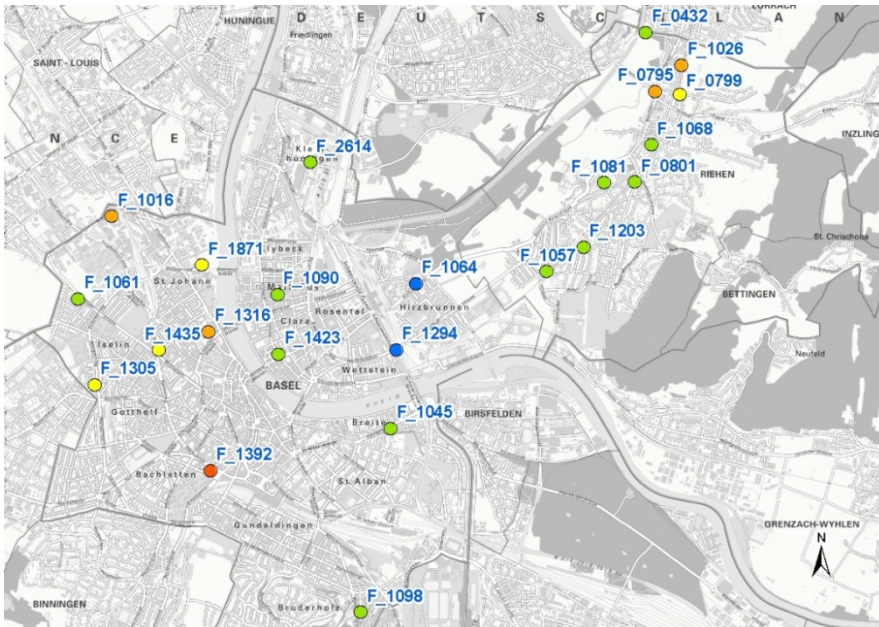


Abbildung 7c: Chlorid
Messzeitraum 2003 - 2007



Abbildung 7d: Chlorid
Messzeitraum 2008 – 2012

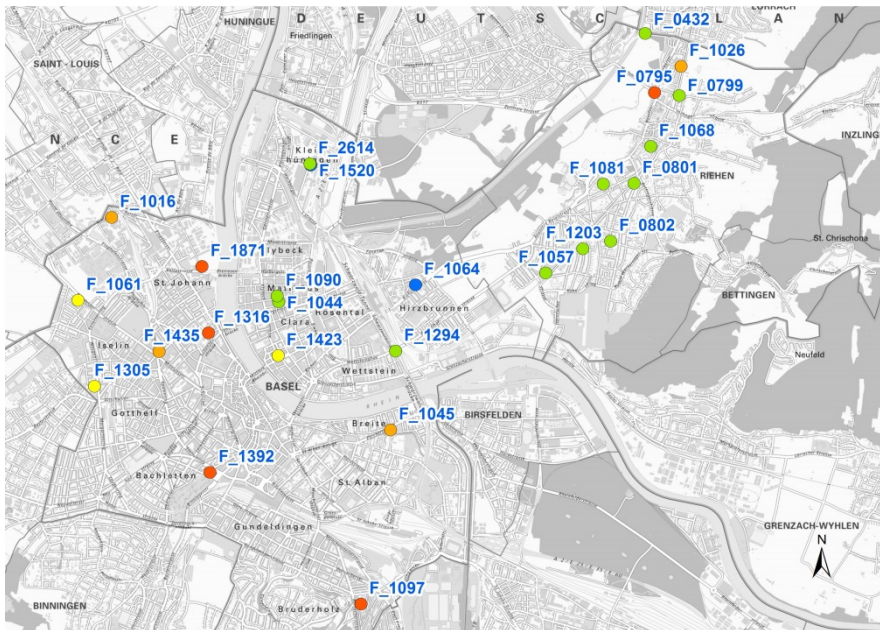


Abbildung 7e: Chlorid
Messzeitraum 2013 – 2017

Die Chlorid-Konzentrationen überschreiten bei einem Drittel der Messstellen von 1993 bis 2017 durchgängig den Anforderungswert, wobei die Chlorid-Belastung im Westen und Süden Basels tendenziell höher ist als im übrigen Kanton (vgl. Abbildung 7).

Die Messstelle 1392 (Birsigstrasse) verzeichnete in der Messperiode 2008 bis 2012 einen Höchstwert von 626 mg/l. In der folgenden Messperiode von 2013 bis 2017 war der Höchstwert 186 mg/l. Die Chlorid-Werte dieser Messstelle schwanken stark. Aufgrund des steilen Strassenabschnitts ist von einem hohen Streusalzeinsatz während Kälteperioden auszugehen.

Ebenfalls liegen die Messstellen 1316 (Kantonsspital) und 1871 (Fabrikstrasse) weit über dem Anforderungswert für Chlorid. Bei Letzterer sind in der Nähe belastete Standorte eine mögliche Ursache. Ausser einem sparsamen Umgang mit Streusalz und einer kontinuierlichen Sanierung des Kanalisationsnetzes sind keine Massnahmen zur Verbesserung der Chlorid-Konzentrationen möglich. Beides wird in Basel-Stadt bereits umgesetzt.

3.1.4 DOC (dissolved organic carbon)

Der DOC ist ein Summenparameter für den gelösten, organisch gebundenen Kohlenstoff in einer Probe. Der DOC setzt sich im Grundwasser vor allem aus dem Anteil an organischen Humin- und Fulvosäuren zusammen. Diese Gruppen von organischen Säuren entstehen bei der partiellen Zersetzung von abgestorbenen Lebewesen und Pflanzenmaterial im Boden.

Zwar erfasst der DOC auch anthropogen eingetragene Kohlenwasserstoffe wie Treib- und Brennstoffe, Pestizide und Lösungsmittel, jedoch sind diese bei gering belasteten Standorten vernachlässigbar aufgrund der geringen Konzentrationen im µg/l- oder ng/l-Bereich (Greber et al. 2002). Der DOC-Anforderungswert der GSchV beträgt 2 mg/l (Tabelle 6).



Abbildung 8c: DOC
Messzeitraum 2003 - 2007



Abbildung 8d: DOC
Messzeitraum 2008 – 2012

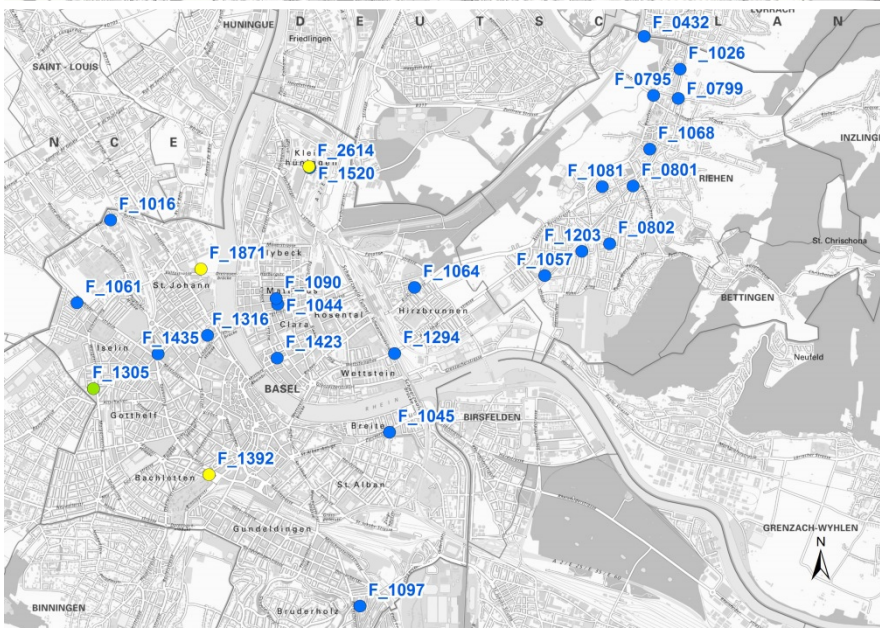


Abbildung 8e: DOC
Messzeitraum 2013 – 2017



Die DOC-Konzentrationen liegen von 1993 bis 2017 bei fast 90 % der Messstellen in der GSchV-Beurteilungskategorie „sehr gut“ (Abbildung 8). Die Messstellen 1392 (Birsigstrasse), 1871 (Fabrikstrasse) und 2614 / 1520 (Neuhaus-/Badenstrasse) weisen erhöhte DOC-Werte auf. Ursache sind belastete Standorte. Im Falle von 1392 sind auch die Parameter BTEX, insbesondere Benzol, aufgrund einer Benzinverunreinigung erhöht (Kapitel 3.1.1.1). Messstelle 2614 / 1520 ist durch PER und 1,2,4-Trichlorbenzol belastet (ehemals Stückstofffärberei und chemische Produktion). Die Fassung 1871 zeigt eine DOC-Wertüberschreitung aufgrund von Ablagerungsrückständen im ehemaligen Hafenbereich.

Da der DOC als Summenparameter nur indirekt auf Verunreinigungen deutet, besteht bei Überschreitung des Anforderungswertes in Bezug auf den DOC kein akuter Handlungsbedarf. Zukünftig ist jedoch weiterhin zu untersuchen, welche einzelnen Stoffe mit dem DOC korrelieren, um dann etwaige Massnahmen treffen zu können.

3.1.5 Organische Pestizide am Beispiel von 2,6-Dichlorbenzamid

Organische Pestizide gehören zur Gruppe der synthetischen Pflanzenschutzmittel (PSM), welche durch biologisch aktive Wirkstoffe Nutzpflanzen vor Schadorganismen schützen oder unerwünschte Pflanzen vernichten. Leider sind viele PSM in der Umwelt langlebig und bauen sich nur schwer ab. Für das Grundwasser von Bedeutung sind dabei nicht nur die eigentlichen PSM-Wirkstoffe, sondern auch eine Vielzahl zugehöriger Abbau-, Reaktions- und Transformationsprodukte (sogenannte Metaboliten). Im Grundwasser können Rückstände von PSM daher sowohl in Form der ursprünglichen PSM-Wirkstoffe als auch in Form verschiedener PSM-Metaboliten auftreten (Reinhardt et al, 2017).

Der Anforderungswert für organische Pestizide liegt laut GSchV bei 0.1 µg/l je Einzelstoff (Tabelle 7). An dieser Stelle wird der Grenzwert für das Pflanzenschutzmittel sinngemäss auf dessen wichtigsten Metaboliten ausgedehnt, da beide eins zu eins verknüpft sind.

Stellvertretend für die Beobachtung der PSM-Konzentration im Grundwasser wurde 2,6-Dichlorbenzamid, das wichtigste Abbauprodukt des Totalherbizids Dichlobenil, für diesen Bericht ausgewählt. Dichlobenil kam vor allem im Weinbau aber auch in Baumschulen oder in Kleingärtnern zum Einsatz. Die Anwendung von Dichlobenil ist in der Europäischen Union seit 2010 verboten. In der Schweiz galt bei Dichlobenil-haltigen Pflanzenschutzmitteln eine Ausverkaufsfrist zum 1. Februar 2014 sowie eine Aufbrauchfrist zum 1. Februar 2015 [4].

Dichlobenil selbst hat eine relativ kurze Halbwertszeit von 60 Tagen und wird im Grundwasser, im Gegensatz zu 2,6-Dichlorbenzamid, nur selten nachgewiesen. 2,6-Dichlorbenzamid zählt zu den am häufigsten im Siedlungsgebiet von Basel-Stadt im Grundwasser nachgewiesenen Pestizidrückständen und ist daher Teil des kantonalen Überwachungsprogramms.

Zur Ergänzung - ein viel beachteter Stoff ist das Herbizid Atrazin. In der Schweiz ist die Anwendung von Atrazin seit 2009 verboten. Dennoch sind im Abstrom von Gleisanlagen immer noch stark erhöhte Konzentrationen (über 0.1 µg/l) nachweisbar (Reinhardt et al, 2017). Diese Befunde belegen, wie persistent Atrazin in der Umwelt ist.

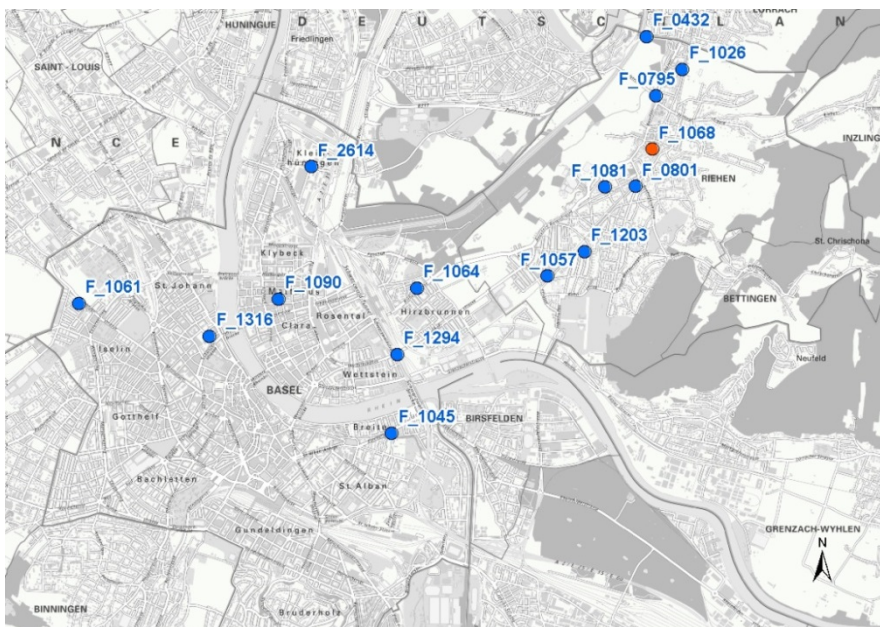


Amt für Umwelt und Energie

In Basel-Stadt wird Atrazin im Grundwasser, ausser im Abstrom der Eisenbahnverbindung zwischen Basel Badischem Bahnhof und Riehen, nur noch in Spurenkonzentrationen (kleiner 0.05 µg/l) nachgewiesen.

Tabelle 7: Bewertungskriterien für 2,6-Dichlorbenzamid.

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
	sehr gut	Anforderungswert (0.1 µg/l Einzelstoffe Pestizide) nach GSchV eingehalten
	gut	
	mässig	Anforderungswert nach GSchV überschritten
	unbefriedigend	
	schlecht	



**Abbildung 9a: 2,6-Dichlorbenzamid
Messzeitraum 1998 – 2002**



**Abbildung 9b: 2,6-Dichlorbenzamid
Messzeitraum 2003 - 2007**

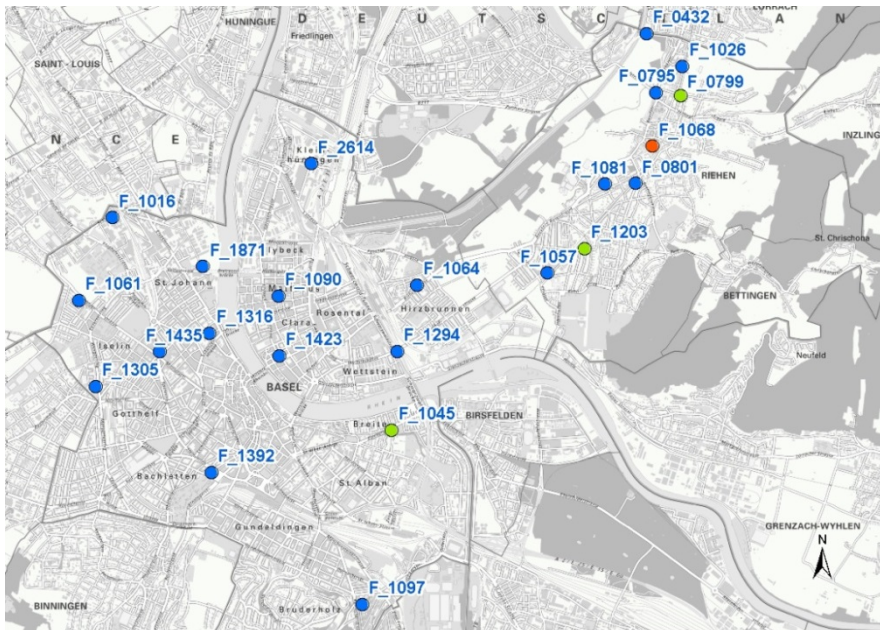


Abbildung 9c: 2,6-Dichlorbenzamid
Messzeitraum 2008 – 2012

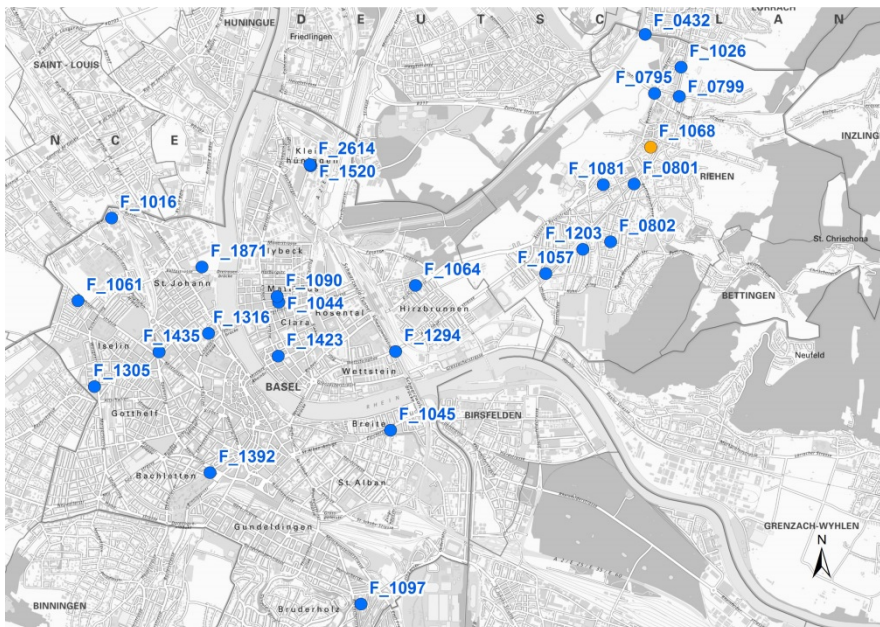


Abbildung 9d: 2,6-Dichlorbenzamid
Messzeitraum 2013 – 2017

Die Häufigkeit der 2,6-Dichlorbenzamid-Nachweise nimmt seit 2007 ab (Abbildung 9). Im Zeitraum 2013 bis 2017 ist bei fast der Hälfte der 27 Messstellen die 2,6-Dichlorbenzamid-Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die höchsten Konzentrationen wurden im Bereich Riehen in den Jahren 2003 bis 2007 erreicht.

Die Messstelle 1068 (Gemeindeparkplatz Riehen), östlich des Bahnhofs Riehen, ist die einzige Beprobungsstelle wo der Anforderungswert immer noch deutlich überschritten wird. Hier ist jedoch im Vergleich zur Vorperiode auch eine Verbesserung zu verzeichnen. Eine mögliche Ursache kann der unerlaubte Einsatz des Totalherbizids im Bahnhofsareal darstellen. Ausserdem liegen im Zustrom mehrere Grünanlagen, Gärtnereien sowie eine Beerenanbaufläche. In den erwähnten Betrieben wurde infolge der hohen Konzentrationen eine Umfrage bzw. Sensibilisierung durch das Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) durchgeführt – vielleicht hat diese Sensibilisierung der Bevölkerung zum schnelleren Anwendungsrückgang noch vor dem eigentlichen Dichlobenil-Verbot beigetragen.



Die an der Messstelle 1061 (Waldighoferstrasse) gemessenen und seit 2013 stagnierenden Konzentrationen, lassen sich durch die Lage der Messstelle im Abstrombereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen Frankreichs sowie des Kantons Basel-Landschaft erklären.

Messstelle 1045 (Zürcherstrasse), die bis 2013 leicht erhöhte 2,6-Dichlorbenzamid-Werte aufwies, befindet sich im Abstrom von Kleingärten sowie einem Bahnhofsareal, was den Einsatz von Herbiziden in der Vergangenheit nahelegt. Aufgrund des allgemeinen Dichlobenil-Anwendungsverbots ist die 2,6-Dichlorbenzamid-Konzentration dort in letzten fünf Jahren zurückgegangen.

Sind PSM und PSM-Abbauprodukte einmal ins Grundwasser gelangt, werden sie dort kaum oder nur sehr langsam abgebaut. Die Grundwassererneuerung braucht meist mehrere Jahre bis Jahrzehnte. Daher besitzt unser Grundwasser ein „Langzeitgedächtnis“ für künstliche, langlebige Chemikalien. Unsere Aufgabe ist es, verantwortungsvoll im Umgang mit PSM zu sein. Kantonale Umweltschutzfachstellen, wie das AUE Basel-Stadt, evaluieren durch regelmässiges Monitoring, ob die zum Grundwasserschutz ergriffenen Massnahmen Wirkung zeigen. Sie beobachten gleichzeitig neu-aufkommende Stoffe aus der ständig wechselnden PSM-Produktpalette, um frühzeitig und vorausschauend zu agieren.

3.1.6 Monocyclische aromatische Kohlenwasserstoffe am Beispiel von Benzol

Verschiedene monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (MAKW) sind Bestandteile von Benzin sowie in geringerem Ausmass auch von anderen Erdölprodukten wie Heizöl, Diesel oder Kerosin. Zudem werden MAKW häufig als Lösungsmittel verwendet und dienen der chemischen Industrie als Ausgangsstoffe für die Synthese diverser organischer Kohlenstoffverbindungen. Zu den MAKW zählen unter anderem Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole (BTEX). Die BTEX sind leichter als Wasser, und nur in Spuren wasserlöslich. Sie neigen daher dazu, eine aufschwimmende Phase im Grundwasser zu bilden.

Der Anforderungswert dieser Stoffgruppe liegt bei 1 µg/l je Einzelstoff (Tabelle 8). Auf die Darstellung der Belastungssituation bezüglich des Summenparameters BTEX wird im Folgenden verzichtet, da dieser erwartungsgemäss ein ähnliches Bild wie der einzelne Parameter Benzol zeichnet.

Benzol ist eine organische, kanzerogene Flüssigkeit und maximal mit 1.7 g/l in Wasser löslich. Es ist Ausgangsstoff verschiedener Industriechemikalien und Bestandteil von Benzin. Das Vorkommen von Benzol im Grundwasser korreliert in der Regel mit früheren Einträgen von Benzin. Zu beachten ist jedoch, dass Benzol auch natürlich im Grundwasser aufgrund von Gesteinsschichten mit höherem Gehalt an organischem Material vorkommen kann (z.B. Mittlerer Muschelkalk).

Tabelle 8: Bewertungskriterien für Benzol.






Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 0.5$	Anforderungswert (1 µg/l) nach GSchV eingehalten
 gut	$0.5 \leq S < 1$	
 mässig	$1 \leq S < 1.5$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$1.5 \leq S < 2$	
 schlecht	$S \geq 2$	



Abbildung 10a: Benzol
Messzeitraum 1993 – 1997

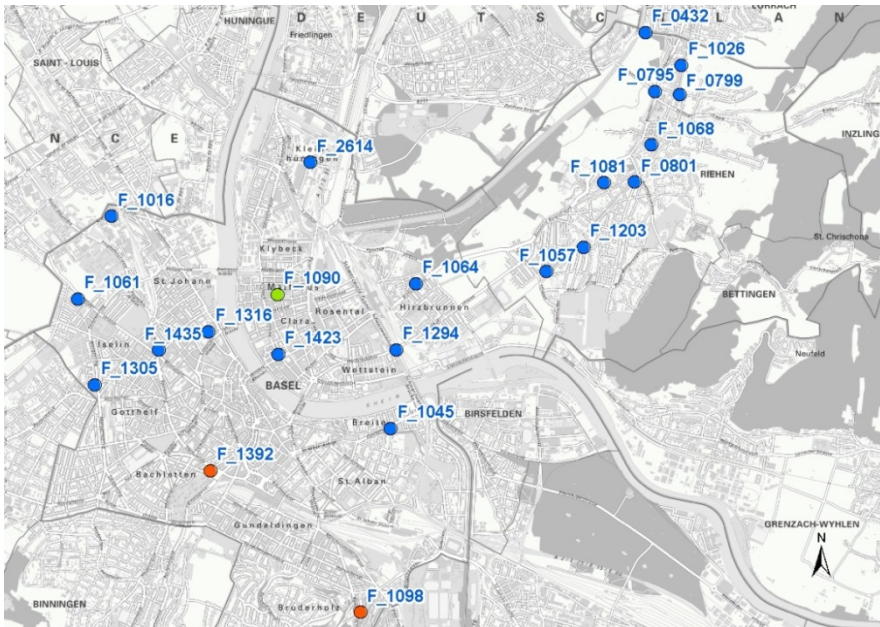


Abbildung 10b: Benzol
Messzeitraum 1998 – 2002



Abbildung 10c: Benzol
Messzeitraum 2003 - 2007



Abbildung 10d: Benzol
Messzeitraum 2008 – 2012

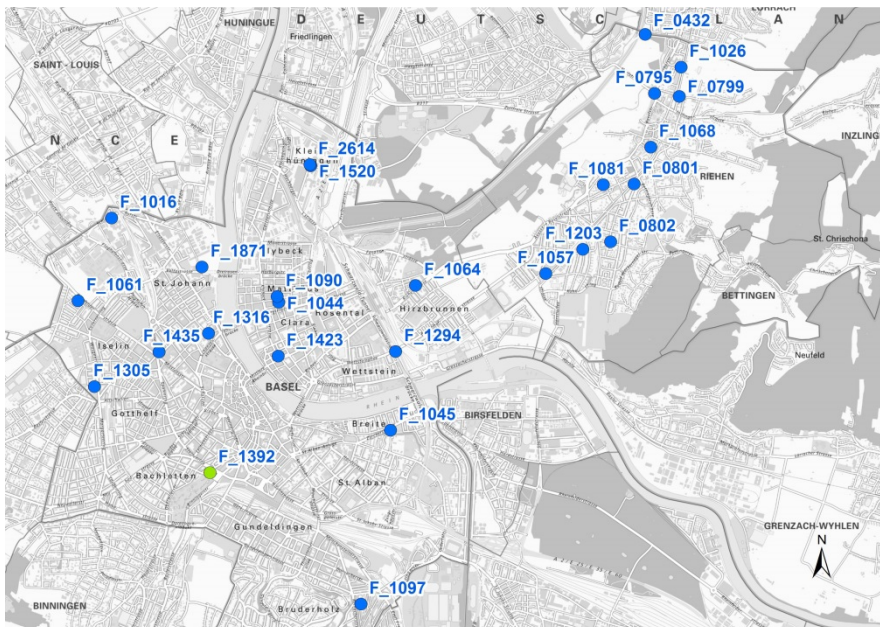


Abbildung 10e: Benzol
Messzeitraum 2013 – 2017

Die Benzolbelastung im Grundwasser des Kantons Basel-Stadt ist seit jeher gering (Abbildung 10). Im Zeitraum 1993 bis 2017 liegen die Benzolkonzentrationen bei rund 80 % der Messstellen unter der Bestimmungsgrenze.

Die Fassungen 1097 / 1098 (Tiefbauamt Leimgrubenweg) und 1392 (Birsigstrasse) bilden eine Ausnahme. Messstelle 1392 befindet sich im Gebiet einer Tankstelle, bei der infolge einer Leckage Benzin ins Erdreich gelangte. Die Altlast gilt als saniert. Die Abnahme der Benzol-Konzentrationen zwischen 1993 und 2017 lässt auf einen mikrobiellen Abbau der Verunreinigung schliessen (vgl. Kapitel 3.1.1.2).

Die Messstellen 1097 / 1098 im Süden Basels liegen im Abstrom eines ehemals korrodierten Tanklagers. Bis 1972 versickerten Benzin, Dieselöl und Heizöl in den Untergrund. Trotz Grundwasser-Sanierung waren noch Restverunreinigungen besonders im Bereich der Messstelle 1098 nachweisbar, jedoch wurde der Grenzwert nach der Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV) nicht überschritten. Es sind keine Massnahmen zur Verbesserung der Benzolbelastung nötig. Dennoch ist der Parameter



Benzol in Anbetracht des immer dichter werdenden Strassenverkehrs jährlich zu kontrollieren.

3.1.7 Flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (FHKW)

Trichlorethen (TRI) und Tetrachlorethen (PER) zählen zu den flüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (FHKW) und sind auf anthropogene Quellen zurückzuführen. Die Anwendungen von TRI und PER können in die folgenden vier Hauptgruppen eingeteilt werden:

- Als Reinigungs- und Lösungsmittel (Entfetten in Galvanikbetrieben, Chemische Reinigung)
- Als Lösungsmittel in der chemischen Produktion
- Als Lösungsmittel in Produkten (z.B. Farben, Klebstoffe)
- Zur Herstellung von Kunststoffen wie PVDC (Polyvinylidenchlorid) und PVC (Polyvinylchlorid)

Gemäss Gewässerschutzverordnung gilt ein Anforderungswert von 1 µg/l je Einzelstoff (Tabelle 9).

Tabelle 9: Bewertungskriterien für Tri- und Tetrachlorethen.

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
sehr gut	$S < 0.5$	Anforderungswert (1 µg/l) nach GSchV eingehalten
gut	$0.5 \leq S < 1$	
mässig	$1 \leq S < 1.5$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
unbefriedigend	$1.5 \leq S < 2$	
schlecht	$S \geq 2$	

3.1.7.1 Tetrachlorethen (PER)

Tetrachlorethen ist eines der bedeutendsten chlorierten Lösungsmittel. Es wird vor allem in chemischen Reinigungen sowie zur Entfettung von Metallen eingesetzt. PER ist nur unter anaeroben Bedingungen biologisch abbaubar und daher relativ persistent. Dabei werden z.T. Metabolite mit höherer Toxizität gebildet. Erschwerend bei Sanierungen erweist sich, dass PER eine höhere Dichte als Wasser hat, sodass es auf undurchlässigen Schichten des Untergrunds „Pfützen“ bildet. Diese sind sehr schwer zu orten und noch schwerer zu sanieren, ohne einen aufwendigen Totalaushub zu machen.



Abbildung 11a: PER
Messzeitraum 1993 – 1997

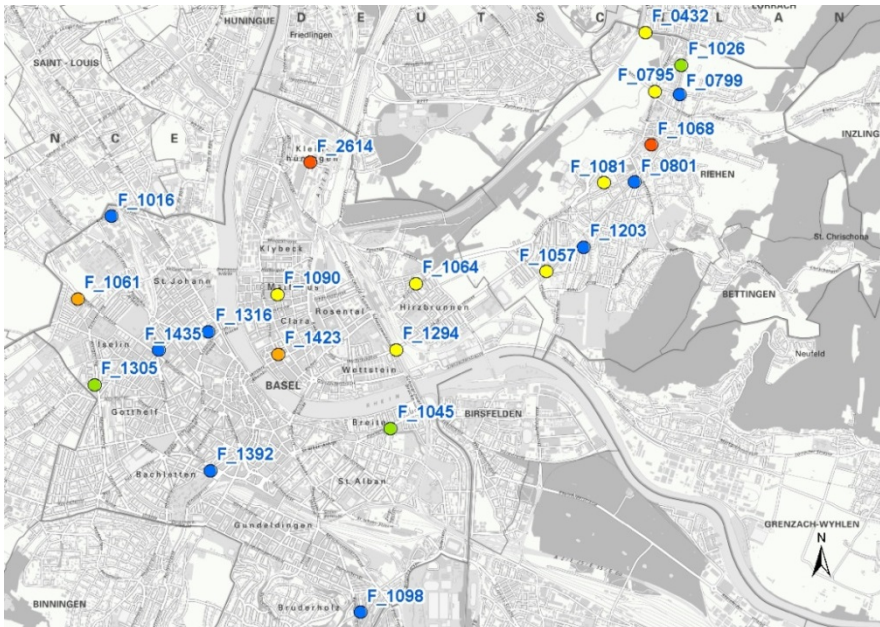


Abbildung 11b: PER
Messzeitraum 1998 – 2002



Abbildung 11c: PER
Messzeitraum 2003 - 2007

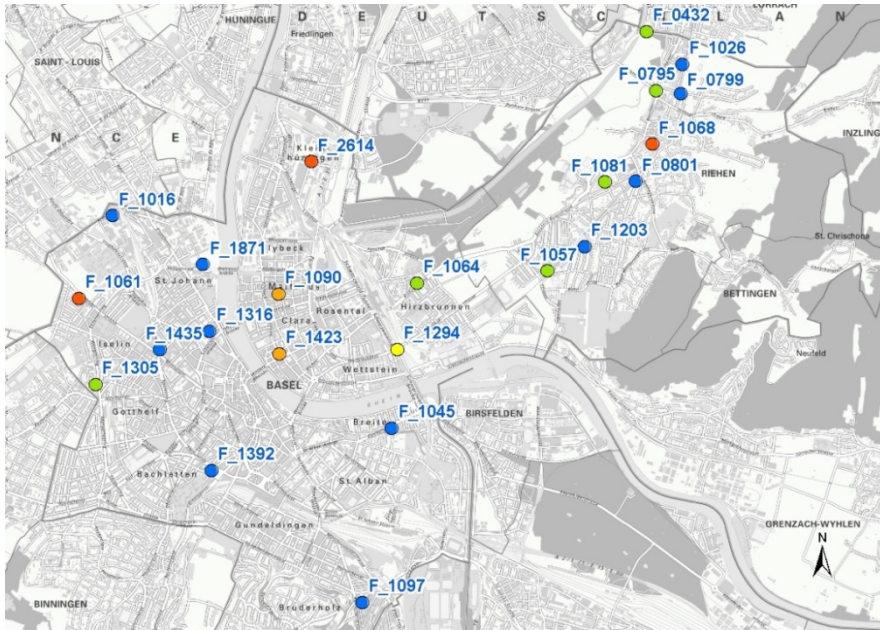


Abbildung 11d: PER
Messzeitraum 2008 – 2012

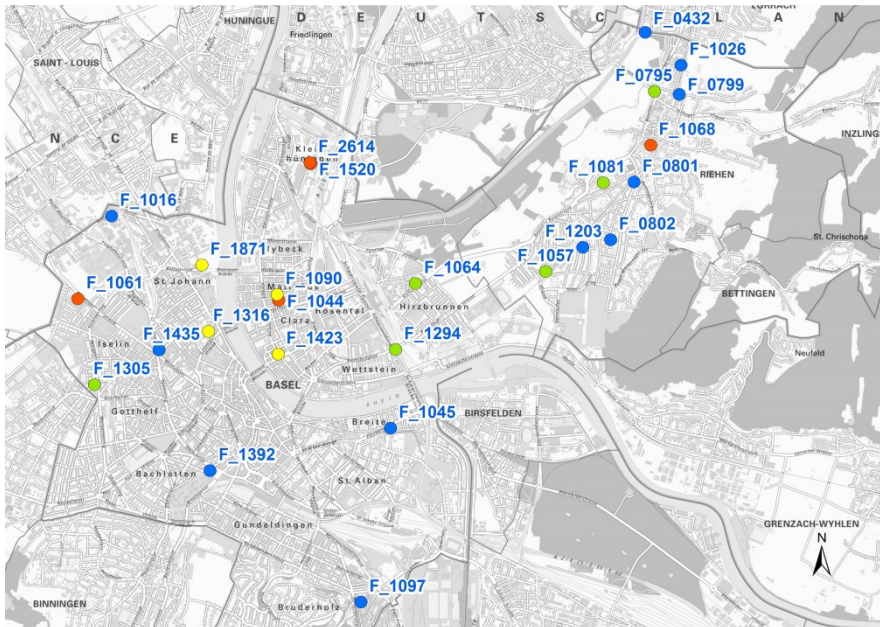


Abbildung 11e: PER
Messzeitraum 2013 – 2017

Tetrachlorethen ist im kantonalen Grundwasser stark verbreitet (Abbildung 11). Die höchsten Belastungen liegen im Bereich der Messstelle 2614 / 1520 (Neuhausstrasse / Badenstrasse) in Kleinhüningen vor. Im Zustrombereich befindet sich das inzwischen zum grössten Teil sanierte Areal der ehemaligen Stückfärberei. In der Stückfärberei wurden grosstechnisch Stoffe gefärbt, welche vorgängig mit Tetrachlorethen entfettet wurden. Weiter befindet sich im Zustrombereich ein Areal der Grosschemie, das eine zusätzliche Belastung verursachen kann. Seit 2008 ist in der Fassung 2614 der Konzentrationswert nach Altlasten-Verordnung nicht um mehr als das Doppelte überschritten worden, so dass keine Sanierungsbedürftigkeit abzuleiten ist.

Weitere stark belastete Stellen in Basel-Stadt sind 1068 (Gemeindeparkplatz Riehen) im Abstrom eines ehemaligen Galvanikbetriebes und die Stelle 1061 (Zivilschutzanlage Waldighoferstrasse) im Abstrom von Allschwil mit seinen Gewerbebetrieben und einigen in Frankreich liegenden Deponien.



Um die Belastung der Umwelt mit Tetrachlorethen zu verringern, sind schon in den 1990er Jahren gesetzliche Massnahmen betreffend der Lagerung und des Umgangs mit der Chemikalie getroffen worden, welche seither greifen. Verbesserungen der Situation aufgrund von Sanierungen sind am Laufen. Der natürliche Abbau der restlichen Belastungen wird Jahrzehnte in Anspruch nehmen.

3.1.7.2 Trichlorethen (TRI)

Trichlorethen findet bei der Entfettung von Metallen sowie in chemischen Reinigungen Verwendung. TRI ist ebenfalls ein Metabolit beim Abbau von Tetrachlorethen. Da auch TRI schwerer als Wasser ist, erweisen sich Sanierungen als schwierig. Sinngemäss gelten für TRI die gleichen Bemerkungen wie für PER. „Pflügen“ von TRI auf undurchlässigen Schichten im Untergrund werden jedoch bedeutend schneller ausgewaschen, da TRI 10-mal besser in Wasser löslich ist als PER.

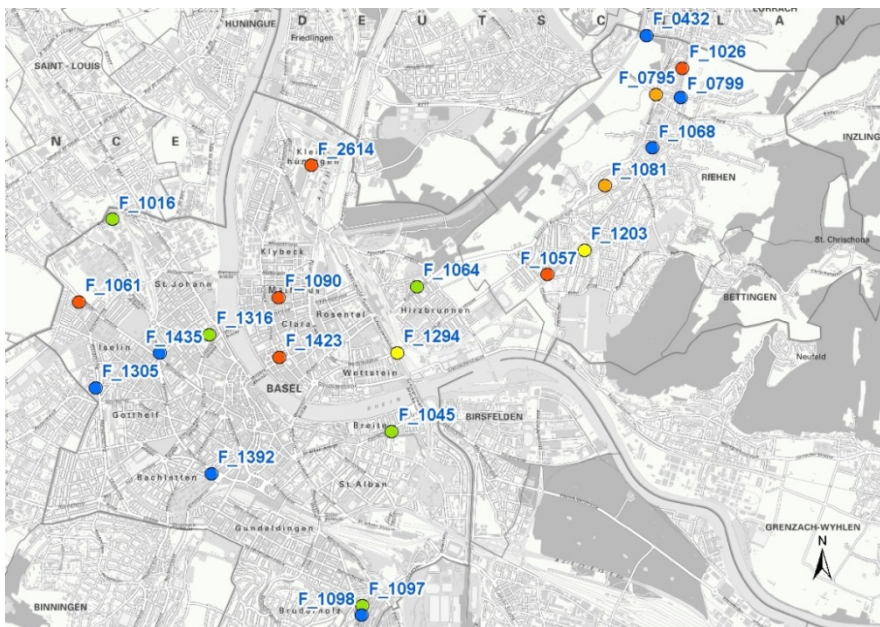


Abbildung 12a: TRI
Messzeitraum 1993 – 1997



Abbildung 12b: TRI
Messzeitraum 1998 – 2002

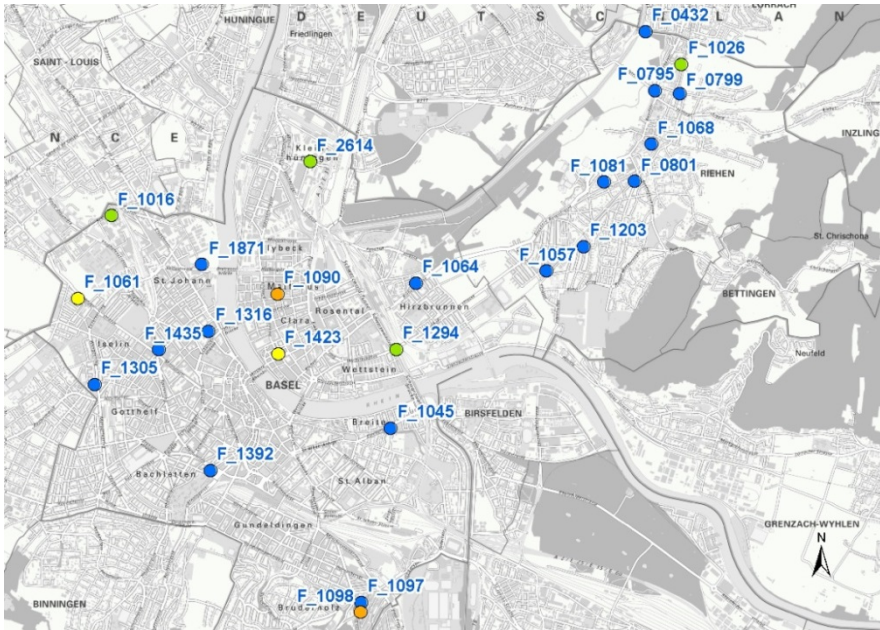


Abbildung 12c: TRI
Messzeitraum 2003 - 2007

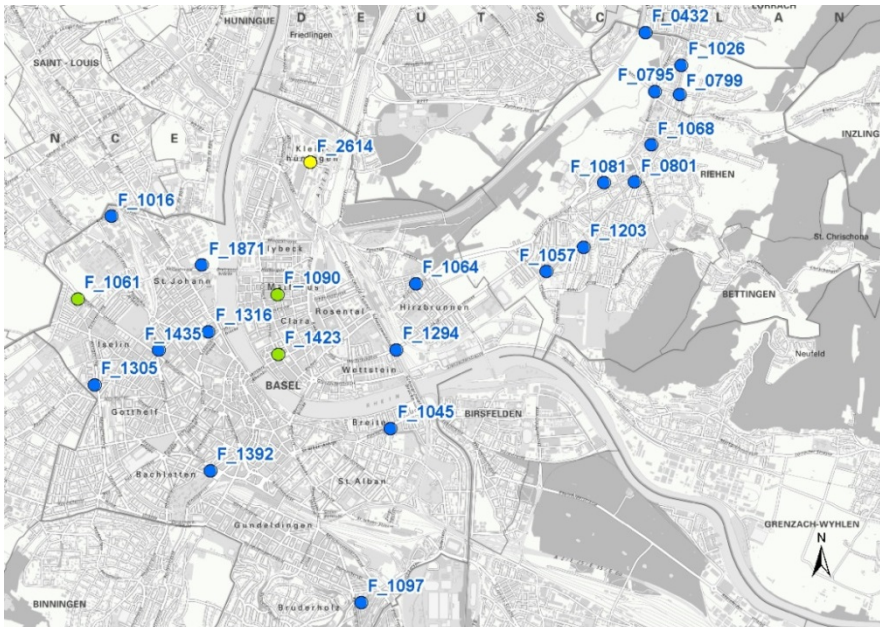


Abbildung 12d: TRI
Messzeitraum 2008 – 2012

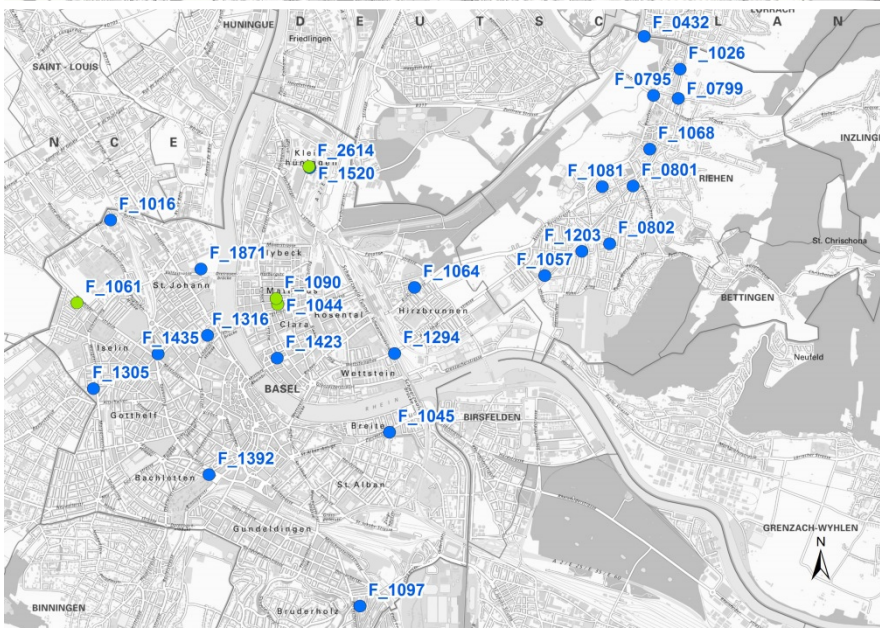


Abbildung 12e: TRI
Messzeitraum 2013 – 2017



Die TRI-Konzentrationen im kantonalen Grundwasser sind zwischen 1993 und 2017 im Vergleich zur Belastung mit PER bedeutend stärker gesunken (Abbildung 12). Während im Zeitraum 1993 bis 1997 noch die Hälfte der beprobten Messstellen eine Überschreitung des TRI-Anforderungswertes aufwies, war in den letzten zehn Jahren lediglich eine einzige Überschreitung zu verzeichnen (Messstelle 2614). Dieser Erfolg ist auf die bessere Löslichkeit von TRI im Grundwasser zurückzuführen. In Bezug auf Massnahmen zur Verbesserung gelten die gleichen Bemerkungen wie bei PER, ausser dass sie bei TRI schneller greifen.

3.1.8 Aliphatische Kohlenwasserstoffe

Aliphatische Kohlenwasserstoffe sind chemische Verbindungen, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut und nicht aromatisch sind, das heisst weder zur Gruppe der monocyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (MAKW) noch zur Gruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) gehören. In diese Kategorie fallen unzählige Verbindungen. Sie unterscheiden sich insbesondere in der Anzahl der Kohlenstoffatome im Molekül – und werden mit der Anzahl an Kohlenstoffatomen umschrieben. Die beiden Hauptgruppen bilden die aliphatischen Kohlenwasserstoffe mit fünf bis zehn Kohlenstoffatomen KWS (C_5 bis C_{10}), sowie die aliphatischen Kohlenwasserstoffe mit zehn bis 40 Kohlenstoffatomen KWS (C_{10} bis C_{40}).

Die aliphatischen Kohlenwasserstoffe bilden den Hauptbestandteil von Benzin, Diesel, Heizöl, Petroleum, Kerosin usw. Sie sind leichter als Wasser, in selbigem nur in Spuren löslich und bilden daher eine aufschwimmende Phase im Grundwasser. Der Anforderungswert dieser Stoffgruppe liegt bei 1 µg/l je Einzelstoff. Aufgrund der sehr grossen Zahl an möglichen Einzelstoffen ist es analytisch sehr schwierig, die Konzentrationen der einzelnen aliphatischen Kohlenwasserstoffe zu bestimmen und so die Einhaltung des Grenzwertes zu überprüfen. In der Regel wird deshalb die Summe aller in einer Probe nachweisbaren aliphatischen Kohlenwasserstoffe gemessen, zum einen die Summe KWS (C_5 bis C_{10}) – diese stammen vornehmlich aus Benzin - und zum anderen die Summe KWS (C_{10} bis C_{40}) – aus Heizöl oder Diesel. Für diese Summen gibt es in der GSchV keinen Grenzwert.

Auf eine graphische Darstellung der Belastungssituation bezüglich der aliphatischen Kohlenwasserstoffe wird verzichtet. Denn Belastungen mit KWS wurden ausschliesslich an Unfallstandorten oder solchen mit abgelagertem Material nachgewiesen. Aliphatische Kohlenwasserstoffe sind als Schadstoffe relativ immobil. Das heisst, sie werden kaum verlagert und werden mit der Zeit abgebaut. Ein solcher Abbau wird an den uns bekannten Standorten auch beobachtet. Aus diesem Grund werden nur belastete Standorte regelmässig untersucht, die restlichen Grundwasserbohrungen mindestens einmal in fünf Jahren.

Belastet ist der Unfallstandort 1392 (Birsigstrasse). Dort wurden im Jahr 1995 noch 24'000 µg/L in der Summe aliphatischer Kohlenwasserstoffe der Kettenlänge C_{10} bis C_{40} nachgewiesen. Seit 2012 liegt dieser Parameter unter 50 µg/L.



Geeignete Massnahmen zur Verhinderung der Belastung mit aliphatischen Kohlenwasserstoffen wurden schon vor Jahren eingeführt. Insbesondere haben sich Überfüllsicherungen bei Tankanlagen und regelmässige Tankkontrollen bewährt. Beim Strassenverkehr wirken sich die strikten Motorfahrzeugkontrollen positiv aus. Es bleibt jedoch abzuwarten, wie sich die per 1. Januar 2007 in weniger gefährdeten Gebieten aufgehobene Kontroll- und Bewilligungspflicht für Kleintankanlagen in Zukunft auf die Unfallhäufigkeit mit Heizöl auswirken wird.

3.1.9 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe sind chemische Verbindungen, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut sind, wobei die Kohlenstoffketten zwei und mehr aneinanderhängende Ringe bilden. Das ist das wesentliche Unterscheidungsmerkmal von den monocyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, die aus nur einem Ring bestehen. Die Ringe der aromatischen Kohlenwasserstoffe weisen ein delokalisiertes Elektronensystem auf, d.h. sie sind aromatisch. Sie bestehen in der Regel aus sechs Kohlenstoffatomen (6-er Ringe). Das delokalisierte Elektronensystem unterscheidet die aromatischen Kohlenwasserstoffe im Wesentlichen von der Gruppe der aliphatischen Kohlenwasserstoffe und bedeutet auch, dass die Atome der Aromaten alle in einer Ebene liegen – in anderen Worten planar sind. Diese Planarität ist ein gewichtiger Grund für Ihre toxischen Eigenschaften.

Der Anforderungswert dieser Stoffgruppe liegt bei 0.1 µg/l je Einzelstoff.

Die PAK sind natürlicher Bestandteil von Kohle und Erdöl. PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von Kohle, Heizöl, Holz, Tabak und anderem organischem Material. Bei der Herstellung von Koks und Gas aus Kohle fällt als Nebenprodukt Teer mit sehr hohen Anteilen an PAK an. In der Anfangszeit der Industrialisierung wurde dieser Teer in der Nähe der Gaswerke in Wannen zwischengelagert. Leckagen führten zu massiven Grundwasserunreinigungen, die teilweise auch noch heute nachgewiesen werden.

Einige PAK haben selbst in tiefen Konzentrationen bei Dauerbelastung eine karzinogene Wirkung.

Auf eine graphische Darstellung der Belastungssituation bezüglich PAK wird verzichtet, da sie in der Gesamtkampagne im Jahr 2009 in keiner der in diesem Bericht aufgeführten Fassungen nachgewiesen wurden. In anderen Fassungen im Bereich von belasteten Standorten, die aber zum grossen Teil saniert sind, lagen die PAK-Konzentrationen jedoch über der Nachweisgrenze. Ein Vorteil ist auch, dass PAK im Grundwasser nicht mobil sind, d.h. sie bleiben als Belastung an Ort und Stelle und können das Grundwasser nicht weiträumig gefährden.

Ein laufendes Monitoring auf PAK erfolgt mit jährlichen Untersuchungen auf Naphthalin. Dieses in seiner Struktur einfachste PAK stellt sozusagen die Leitsubstanz für andere PAK dar. In der Messperiode 2008 bis 2017 wurde Naphthalin nur in den Fassungen der belasteten Standorte 2614 (Neuhausstrasse), 1064 (Luftschutzraum Waldshuterstrasse) und 1392 (Birsigstrasse) nachgewiesen. Alle Werte liegen jedoch unter der Anforderung von 0.1 µg/l.



Ursache für den Befund bei der Fassung 2614 ist der massive Lastwagenverkehr, bei Fassung 1392 die Kontamination mit Heizöl und bei der Fassung 1064 ist die Ursache unklar.

Geeignete Massnahmen zur Verhinderung der Belastung mit PAK wurden laufend seit den 90-er Jahren getroffen. Produkte, die viel PAK enthalten, sind entweder verboten oder in ihrer Anwendung stark eingeschränkt.

3.1.10 AOX

Die AOX sind ein Summenparameter. Im Parameter AOX werden alle halogenhaltigen organischen an Aktivkohle adsorbierbaren Verbindungen erfasst. Hintergrund für diesen Parameter ist die hohe chronische Toxizität einiger Verbindungen dieser Stoffklasse. Es gibt jedoch auch natürlich vorkommende AOX-Verbindungen, die nicht chronisch toxisch sind. Weil die Einzelstoffanalytik grosse Fortschritte gemacht hat – giftige Verbindungen können heutzutage als Einzelsubstanzen bestimmt und müssen nicht mehr über einen Summenparameter erfasst werden – verliert der Parameter AOX in der Grundwasseranalytik an Bedeutung.

Der Anforderungswert für AOX liegt bei 0.01 mg/l.

Der Parameter AOX wurde bis zum Jahr 2002 jährlich untersucht. Die Konzentrationen im Grundwasser der in diesem Bericht dargestellten Fassungen lagen immer unter der gesetzlichen Anforderung. Einzig die Fassung 1016 (Schlachthof) wies im Jahr 1997 eine Überschreitung auf (0.013 mg/l).

Die Konzentrationen an den anthropogen unbelasteten Standorten lagen im Bereich von 0.003 bis 0.005 mg/l. Leicht erhöhte AOX-Werte (0.008 bis 0.009 mg/l) wurden in der Nähe von mit PER belasteten Standorten gemessen, da PER Teil des Summenparameters AOX ist. Die belasteten Standorte waren vornehmlich chemische Reinigungen oder Metallveredlungsbetriebe. Die Belastungssituation mit AOX wird in diesem Bericht nicht graphisch dargestellt.

Geeignete Massnahmen zur Verhinderung der Belastung mit den toxischen Fraktionen der AOX sind in den 1980-er und 1990-er Jahren zum Beispiel mit dem Anwendungsverbot der Polychlorierten Biphenyle (PCB) und einiger Insektizide wie Lindan oder DDT getroffen worden.



Literatur

Bundesamt für Umwelt BAFU (2009): *Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung Schweiz (NAQUA). Zustand und Entwicklung 2004–2006*, Umwelt-Zustand Nr. 0903, Bern

Fischer, H., Hauber, L., Wittmann, O. (1971): *Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000. Erläuterungen zum Blatt 1047 Basel*. Kümmerly & Frey AG, Geographischer Verlag, Bern.

Greber, E., Baumann, A., Cornaz, S., Herold, T., Kozel, R., Muralt, R., Zobrist, J. (2002): *Grundwasserqualität in der Schweiz. NAQUATREND – das nationale Beobachtungsprogramm*. Sonderdruck Nr. 1472 aus gwa 3/2002 des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW), Zürich.

Liechti, P. (2010): *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe*. Umwelt-Vollzug Nr. 1005. Bundesamt für Umwelt, Bern.

LUBW (2006): *Grundwasser-Überwachungsprogramm. Ergebnisse der Beprobung 2005*. Reihe Grundwasserschutz, Band 30. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 – Grundwasser, Baggerseen. Rastatt.

Reinhardt, M.; Kozel, R.; Hofacker, A.; Leu, C. (2017): *Monitoring von PSM-Rückständen im Grundwasser*, aqua & gas, No. 6, 78-89.

SR 814.201 Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand 1. Juni 2018)

SR 916.161, Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV) vom 12. Mai 2010 (Stand 1. Juli 2018).

[1] <http://www.umweltberichtbeiderbasel.bs.ch/umweltbericht/indikatoren/16-wasser/nitrat-im-grundwasser.html>

[2] <http://www.aue.bs.ch/wasser/grundwasser.html>

[3] <https://www.psm.admin.ch/de/produkte>

[4] <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/zugelassene-pflanzenschutzmittel.html>






(Zurückgezogene Wirkstoffe aus Anhang 1 der PSMV, Bundesamt für Landwirtschaft, BLW)



Anhang



Anhang A: 90-Perzentilwerte Ammonium (NH₄⁺) in mg N/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 0.04$	Anforderungswert (0.08 mg/l Ammonium-Stickstoff) nach GSchV eingehalten
 gut	$0.04 \leq S < 0.08$	
 mässig	$0.08 \leq S < 0.12$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$0.12 \leq S < 0.16$	
 schlecht	$S \geq 0.16$	

Bestimmungsgrenze (BG): 0.01 mg N/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 10: 90-Perzentilwerte Ammonium (mg N/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	0.030	0.015	0.012	0.007	0.005
F_0795	0.020	0.013	0.003	0.013	0.003
F_0799	< BG	< BG	0.002	0.008	0.003
F_0801		0.020	0.008	0.007	0.004
F_0802					0.005
F_1016	0.016	0.074	0.005	0.005	0.008
F_1026	0.020	0.020	0.013	0.003	0.002
F_1044					0.010
F_1045	0.69	0.010	0.006	0.009	0.003
F_1057	0.023	0.025	0.004	0.007	0.004
F_1061	0.020	0.020	0.005	0.007	0.004
F_1064	0.020	0.030	0.011	0.013	0.004
F_1068	0.023	0.019	0.016	0.006	0.002
F_1081	0.030	0.025	0.008	0.005	0.004
F_1090	0.020	0.025	0.009	0.013	0.012
F_1097	0.080			0.004	0.003
F_1098	0.040	0.10	0.020		
F_1203	0.020	0.036	0.012	0.011	0.004
F_1294	0.026	0.015	0.006	0.007	0.008
F_1305	0.030	0.050	0.004	0.005	0.007
F_1316	0.17	0.030	0.009	0.007	0.007
F_1392	1.1	0.95	0.63	0.72	0.51
F_1423	0.020	0.028	0.004	0.008	0.002
F_1435	0.017	0.012	0.009	0.012	0.004
F_1520					0.021
F_1871			0.25	0.008	0.001
F_2614	0.010	0.020	0.007	0.024	0.22



Anhang B: 90-Perzentilwerte Nitrat (NO₃⁻) in mg N/l






Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 2.8$	Anforderungswert (5.6 mg/l Nitrat-Stickstoff) nach GSchV eingehalten
 gut	$2.8 \leq S < 5.6$	
 mässig	$5.6 \leq S < 8.4$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$8.4 \leq S < 11.2$	
 schlecht	$S \geq 11.2$	
Bestimmungsgrenze (BG): 0.06 mg N/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1		

Tabelle 11: 90-Perzentilwerte Nitrat (mg N/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	3.79	4.74	3.95	3.60	3.25
F_0795	8.10	7.92	6.04	5.55	5.44
F_0799	9.49	10.90	7.16	5.45	6.01
F_0801		8.19	6.76	6.11	5.63
F_0802					5.36
F_1016	12.08	12.50	9.14	8.15	7.36
F_1026	9.28	9.25	7.34	6.69	6.68
F_1044					8.32
F_1045	7.72	8.03	6.74	6.58	6.21
F_1057	8.05	8.71	6.42	5.81	5.11
F_1061	10.52	10.07	8.07	8.81	7.41
F_1064	4.05	3.29	3.30	2.64	2.56
F_1068	7.78	8.63	7.40	5.83	5.33
F_1081	8.73	9.30	6.29	5.63	5.39
F_1090	4.39	4.50	4.21	4.22	8.77
F_1097	0.10		4.43	2.77	3.44
F_1098	0.05	0.38	0.89		
F_1203	8.39	9.00	6.30	5.23	5.24
F_1294	4.52	4.33	3.61	3.83	3.41
F_1305	14.90	14.08	10.19	10.14	7.11
F_1316	12.84	8.20	10.03	10.66	7.97
F_1392	0.13	0.23	0.00	< BG	0.00
F_1423	6.02	7.33	5.21	4.42	4.30
F_1435	12.32	13.12	10.15	8.89	6.52
F_1520					2.24
F_1871			4.57	1.76	5.73
F_2614	3.98	2.46	2.25	2.50	1.66

Anhang C: 90-Perzentilwerte Sulfat (SO_4^{2-}) in mg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
sehr gut	$S < 20$	Anforderungswert (40 mg/l Sulfat) nach GSchV eingehalten
gut	$20 \leq S < 40$	
mässig	$40 \leq S < 60$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
unbefriedigend	$60 \leq S < 80$	
schlecht	$S \geq 80$	

Bestimmungsgrenze (BG): 2.5 mg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 12: 90-Perzentilwerte Sulfat (mg/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	34.3	46.5	45.7	43.2	42.5
F_0795	125	128	108	106	99.0
F_0799	70.4	54.7	52.0	52.1	47.8
F_0801		66.4	60.6	60.6	57.5
F_0802					58.3
F_1016	210	184	147	126	118
F_1026	127	131	109	108	95.1
F_1044					46.0
F_1045	75.0	70.9	64.2	63.2	64.9
F_1057	79.4	84.8	59.4	60.5	57.8
F_1061	102	97.8	86.7	92.2	74.0
F_1064	34.7	36.2	30.3	29.5	28.8
F_1068	77.6	81.8	76.9	72.9	70.2
F_1081	79.1	84.6	62.0	62.9	57.8
F_1090	37.3	43.4	32.7	47.0	44.4
F_1097	42.6			66.0	63.9
F_1098	44.5	49.6	46.9		
F_1203	70.9	78.8	58.4	56.4	56.5
F_1294	36.2	37.8	33.8	31.8	33.2
F_1305	121	93.8	77.8	72.4	73.1
F_1316	92.0	71.6	63.5	73.3	63.5
F_1392	44.0	34.4	22.1	23.4	43.1
F_1423	56.2	60.3	47.3	42.8	43.3
F_1435	89.9	91.2	76.5	67.9	59.2
F_1520					30.5
F_1871			146	70.2	85.7
F_2614	68.9	33.6	36.0	35.5	24.2

Anhang D: 90-Perzentilwerte Chlorid (Cl⁻) in mg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
sehr gut	$S < 20$	Anforderungswert (40 mg/l Chlorid) nach GSchV eingehalten
gut	$20 \leq S < 40$	
mässig	$40 \leq S < 60$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
unbefriedigend	$60 \leq S < 80$	
schlecht	$S \geq 80$	






Bestimmungsgrenze (BG): 1.5 mg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 13: 90-Perzentilwerte Chlorid (mg/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	14.6	19.3	26.9	28.5	33.0
F_0795	55.5	63.4	64.8	72.4	82.3
F_0799	27.5	23.5	52.7	31.1	35.1
F_0801		28.3	30.3	32.6	31.2
F_0802					34.1
F_1016	48.0	72.0	61.7	50.7	60.2
F_1026	57.9	60.5	62.8	72.3	76.0
F_1044					36.2
F_1045	32.2	35.0	39.4	50.8	64.0
F_1057	31.8	32.8	24.8	31.5	31.7
F_1061	30.2	29.8	26.7	40.1	53.0
F_1064	13.8	16.2	14.6	15.3	16.3
F_1068	27.1	29.7	28.7	28.0	30.6
F_1081	38.6	36.5	28.4	37.4	36.0
F_1090	38.9	41.6	33.7	35.5	39.2
F_1097	42.8			70.4	96.8
F_1098	41.6	51.3	31.0		
F_1203	31.7	29.7	23.8	28.4	33.9
F_1294	16.4	17.8	18.3	21.8	23.2
F_1305	68.7	112.8	45.0	47.5	49.5
F_1316	84.5	64.2	71.2	82.2	86.6
F_1392	78.7	81.7	161	534	170
F_1423	25.5	32.9	34.6	43.1	47.3
F_1435	46.5	47.2	48.3	63.0	65.5
F_1520					19.6
F_1871			45.2	130	143
F_2614	29.1	15.7	33.9	38.0	29.5



Anhang E: 90-Perzentilwerte DOC in mg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 1$	Anforderungswert (2 mg/l) nach GSchV eingehalten
 gut	$1 \leq S < 2$	
 mässig	$2 \leq S < 3$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$3 \leq S < 4$	
 schlecht	$S \geq 4$	

Bestimmungsgrenze (BG): 0.1 mg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 14: 90-Perzentilwerte DOC (mg/l)

Stelle	1993_1997	1998_2002	2003_2007	2008_2012	2013_2017
F_0432	0.75	0.60	0.70	0.47	0.75
F_0795	0.70	0.65	0.52	0.40	0.55
F_0799	1.20	1.10	1.10	0.73	0.91
F_0801		0.45	0.60	0.45	0.63
F_0802					0.55
F_1016	1.00	0.90	0.94	0.78	0.95
F_1026	0.80	0.70	0.58	0.40	0.52
F_1044					0.54
F_1045	0.94	0.70	0.68	0.52	0.65
F_1057	0.83	0.65	0.64	0.45	0.66
F_1061	0.90	1.22	0.80	0.73	0.80
F_1064	0.79	0.65	0.52	0.36	0.53
F_1068	0.60	0.40	0.47	0.33	0.46
F_1081	0.73	0.65	0.57	0.47	0.57
F_1090	0.98	0.50	0.45	0.42	0.53
F_1097	1.60			0.63	0.73
F_1098	1.00	1.14	0.67		
F_1203	0.80	0.70	0.60	0.52	0.53
F_1294	0.56	0.68	0.48	0.43	0.43
F_1305	1.60	1.20	0.93	0.88	1.12
F_1316	0.92	0.94	0.64	0.58	0.73
F_1392	5.60	5.24	4.62	4.70	2.97
F_1423	1.78	1.36	0.57	0.47	0.58
F_1435	0.84	0.60	0.63	0.46	0.52
F_1520					0.77
F_1871			5.23	2.62	2.21
F_2614	1.68	3.12	1.73	2.54	2.38



Anhang F: 90-Perzentilwerte 2,6-Dichlorbenzamid in µg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
sehr gut	$S < 0.05$	Anforderungswert (0.1 µg/l Einzelstoff Pestizide) nach GSchV eingehalten
gut	$0.05 \leq S < 0.1$	
mässig	$0.1 \leq S < 0.15$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
unbefriedigend	$0.15 \leq S < 0.2$	
schlecht	$S \geq 0.2$	

Bestimmungsgrenze (BG): 0.01 µg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 15: 90-Perzentilwerte 2,6-Dichlorbenzamid (µg/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432		< BG	< BG	< BG	< BG
F_0795		< BG	0.017	< BG	< BG
F_0799			0.091	0.051	0.048
F_0801		0.033	0.058	0.039	0.027
F_0802					0.027
F_1016				< BG	0.028
F_1026		< BG	0.010	< BG	< BG
F_1044					< BG
F_1045		0.021	0.060	0.050	0.036
F_1057		0.015	0.054	0.036	0.023
F_1061		< BG	0.015	0.031	0.029
F_1064		< BG	< BG	< BG	< BG
F_1068		0.26	0.34	0.28	0.15
F_1081		0.048	0.050	0.035	0.026
F_1090		< BG	< BG	< BG	< BG
F_1097			< BG	< BG	< BG
F_1098			< BG		
F_1203		0.038	0.098	0.054	0.040
F_1294		< BG	< BG	< BG	< BG
F_1305				0.033	0.034
F_1316		0.019	0.014	0.047	0.022
F_1392				< BG	< BG
F_1423				< BG	< BG
F_1435				0.015	0.019
F_1520					< BG
F_1871				< BG	0.012
F_2614		< BG	< BG	< BG	< BG



Anhang G: 90-Perzentilwerte Benzol in µg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 0.5$	Anforderungswert (1 µg/l) nach GSchV eingehalten
 gut	$0.5 \leq S < 1$	
 mässig	$1 \leq S < 1.5$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$1.5 \leq S < 2$	
 schlecht	$S \geq 2$	

Bestimmungsgrenze (BG): 0.25 µg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 16: 90-Perzentilwerte Benzol (µg/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	< BG	< BG	< BG	< BG	0.00
F_0795	< BG	< BG	< BG	< BG	0.06
F_0799	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_0801		< BG	< BG	< BG	0.01
F_0802					< BG
F_1016	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1026	< BG	< BG	< BG	0.01	< BG
F_1044					< BG
F_1045	< BG	< BG	0.07	< BG	< BG
F_1057	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1061	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1064	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1068	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1081	< BG	< BG	< BG	0.01	< BG
F_1090	< BG	0.65	0.08	< BG	< BG
F_1097	28		< BG	< BG	0.07
F_1098	0.62	13	3.5		
F_1203	< BG	< BG	< BG	< BG	0.15
F_1294	< BG	< BG	< BG	< BG	0.03
F_1305	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1316	< BG	< BG	0.02	< BG	< BG
F_1392	606	461	150	183	0.84
F_1423	< BG	< BG	< BG	0.12	< BG
F_1435	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
F_1520					0.10
F_1871			0.34	< BG	< BG
F_2614	< BG	< BG	0.07	0.05	0.39



Anhang H: 90-Perzentilwerte Tetrachlorethen (PER) in µg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
sehr gut	$S < 0.5$	Anforderungswert (1 µg/l) nach GSchV eingehalten
gut	$0.5 \leq S < 1$	
mässig	$1 \leq S < 1.5$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
unbefriedigend	$1.5 \leq S < 2$	
schlecht	$S \geq 2$	






Bestimmungsgrenze (BG): 0.001 µg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 17: 90-Perzentilwerte Tetrachlorethen (µg/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	1.1	1.1	0.74	0.61	0.50
F_0795	1.5	1.2	0.96	0.87	0.81
F_0799	0.040	0.030	0.084	0.077	0.12
F_0801		0.10	0.083	0.087	0.10
F_0802					0.17
F_1016	0.045	0.08	0.050	0.036	0.021
F_1026	0.95	0.70	0.63	0.47	0.34
F_1044					2.2
F_1045	0.65	0.64	0.61	0.48	0.49
F_1057	1.4	1.41	0.96	0.94	0.79
F_1061	5.0	1.95	3.13	3.43	2.6
F_1064	1.2	1.00	1.13	0.96	0.68
F_1068	6.6	5.4	8.1	6.5	8.2
F_1081	1.2	1.19	0.91	0.78	0.72
F_1090	1.8	1.2	1.8	1.6	1.49
F_1097	0.18		0.29	0.40	0.33
F_1098	0.07	0.37	3.1		
F_1203	0.31	0.40	0.40	0.33	0.39
F_1294	5.9	1.18	2.0	1.5	0.91
F_1305	0.81	0.88	2.9	0.84	0.88
F_1316	0.88	0.47	0.50	0.44	1.3
F_1392	0.19	0.06	0.08	0.06	0.13
F_1423	2.6	1.5	1.9	1.7	1.3
F_1435	0.36	0.30	0.26	0.27	0.23
F_1520					3.6
F_1871			0.37	0.37	1.0
F_2614	204	88	89	26	23



Anhang I: 90-Perzentilwerte Trichlorethen (TRI) in µg/l

Bewertung	Beschreibung	Einhaltung Anforderungswert
 sehr gut	$S < 0.5$	Anforderungswert (1 µg/l) nach GSchV eingehalten
 gut	$0.5 \leq S < 1$	
 mässig	$1 \leq S < 1.5$	Anforderungswert nach GSchV überschritten
 unbefriedigend	$1.5 \leq S < 2$	
 schlecht	$S \geq 2$	

Bestimmungsgrenze (BG): 0.001 µg/l / Berechnung siehe Kapitel 3.1

Tabelle 18: 90-Perzentilwerte Trichlorethen (µg/l)

Stelle	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
F_0432	0.30	0.050	0.030	0.018	0.007
F_0795	1.7	0.46	0.27	0.16	0.11
F_0799	0.010	< BG	0.008	0.005	0.002
F_0801		0.020	< BG	0.007	0.004
F_0802					0.054
F_1016	0.71	0.85	0.60	0.48	0.35
F_1026	4.9	2.1	0.57	0.36	0.25
F_1044					0.53
F_1045	0.65	0.55	0.36	0.34	0.22
F_1057	2.5	0.61	0.35	0.29	0.24
F_1061	4.6	1.6	1.1	0.76	0.51
F_1064	0.59	0.42	0.31	0.30	0.18
F_1068	0.13	0.25	0.031	0.040	0.052
F_1081	1.6	0.53	0.37	0.32	0.26
F_1090	3.6	1.9	1.7	0.98	0.59
F_1097	0.91		0.060	0.10	0.058
F_1098	0.36	0.65	1.5		
F_1203	1.2	0.52	0.33	0.29	0.26
F_1294	1.4	0.89	0.71	0.47	0.34
F_1305	0.28	0.25	0.19	0.19	0.13
F_1316	0.54	0.34	0.30	0.33	0.24
F_1392	0.067	0.094	0.046	0.041	0.021
F_1423	2.5	1.3	1.0	0.66	0.49
F_1435	0.36	0.28	0.25	0.22	0.17
F_1520					0.44
F_1871			0.42	0.044	0.21
F_2614	4.4	1.0	0.80	1.2	0.53

Departement für Wirtschaft, Soziales
und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie
Abteilung Umweltlabor

Hochbergerstrasse 158
Postfach, CH-4019 Basel

Telefon + 41 (0)61 639 22 22
Telefax + 41 (0)61 639 23 23

aue@bs.ch
www.aue.bs.ch