



Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik

Inhalt

Endbericht zum

Sondermessprogramm

Grundwasser 2015

Autobahn A2, Raum Zirknitz



Das Land
Steiermark

Sondermessprogramm Grundwasser 2015

Autobahn A2, Raum Zirknitz

Für den Inhalt verantwortlich: DI Brigitte Eder
Mag. Thomas Eder
Dr. Günter Siwetz
DI Manfred Kanatschnig

Durchgeführt von der Abteilung 15, Referat für Gewässeraufsicht und Gewässerschutz im Auftrag der Bezirkshauptmannschaften Voitsberg und Deutschlandsberg.

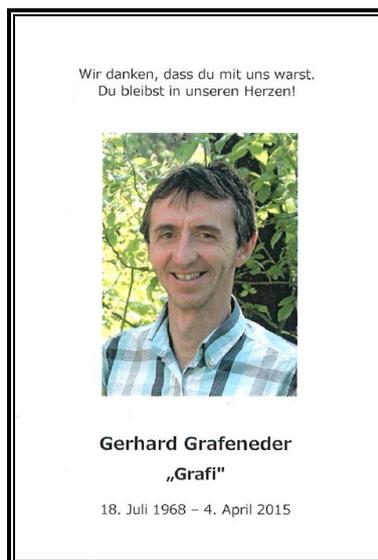
www.umwelt.steiermark.at

Herausgeber:
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik
Landhausgasse 7
A – 8010 Graz

Telefon: +43/(0)316/877-2404
Fax: +43/(0)316/877- 4569
E-Mail: abteilung15@stmk.gv.at

Wir gedenken unserem viel zu früh verstorbenen
Kollegen und Freund, der uns für seine Persönlichkeit
und besondere Mitarbeit in diesem Fachbereich in
liebvoller Erinnerung bleibt.

Mag. Gerhard Grafeneder



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Hintergrund	2
1.2	Gewässerzustandsüberwachung Grundwasser	3
1.3	Sondermessprogramm	4
1.3.1	Chlorid im Untersuchungsgebiet	5
2	Projektübersicht	7
2.1	Geologie	7
2.2	Hydrogeologie	9
2.3	Messstellen	11
2.4	Baulicher Zustand der Messstellen	13
2.4.1	Stand der Technik von Brunnenbauwerken und Quellfassungsanlagen	13
2.4.2	Details zu den Messstellen	14
2.5	Untersuchte Parameter	16
2.6	Medizinische Grundlagen	20
2.6.1	Grundbegriffe	20
2.6.2	Kriterien der Beurteilung von Trinkwasser	21
3	Ergebnisse	23
3.1	Überschreitungen von Parameterwerten der Trinkwasserverordnung (TWV)	23
3.2	Überschreitungen von Indikatorparametern der Trinkwasserverordnung (TWV)	23
3.3	Überschreitungen von Indikatorparametern des Codex/B1/TW	23
3.4	Überschreitungen im Detail	25
3.4.1	Nickel	25
3.4.2	Benz(a)pyren	28
3.4.3	Benzol	35
3.4.4	pH-Wert	37
3.4.5	Chlorid	38
3.4.6	Mangan	39
3.5	Weitere Ergebnisse	41
3.5.1	Sauerstoffgehalt	41
3.5.2	Wasserhärte	42
3.5.3	Elektrische Leitfähigkeit	45
3.5.4	Nitrat	46
3.5.5	Natrium	48
3.5.6	Weitere Parameter	49
3.5.7	Schwermetalle (Metalle)	50
3.5.8	TOC	53
3.5.9	BTEX	55
3.5.10	Kohlenwasserstoffindex	55
3.5.11	PAKs	58
4	Zusammenfassung	59
5	Begriffe- und Abkürzungsverzeichnis	61
6	Literatur	62

Endbericht zum Sondermessprogramm Grundwasser 2015, Autobahn A2, Raum Zirknitz

1 Einleitung

Seit es Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen gibt, hat man sich auch über die Auswirkungen des Straßenbetriebs auf die Umwelt Gedanken gemacht. In der Literatur finden sich zahlreiche Arbeiten, die sich mit den Einflüssen von Straßen auf die Umwelt beschäftigen, insbesondere auch mit Inhaltsstoffen von Straßenabwässern und deren Verhalten in der Umwelt sowie ihren Auswirkungen auf Oberflächen- und Grundwasser.

1.1 Hintergrund

Durch den Straßenbetrieb fallen im Nahbereich einer Straße verschiedene Substanzen an. Von dort gelangen sie weiter in die Umwelt. Abhängig von Art, Eigenschaften oder Größe kommt es zu einer straßennahen Deposition, einer Verfrachtung über die Luft oder zur Abschwemmung mit Niederschlägen als Straßenabwässer.

Straßenabwässer enthalten verschiedenste Inhaltsstoffe. Diese stammen aber nicht nur vom Straßenverkehr selbst, sondern es werden auch Rückstände aus der umliegenden Vegetation wie Blütenstaub und Laub oder Rußpartikel aus Hausbrand und Industrie, welche durch Fernverfrachtung und Deposition in den Abflussbereich der Straße gelangen, mit den Wässern abgeführt. Derartige ubiquitär vorhandene Inhaltsstoffe finden sich auch in Regenwasserabflüssen, welche nicht von Straßen beeinflusst sind.

Bei den typischen Belastungen von Straßenabwässern, welche aus dem Verkehr selbst stammen, handelt es sich Großteils um Feststoffe und daran adsorbierte Substanzen. Neben dem Abrieb von Reifen und Bremsen fallen auch Rußpartikel aus der Kraftstoffverbrennung, welche mit verschiedenen Abgasprodukten beladen sein können, oder Abrieb von Straßenbelägen und Fahrbahnmarkierungen an. Auch Tropfverluste von Mineralölen wie Treibstoffe und Motoröle können in Straßenabwässer gelangen.

Gelöste Inhaltsstoffe sind in Straßenabwässern nur in untergeordnetem Maße vorhanden. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Chlorid aus der Salzstreuung mit Natriumchlorid auf Straßen im Winter.

Die Straßenabwässer gelangen von der Straße weiter in Oberflächengewässer und Grundwasser. Eine direkte Einleitung in Oberflächengewässer und Grundwasser ist nicht zulässig. Vielmehr müssen die Wässer zuvor einer Reinigung unterzogen werden.

Für Grundwasser erfolgt diese Reinigung prinzipiell auf natürlichem Wege, nämlich durch Versickerung über die angrenzende Böschung oder spezielle Versickerungsanlagen. Eine natürliche Bodenpassage zeigt gegenüber dem Großteil der möglichen Verunreinigung von Straßenabwässern eine ausgezeichnete Reinigungswirkung. Vorhandene Feststoffe werden dabei durch die Filterwirkung des Bodens entfernt, andere Inhaltsstoffe können durch Adsorption an Bodenpartikeln, biologischen Abbau, Ionenaustausch oder Fällungsreaktionen zurückgehalten werden.

Ist eine Versickerung der Straßenabwässer über die Böschung nicht möglich (z.B. bei einer Brücke), so müssen andere Lösungen gefunden werden. Brückenabwässer werden üblicherweise gefasst und können dann gerichtet einer Gewässerschutzanlage zugeführt werden. Derartige Anlagen verfügen über Einrichtungen zur Abtrennung von Mineralölen in Schwerkraftabscheidern und Feststoffen in

Absetz- oder Sickerbecken. Neben den Partikeln selbst werden dabei auch die an den Partikeln anhaftenden Substanzen wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) und Schwermetalle mitabgetrennt. Hier können aber auch gelöste Stoffe durch Ausfällung und Adsorption, mikrobiologischen Abbau oder Ionenaustausch reduziert werden.

Von Gewässerschutzanlagen aus werden die Wässer schließlich in einen Vorfluter abgeleitet oder versickert.

Bei der regelmäßigen Wartung der Anlagen werden die Rückstände entsprechend entfernt und entsorgt. Weiters wird, um eine einwandfreie Funktion der Gewässerschutzanlagen nachzuweisen, der Abfluss der Anlagen regelmäßig entsprechend der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung gemäß den jeweiligen Bescheidaufgaben untersucht.

Durch die Reinigungsleistung von Boden oder Gewässerschutzanlagen kann somit ein Großteil der in Straßenabwässern vorhandenen Verunreinigungen abgetrennt werden.

Eine Reinigungswirkung, die weder Boden noch eine Gewässerschutzanlage leisten können, ist allerdings die Abtrennung von gut wasserlöslichen Verbindungen, welche nicht an Bodenpartikeln adsorbieren und auch durch andere Prozesse nicht aus dem Wasser entfernt werden können. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Chlorid aus der Salzstreuung im Winter.

Seit den 60er Jahren findet auf Österreichs Straßen eine konsequente Salzstreuung statt. Als Streumittel kommt dabei vor allem Natriumchlorid zum Einsatz. Im Gegensatz zu anderen Substanzen, deren Gehalte – abhängig von ihren Eigenschaften – bei der Bodenpassage oder in der gesättigten Zone durch Austausch, Adsorption, Abbau und andere Prozesse entfernt oder reduziert werden können, finden bei Chlorid derartige Prozesse nicht statt. Eine Reduktion des Chloridgehalts erfolgt somit lediglich durch Verdünnung.

1.2 Gewässerzustandsüberwachung Grundwasser

Der Zustand des Grundwassers wird in Österreich gem. der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung an ca. 2.000 Messstellen überblicksmäßig überwacht. Davon befinden sich 393 Messstellen in der Steiermark. Diese werden zwischen ein und 4 Mal pro Jahr beprobt und auf die gem. Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser vorgegebenen Parameter untersucht. Unter anderem wird auch der Chloridgehalt im Grundwasser regelmäßig gemessen.

Auffälligkeiten, welche auf eine systematische Verunreinigung des Grundwassers mit Chlorid ausgehend von Verkehrswegen hindeuten, werden hier nicht festgestellt. Bisher musste noch nie ein steirischer Grundwasserkörper aufgrund von Überschreitungen des Schwellenwerts der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser für Chlorid von 180 mg/l als Beobachtungs- oder gar Maßnahmengbiet ausgewiesen werden (Daten seit 1991), obwohl ein großer Teil der 46 oberflächennahen steirischen Grundwasserkörper von vielbefahrenen Verkehrswegen beeinflusst ist. Insgesamt wurden in den Beobachtungsjahren 1991 bis 2015 an den jeweils ca. 400 aktiven Messstellen über 27.000 Messwerte für Chlorid erfasst. Davon lagen lediglich 79 Ergebnisse (< 0,3%) über dem Indikatorparameterwert der Trinkwasserverordnung von 200 mg/l. Der Großteil dieser Überschreitungen (74 von 79 Ergebnissen) konzentriert sich dabei auf 6 Messstellen. Von diesen befinden sich alle im Einflussbereich von Verkehrswegen, aber nur zwei nahe einer Autobahn oder Schnellstraße, wobei von den ca. 400 aktiven Messstellen zur Beobachtung des qualitativen Zustands des Grundwassers in der Steiermark ca. 100 Messstellen nahe einer Autobahn oder Schnellstraße liegen.

Über eine systematische Verunreinigung von Grundwasser ausgehend von den steirischen Autobahnen ist somit nichts bekannt.

1.3 Sondermessprogramm

Im Rahmen des gegenständlichen Sondermessprogramms im Raum Zirknitz wurde der Einfluss eines Autobahnabschnitts der A2 auf das Grundwasser an Messstellen im Umkreis untersucht. Die Untersuchungen wurden von der Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung im Auftrag der Bezirkshauptmannschaften Deutschlandsberg und Voitsberg durchgeführt.

Im Bereich dieses Autobahnabschnittes hatte es, insbesondere seit Abschluss des Vollausbaus der A2 im Packabschnitt im Jahr 2007, immer wieder Befürchtungen von Anrainern bezüglich einer Beeinträchtigung von Oberflächengewässern und Grundwasser gegeben.

Deshalb wurde im Jahr 2014 ein umfangreiches Untersuchungsprogramm zur Qualität der Oberflächengewässer in diesem Abschnitt durchgeführt. Im Jahr 2015 folgte schließlich das Sondermessprogramm Grundwasser.

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Autobahnabschnitt im Bereich Gundersdorf:

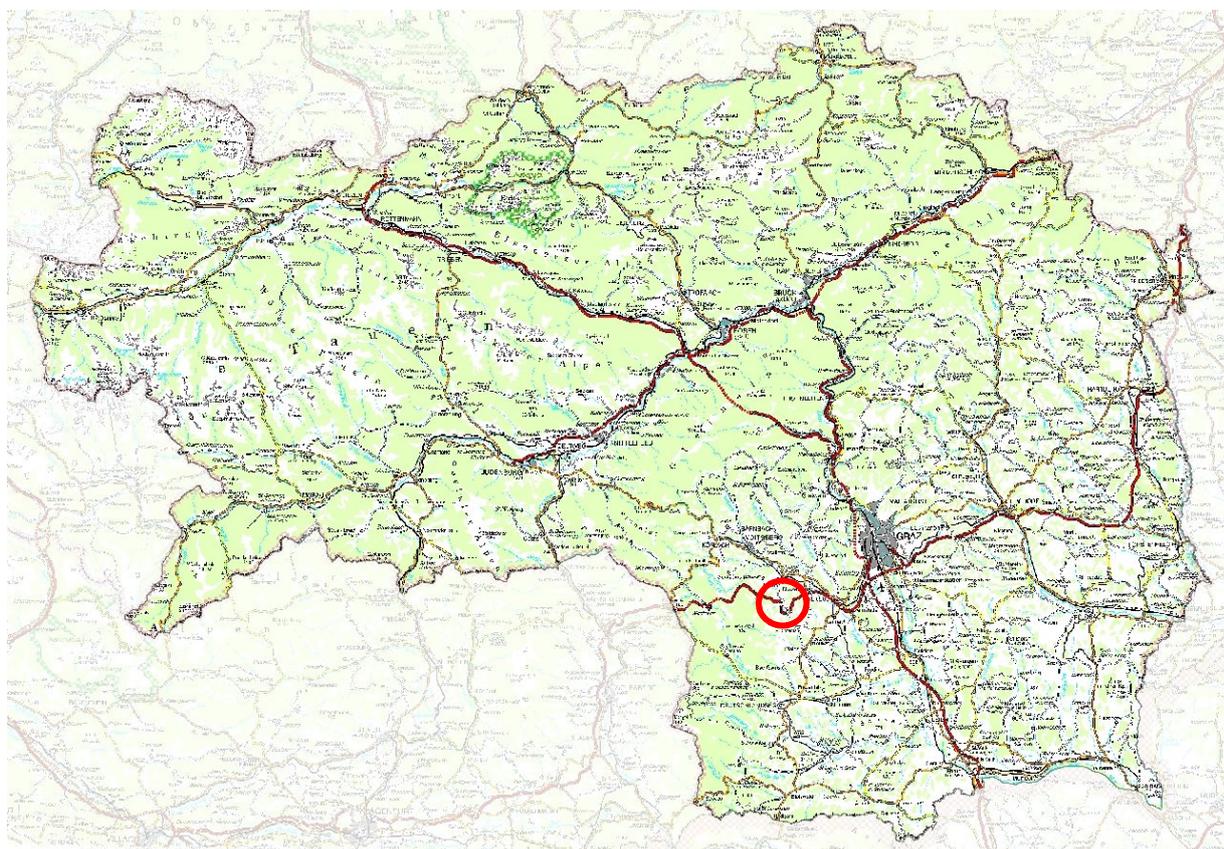


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet

Das Gebiet ist bergig und steil. Es wird von zahlreichen kleinen, im Sommer meist nur wenig Wasser führenden Bächen durchflossen. Häufig ist das Gebiet aber besonders niederschlagsreich und durch die Höhenlage im Winter kalt und schneereich.

Am Luftbild zeigt sich die starke Zersiedelung. Dadurch bedingt findet man viele autobahnahe Anwesen, welche nicht an eine öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen sind, sondern ihr Trink- und Nutzwasser aus eigenen Hausbrunnen bzw. Quellen beziehen.

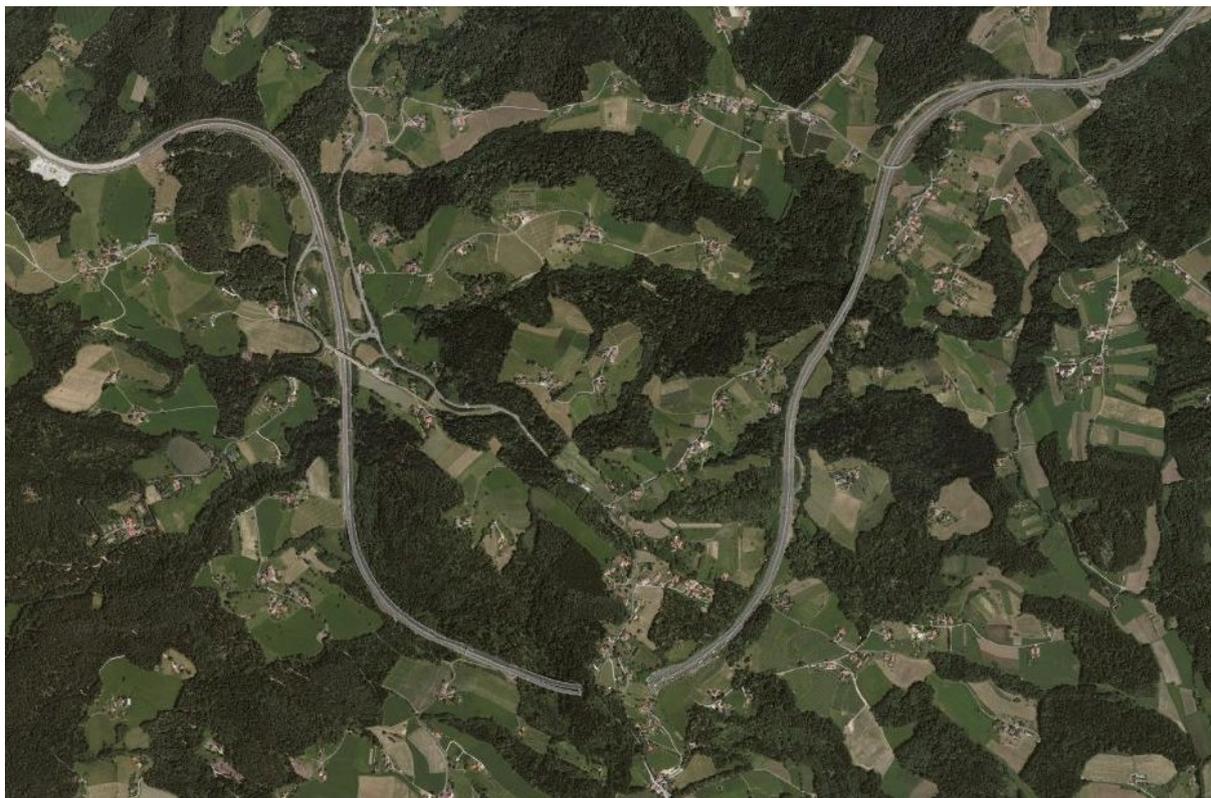


Abbildung 2: Luftbild des Untersuchungsgebietes

Die Bürger im ggst. Abschnitt der Gemeinden Ligist, Mooskirchen und St. Stefan ob Stainz wurden ersucht, ihre privaten Brunnen und Quellen an die Gemeinden zu melden und für Beprobungen zur Verfügung zu stellen.

Insgesamt wurden so 22 Messstellen über einen Zeitraum von gut einem Jahr (Jänner oder Februar 2015 bis März 2016) auf Parameter, die auf einen Einfluss des Betriebs der Autobahn auf die Qualität des Grundwassers hindeuten, untersucht.

1.3.1 Chlorid im Untersuchungsgebiet

Im Autobahnabschnitt des ggst. Untersuchungsgebietes wird im Winterdienst fast ausschließlich Natriumchlorid eingesetzt. In geringem Ausmaß wird fallweise bei besonders niedrigen Temperaturen auch Calciumchlorid verwendet.

Aufgrund der Höhenlage und des damit verbundenen strengen Klimas sowie der steilen und kurvenreichen Fahrbahn ist in diesem Abschnitt im Vergleich zu anderen Autobahnabschnitten der Salzeinsatz besonders hoch und beträgt pro Streuperiode bis zu 3,7 kg Chlorid/m².

Auf der ebenfalls durch das Untersuchungsgebiet verlaufenden Landesstraße wird im Winterdienst als Streumittel ebenfalls Natriumchlorid, allerdings im Gemisch mit Streusplitt, verwendet. Die Auftragsmengen sind dabei deutlich geringer und lagen im Auswertzeitraum der letzten 6 Streuperioden im Schnitt bei 0,5 kg Salz/m² entsprechend 0,3 kg Chlorid/m² pro Streuperiode.

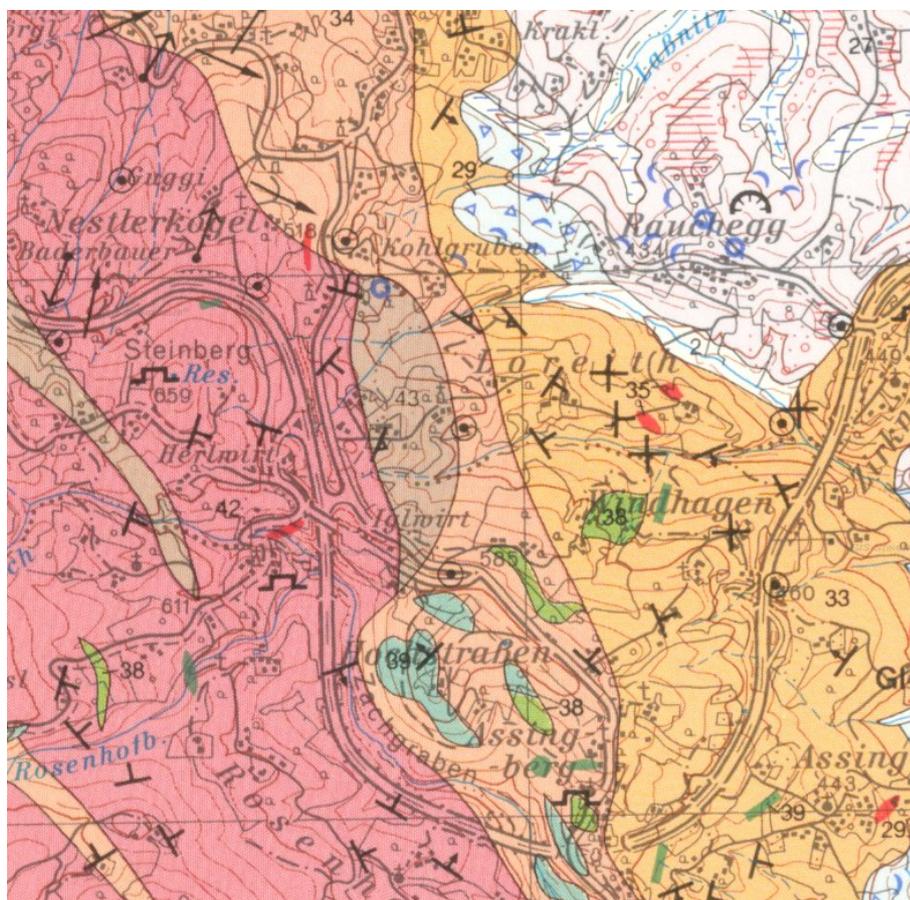
Weiters führen auch mehrere Gemeindestraßen durch das Untersuchungsgebiet, welche im Winterdienst mit Natriumchlorid behandelt werden. Die Auftragsmengen liegen – soweit bekannt – bei ca. 0,13 kg Salz bzw. 0,08 kg Chlorid/m².

Im Vergleich der Auftragsmengen werden somit auf der Autobahn deutlich größere Salzmengen verwendet als auf Landes- und Gemeindestraßen. Weiters sind auch die behandelten Flächen der zweispurigen Autobahn deutlich größer als die behandelten Flächen von Landes- und Gemeindestraßen.

2 Projektübersicht

2.1 Geologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich geologisch betrachtet zum überwiegenden Teil im Kristallin der Koralpe, welche dem ostalpinen Deckenstockwerk zugehörig sind. Dieses setzt sich im Wesentlichen aus paläozoischen Sedimenten und Vulkaniten zusammen, die bei der variszischen und alpinen Gebirgsbildung unter hohem Druck und hoher Temperatur umgewandelt wurden. Bei dieser Metamorphose entstand beispielsweise aus fossilführendem Kalk fossilfreier Marmor, aus sandig-tonigen Sedimenten Glimmerschiefer oder Paragneis und aus basischem Vulkanit Amphibolit. (GÖTZINGER u. WAGREICH 2006, S. 2)



Legende:

Quartär:

2: Auzonen, Kolluvien,
Wildbachschutt

Neogen:

25, 26: Sand, Schotterführender Sand
oder Ton (nicht
differenziert)/Eckwirtschotter,
Schichten von Rein, Stallhofer
Schichten
29: Schwanberger Blockschutt
(Baden)

Kristallin der Koralpe:

33: Granatglimmerschiefer
34: Pegmatoider Gneis und
pegmatoider Glimmerschiefer/Gneis,
Glimmerschiefer i.a., Gneisquarzit
35: Pegmatoid
38: Amphibolit
39: Eklogitamphibolit
42: Plattengneis Typus Stainz
43: Hirschegger Gneis

Abbildung 3: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (Quelle: Geologische Karte der Republik Österreich)

Die Koralpe selbst ist ein von Norden nach Süden gerichteter Gebirgszug, der sich zwischen dem Steirischen Neogenbecken im Osten und dem Lavanttal im Westen sowie vom Packsattel im Norden bis zur Drau jenseits der Staatsgrenze im Süden erstreckt. Sie besteht aus hochmetamorphem Kristallin des „Koriden-Typus“, welches als Ganzes die bedeutendste voralpidische, variszische Decke in den Ostalpen darstellt und die Gleinalmserien des Muralpenkristallins überlagert. Ihr höchster Gipfel (Großer Speikkogel) erreicht eine Höhe von 2144 m ü.A. (TOLLMANN 1977, S. 234)

Typische Gesteine in der höhermetamorphen Koriden-Einheit sind der charakteristische (Stainzer) Plattengneis, Disthen-Paramorphoseschiefer, Pegmatite, Amphibolite und eklogitische Gesteine. (GÖTZINGER u. WAGREICH 2006, S. 2)

Grundsätzlich lassen sich in der Serienabfolge der Koralpe vom Liegenden zum Hangenden folgende Einheiten unterscheiden:

- Wolfsberger Serie
- Marmorserie
- Koralpenserie
- Schwanberger Serie
- Gradener Serie (TOLLMANN 1977, S. 235)

Die **Wolfsberger Serie** bildet den tektonischen Untergrund des Koralpen-Stockwerkes und ist nur im Wolfsberger Fenster am Schoberkogel nordwestlich des Speikkogels aufgeschlossen. Sie enthält in Form der Unteren Wolfsberger Serie im Kern den Wolfsberger Granit- und Augengneis, dessen Kontakt zu den umhüllenden Wolfsberger Granatglimmerschiefern teilweise erhalten ist. Die Obere Wolfsberger Serie besteht aus Granatglimmerschiefer, Granatbiotitgneis und Amphibolit.

Die **Marmorserie der Koralpe** folgt im Hangenden der Wolfsberger Serie. Sie besteht im Wesentlichen aus Injektionsglimmerschiefern, in denen in den tieferen Teilen vorwiegend Amphibolite, in den hangenden Teilen aber überwiegend Marmorzüge eingelagert sind. (TOLLMANN 1977, S. 236)

Bei den Glimmerschiefern dieser Serien handelt es sich um dünnlagige, graubraune Gesteine, die in der Regel zahlreiche Quarzlinzen führen. (FLÜGEL u. NEUBAUER 1984, S. 66)

Die **Koralpenserie** zeigt einen vom Westen nach Osten seitlich abwandelnden Gesteinsbestand. Im Westen herrschen Disthengneise (auch Kyanitgneise), Andalusit-Paramorphoseschiefer und Gneisquarzite vor, im Osten beherrscht der Stainzer Plattengneis diese Serie. Im Norden werden die auch als Hirschegger Gneise bezeichneten Disthenflasergneise besonders im Hangenden der Plattengneise selbständig. (TOLLMANN 1977, S. 236)

Die Hirschegger Gneise stellen einen linsig-lagigen, pegmatoiden Gneis dar, der im Gegensatz zu den im kommenden Absatz erwähnten Bundscheckgneisen viel stärker geschiefert ist und bei dem die Feldspat-Augen entweder fehlen oder durch sehr langgezogene Feldspat-Linzen ersetzt werden. (BECKER 1976, S. 41)

Ferner sind sie durch eine schwächere oder fehlende Streckung von den Plattengneisen abgegrenzt. (FLÜGEL u. NEUBAUER 1984, S. 68)

Unter dem Begriff „Plattengneise“ werden die verschiedenen Gneisvarietäten wie der Bundscheckgneis (augiger, pegmatoider Gneis), Lagengneis oder Paragneis mit Aplit und die hinzukommenden Pegmatitgneise in der Koralpe zusammengefasst. Typisch für den Gesteinstyp der Plattengneise, die auch im Untersuchungsgebiet weit verbreitet sind, ist das Fehlen oder starke Zurücktreten von Marmoren und Eklogiten. Ihre Hauptmerkmale liegen einerseits in der lagenförmigen Quarz-Feldspat-Durchtränkung und dem Feldspat-Augengehalt, andererseits in der plattigen, lagenweisen Anordnung von Gneis- und Pegmatitzonen im Kleinbereich, wodurch sich ein paralleles, gut geschiefert Gefüge ergibt. Aufgrund dieses Aufbaus bilden sie Material zur Gewinnung von technisch verwerteten Gneisplatten. (TOLLMANN 1977, S. 236f)

Die **Schwanberger Serie** ist gegenüber den tieferen Serien etwas heterogener und wird hauptsächlich aus Schiefergneisen, Disthen-führenden Schiefen und Glimmerschiefern aufgebaut. Darüber hinaus ist die Serie in verschiedenem Umfang von Pegmatiten durchsetzt, während Einlagerungen von Marmoren, Kalksilikatschiefern (besonders in den tieferen Partien) und von Eklogiten,

Eklogitamphiboliten und Amphiboliten (besonders in den höheren Partien) eine weiter bezeichnende Eigenart darstellen. (TOLLMANN 1977, S. 238)

Die **Gradener Serie** repräsentiert die oberste Serie der Koralmgesteine. Sie besteht aus Granatglimmerschiefern mit Staurolith, Chloritoid und Disthen als Einzelkristalle, Gneisen sowie Marmor- und Amphibolitlinsen. (TOLLMANN 1977, S. 239f).

Darüber hinaus ist ein kleiner Teil des Untersuchungsgebietes dem Weststeirischen Neogenbecken zuzuordnen, das hier durch fluviatil-limnische Sedimente aus dem Baden gekennzeichnet wird: Diese gliedern sich faziell in die Schichten von Rein und die Eckwirtschotter. Bei ersteren handelt es sich um Süßwassermergel und -kalke, blaue und helle Tone, Sande, Süßwasserkalkbrekzien sowie unregelmäßig eingeschaltete Kohleflöze.

Die sich mit den Schichten von Rein verzahnenden und sie überlagernden Eckwirtschotter stellen sich als meist stark verwitterte Kristallin- und Quarzsotter mit eingeschalteten Sandhorizonten dar.

Der fluviatile Schwanberger Blockschutt ist als Rinnenfüllung innerhalb des Koralmkristallins zu finden. Er besteht aus teilweise über m³-großem Kristallinmaterial und kann als Ergebnis starker Schuttlieferung in das Weststeirische Becken aufgefasst werden. (FLÜGEL u. NEUBAUER 1984, S. 23)

Quartäre Schichten in Form von Alluvien, Kolluvien und Wildbachschutt sind im betrachteten Areal nur untergeordnet vorhanden. Die alluvialen Talböden des Steirischen Beckens stellen spätpleistozän-holozäne Bildungen dar. Ihre Entstehung erfolgte nach einer Tiefenerosion mit nachfolgender kaltzeitlicher Verfüllung mit Kies und Sand. Diese basalen Sedimente werden von holozänen, häufig feinklastischen Sedimenten überlagert. (FLÜGEL u. NEUBAUER 1984, S. 14)

2.2 Hydrogeologie

Generell herrschen im Bereich der Koralpe durchwegs kleinere Quellen mit Schüttungen von wenigen Litern pro Sekunde im Maximum vor, während die mittlere Grundwasserneubildungsrate bei ungefähr 300 mm pro Jahr liegt. Diese erfolgt ausschließlich über flächenhaft einsickernde Niederschlagswässer.

Aufgrund der bestehenden geologischen Rahmenbedingungen und der fehlenden lösungsbedingten Erweiterung der Gesteinshohlräume kann von der Existenz eines Kluftgrundwasserleiters gesprochen werden. Da dieser im Vergleich zu einem Karstgrundwasserleiter über ein bedeutend geringeres nutzbares Kluftvolumen verfügt, bilden sich ein stark differenziertes Oberflächengewässernetz und eine Vielzahl von Quellen aus, die aber nur selten Schüttungen von mehreren Litern pro Sekunde aufweisen. Meist kann der aufliegende Verwitterungshorizont als Hauptwasserspeicher angesehen werden, sodass in vielen Fällen nicht von reinen Kluftgrundwasservorkommen auszugehen ist. (AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2002, S. 58 u. S. 65)

Anhand der Auswertung von Bohrprofilen bzw. der Untersuchung einiger Gesteinsaufschlüsse an Böschungen entlang der L314 Schilcherstraße und diverser Uferbereiche eines Zubringers des Zirknitzbaches konnte im Bereich der analysierten Quellen bzw. Brunnen näherungsweise folgender Untergrundaufbau abgeleitet werden:

Unter einer ca. 0,1 m bis 0,5 m mächtigen, teilweise durchwurzelten Oberbodenschicht liegt der Verwitterungshorizont (B-Horizont) der anstehenden Gneise (vor allem Stainzer Plattengneise) und Glimmerschiefer (vor allem Granatglimmerschiefer), dessen Mächtigkeit von der Geländemorphologie abhängt: In der Umgebung flacher Areale ist der B-Horizont ausgedehnter als in steileren Abschnitten, wo mehr Gesteinsmaterial abgetragen wird. Demzufolge variiert auch die Tiefe

der Oberkante der darunter befindlichen kompakten und festen Gesteinsschichten (C-Horizont) zwischen 1 m und rund 10 m.

Der Verwitterungshorizont der Gneise und Glimmerschiefer ist wechselhaft aufgebaut, da er aus Kies-, Stein- und Blockmaterial mit kantigen Umrissen und sandig-schluffigen Bindemitteln besteht. Seine Durchlässigkeitsbeiwerte sind daher je nach Sand- bzw. Schluffgehalt unterschiedlich. In den betrachteten Bohrprofilen werden die Sedimente des Verwitterungshorizontes jedoch zum überwiegenden Teil als zum Korngrößenbereich von Sand gehörend angesprochen, sodass mit einem geringeren Anteil an schluffigen Materialien zu rechnen ist. In Kombination mit den schwächer ausgeprägten Oberbodenschichten im Untersuchungsgebiet hat dies zur Folge, dass die Infiltrationseigenschaften des B-Horizontes mehrheitlich als gut einzuschätzen sind und das versickernde Wasser dort kaum gespeichert wird. Diese Faktoren führen wiederum zu geringen Verweilzeiten des Wassers in diesem Horizont.

Die im Rahmen des Sondermessprogrammes untersuchten Quellen sind nicht im Wasserbuch eingetragen. Die Lage ihrer oberirdischen Wasserscheiden weist auf flächenmäßig eher kleinere Einzugsgebiete hin. Aufgrund der im letzten Absatz dargestellten hydrogeologischen Gegebenheiten verfügen sie hauptsächlich über eine mäßige, jedoch ganzjährig (perennierend) erfolgende Schüttung. Da diese bei anhaltenden Trockenwetterperioden laut Auskunft der Eigentümer zwar teilweise zurückgeht, die Quellen jedoch nicht versiegen, kann davon ausgegangen werden, dass ihre Alimention nicht alleine aus dem Verwitterungshorizont, sondern oftmals auch aus dem darunter liegenden Festgestein erfolgt, das einen Kluftgrundwasserleiter bildet. Dieser kann als inhomogen und anisotroph bezeichnet werden, wodurch die hydrographischen Einzugsgebiete der Quellen (Gebiete, aus denen unterirdisch Wasser zufließt) von den oberirdischen abweichen können. In diesen Fällen sind die Wasserzirkulation tiefgreifender und die Verweilzeiten länger.

Darüber hinaus ist zu erwarten, dass fünf der im Rahmen des Sondermessprogrammes analysierten Brunnen den Verwitterungshorizont der Gneise und Glimmerschiefer nutzen, wofür vor allem ihre Tiefe und Bauweise sprechen. Ferner befinden sie sich in Hanglage, wo sie durch die Wasserführung des B-Horizontes besser angeströmt werden können.

Ein weiterer Brunnen wird jedoch aus einem im quartären Talboden liegenden Aquifer sowie von Hangwässern eines aus neogenen Sedimenten aufgebauten Hügels alimentiert.

Da die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Festgesteine schwer in Lösung gehen können und mit Ausnahme von eingeschalteten Marmorzügen nicht verkarstungsfähig sind, weisen die Gesamthärtegrade und die elektrische Leitfähigkeiten der Quell- bzw. Brunnenwässer niedrige Werte auf. In weiterer Folge sind auch die an den Quellen und Brunnen gemessenen pH-Werte aufgrund der geologischen Voraussetzungen im Untersuchungsgebiet eher im sauren Bereich.

In der Umgebung des betrachteten Areals existieren auch Quellen, die nur periodisch aktiv sind und keine wasserwirtschaftliche Bedeutung haben. Aufgrund ihrer geringen Schüttung und elektrischen Leitfähigkeiten lässt sich eine sehr oberflächennahe Entwässerung der Verwitterungsschicht ableiten, während eine tiefgreifende Zirkulation im Untergrund hier nicht zu erwarten ist. Durch diese Quellen wird ausschließlich das in den Untergrund infiltrierte Niederschlagswasser, welches dort über einen kurzen Zeitraum gespeichert wird, abgeführt.

Detaillierte Darstellungen je Messstelle finden sich im Anhang.

2.3 Messstellen

Insgesamt wurden 29 Grundwassernutzungen im gegenständlichen Bereich gemeldet und an sämtlichen Standorten örtliche Erhebungen durchgeführt. Von den gemeldeten Nutzungen wurden 4 sofort und 3 nach einmaliger Beprobung aus dem Messprogramm ausgeschlossen, da aufgrund der örtlichen Verhältnisse eine Beeinflussung der Brunnen durch Oberflächenwässer von der Autobahn aus hydrogeologischer Sicht ausgeschlossen werden konnte bzw. in einem Fall ein direkter Einfluss bereits bekannt war.

In das Sondermessprogramm wurden schließlich folgende 22 Messstellen aufgenommen:

Tabelle 1: Übersicht über die Messstellen

Nr.	Messstellenummer	Art	Entnahmestelle
1	2792115	Quelle	Wasserhahn Küche (11/15: neue Wasserversorgung; ab 12/15: Wasserhahn Keller ohne Vorlauf)
2	2792112	Quelle	Quellsammelschacht
3	27721103	Quelle	Wasserhahn Milchammer
4	2792111	Brunnen	Brunnenschacht
5	2792118	Quelle	Auslaufbrunnen Hof
6	2792117	Quelle	Wasserhahn Milchammer
7	2792106	Brunnen	Brunnenschacht
8	2792116	Quelle	Wasserhahn Küche
9	2792113	Brunnen	Brunnenschacht
10	27721101	Quelle	Auslaufbrunnen
11	27721102	Quelle	Wasserhahn Milchammer
12	2792110	Quelle	Quellsammelschacht
13	2792103	Brunnen	Brunnenschacht
14	2792109	Quelle	Wasserhahn Küche
15	2792107	Quelle	Quellsammelschacht
16	2792102	Brunnen	Wasserhahn Keller (anfangs direkt aus dem Brunnenschacht)
17	2792104	Brunnen	Quellsammelschacht
18	2792114	Quelle	Wasserhahn Küche (teilweise direkt von Quellüberlauf)
19	2792108	Quelle	Quellsammelschacht
20	2792105	Quelle	im Sommer Wasserhahn Garten, ansonsten Wasserhahn Keller
21	27721104	Quelle	Quellüberlauf
22	2792101	Quelle	unterschiedlich: Quellüberlauf, Wasserhahn Küche, Wasserhahn Keller

Eine planliche Darstellung der Messstellen kann der folgenden Karte entnommen werden:

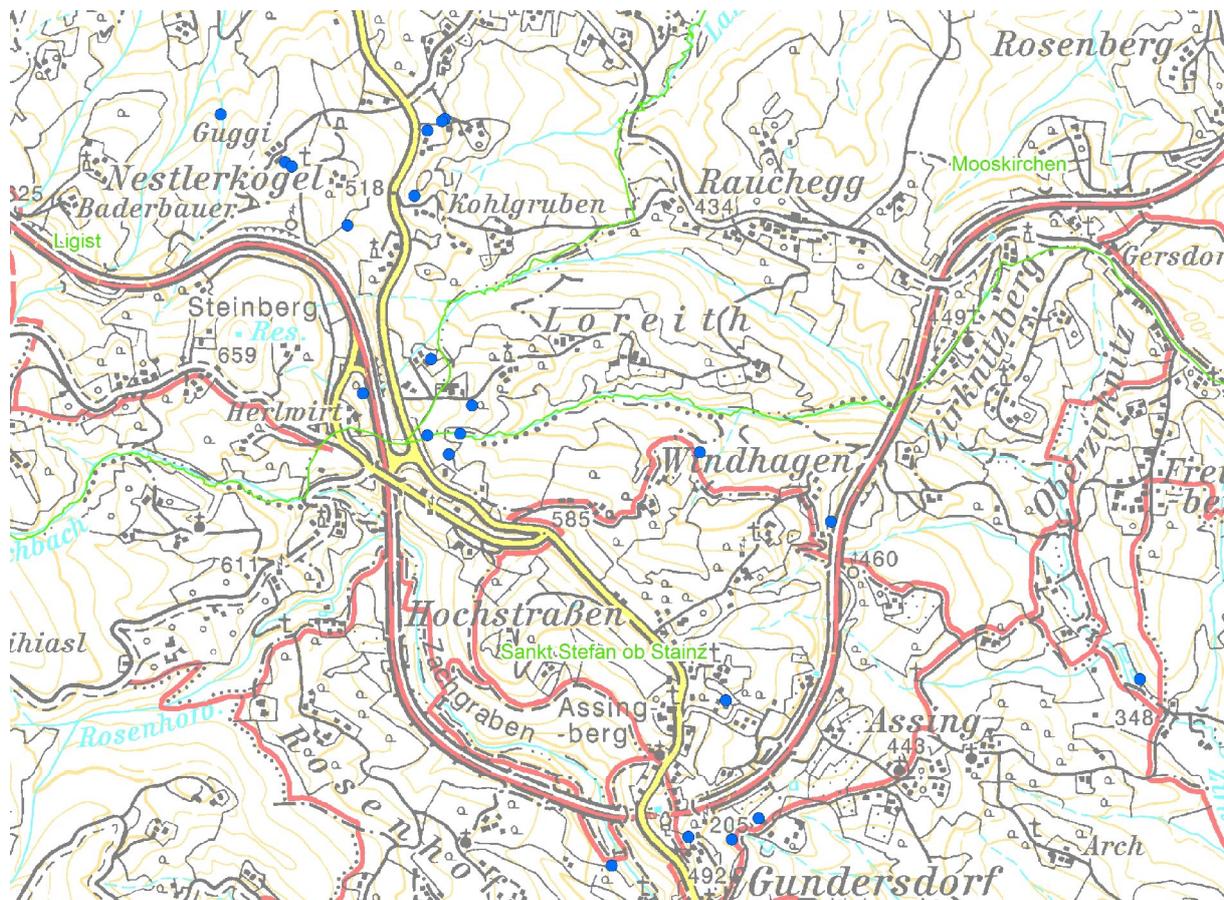


Abbildung 4: Messstellenübersicht

2.4 Baulicher Zustand der Messstellen

2.4.1 Stand der Technik von Brunnenbauwerken und Quellfassungsanlagen

Der bauliche Zustand einer Trinkwasseranlage hat einen wesentlichen Einfluss auf die Trinkwasserqualität. Immer wieder kommt es insbesondere durch den möglichen Zutritt von Oberflächenwässern zu hygienischen Problemen mit gesundheitlichen Auswirkungen.

Zum Schutz der Konsumenten gibt es daher mehrere Normen, die den Stand der Technik für Trinkwasseranlagen darlegen:

- ÖNORM B 2601: Wassererschließung-Brunnen: Planung, Bau und Betrieb; Ausgabe: 15.03.2016
- ÖNORM B 2602: Wassererschließung-Quellfassungsanlagen: Planung, Bau und Betrieb; Ausgabe: 15.08.2016

Tipps und Informationen betreffend den Bau und Betrieb von Hausbrunnen und Quellen sind überdies der Informationsbroschüre „Hausbrunnen und Quellen“ des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 15, unter <http://www.umwelt.steiermark.at> zu entnehmen. Diese Informationsbroschüre spricht häufig auftretende Baumängel an derartigen Bauwerken sowie die Planung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen an. Weiters enthält sie Wissenswertes über Einzugsgebiete, Wasserqualität und Trinkwasseruntersuchungen:



Abbildung 5: Informationsbroschüre „Hausbrunnen und Quellen“

2.4.2 Details zu den Messstellen

An 6 der 22 beprobten Messstellen wird das Grundwasser in Form eines Brunnens genutzt, während es an den verbliebenen 16 Standorten durch eine Quelle zu Tage tritt. In zwei Fällen ist eine Quellstube vorhanden, während bei drei weiteren Wasserversorgungsanlagen im Untersuchungsgebiet deren Existenz nicht ausgeschlossen werden kann. Bei diesen drei Bauwerken war jedoch eine Befundung ihrer inneren Anlagenteile nicht möglich, weshalb eine genaue Abgrenzung zum Begriff „Quellsammelschacht“ (dieser verfügt weder über eine begehbare Vorkammer noch über separat ausgeführte Absetz- und Entnahmebecken) nicht erfolgen konnte. Gesamt gesehen besitzen 15 Wasserversorgungsanlagen zumindest einen Quellsammelschacht, der Wasser aus einer oder mehreren Quellfassungen für die Weiterleitung sammelt. Die Lage der Quellfassungen ist jedoch nur in 6 Fällen näherungsweise bekannt.

Laut ÖNORM B 2601 zur „Wassererschließung-Brunnen: Planung, Bau und Betrieb“ müssen die Abdeckplatte eines Brunnens und sein Einstiegdeckel tagwasserdicht und insektensicher ausgeführt werden. Dies gilt gemäß ÖNORM B 2602 zur „Wassererschließung-Quellfassungsanlagen: Planung, Bau und Betrieb“ auch für Quellsammelschächte, da deren Abdeckung das Bauwerk tagwasserdicht und insektensicher verschließen, das heißt, Wasser in natürlichen oder künstlichen oberirdischen Gewässern sowie oberirdisch abfließenden Niederschlag fernhalten muss. Zudem sind Brunnenschächte auch bis zum Grundwasserspiegel, jedoch mindestens bis drei Meter unter Geländeoberkante, in wasserdichtem Zustand zu errichten. Darüber hinaus muss der Einstiegsdeckel laut oben zitierten ÖNORMEN B 2601 und B 2602 versperrbar und korrosionsgeschützt sein. Ferner ist eine kleintier- und insektensichere Be- und Entlüftung vorzusehen, Ausläufe sind ebenfalls gegen das Eindringen von Kleintieren zu schützen.

Weiters wird in den Normen festgelegt, dass der Brunnen- bzw. Quellsammelschacht grundsätzlich mindestens 30 cm über Geländeoberfläche (exklusive Abdeckung) hoch zu führen ist.

Im Untersuchungsgebiet liegen 15 Schachtbauwerke (darunter vier Brunnen) vor, deren Deckel über keine eigene Abdichtung (z.B. Dichtungsband) verfügen.

Darüber hinaus gibt es 3 weitere Quellsammelschächte bzw. Sammelschächte, bei denen das Eindringen von Tagwässern über die Abdeckungen nicht ausgeschlossen werden kann.

Hinzu kommt, dass 5 der beprobten 22 Anlagen (darunter ein Brunnen und eine Quellstube) bauliche Mängel an Schachtringen, der Schachtabdeckung bzw. der Außentür aufweisen. Dabei handelt es sich um Risse an der Außenseite von Schachtringen, um Löcher an Schachtdurchführungen bzw. einer Deckeleinfassung und Zwischenräume in Türrahmen, die Undichtigkeiten nach sich ziehen können.

Verunreinigungen (Grashalme, Blätter, Spinnweben) bzw. Insekten im Schachtinneren waren bei 7 Messstellen (darunter ein Brunnen) vorzufinden.

Im Untersuchungsgebiet sind 7 Quellsammelschächte bzw. Sammelschächte vorhanden, deren Deckel bzw. Abdeckungen nicht versperrbar sind und zumindest zwei davon jederzeit geöffnet werden können.

9 Deckel bzw. Abdeckungen verfügen außerdem über keinen Dunstthut bzw. eine anderwärtige Einrichtung zur Be- und Entlüftung, wobei deren Kleintier- bzw. Insektensicherheit bei zwei der 22 beprobten Anlagen nicht gegeben ist.

Der Auslauf eines Quellsammelschachtes ist ferner nicht gegen das Eindringen von Kleintieren geschützt.

Bei acht der beprobten Anlagen (darunter zwei Brunnen) ist zumindest ein Bauwerk vorhanden, das nicht über die Geländeoberfläche hoch geführt ist. Da sich einige Messstellen in Hanglage befinden, existieren im untersuchten Areal auch zwei Quellsammelschächte, eine Quellstube sowie ein weiteres Bauwerk, bei denen nur ein teilweiser Hochzug über die Geländeoberfläche festzustellen ist.



Abbildung 6: Beispielbilder zu baulichen Mängeln bei Messstellen

Detaillierte Darstellungen je Messstelle finden sich im Anhang.

2.5 Untersuchte Parameter

Im Rahmen des Projektes wurden die üblichen Vor-Ort- und Standardparameter für Grundwasser untersucht. Zusätzlich wurden auch noch solche Parameter analysiert, welche auf eine Beeinflussung der Grundwasserqualität durch den Betrieb von Verkehrswege hindeuten könnten.

Insbesondere folgende Parameter wurden auf Basis der Angaben in einschlägiger Fachliteratur für eine Beurteilung des Einflusses von Verkehrswegen auf das Grundwasser als relevant angesehen:

(1) Chlorid

Der Chloridgehalt gilt als Hinweis für den Eintrag von Streusalzen ins Grundwasser, welche im Rahmen des Winterdienstes auf Verkehrswegen ausgebracht werden.

(2) Schwermetalle

Aus Abrieb von Reifen und Bremsen und anderen Materialien können verschiedene Schwermetalle aus dem Straßenverkehr vermehrt in die Umwelt gelangen.

(3) Mineralölkohlenwasserstoffe

Mineralölkohlenwasserstoffe können aus Fahrzeugen durch Leckagen und Tropfverluste von Treibstoffen, Motor-, Hydraulik- und anderen Mineralölen in die Umwelt freigesetzt werden. Ihr analytischer Nachweis erfolgt über den Summenparameter „Kohlenwasserstoffindex“ bzw. über die Bestimmung der in Benzin enthaltenen aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol sowie *ortho*-, *meta*- und *para*-Xylol („BTEX“).

(4) Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)

In Erdölprodukten sind geringe Mengen Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) enthalten, insbesondere entstehen PAKs aber bei Verbrennung organischer Materialien wie Holz, Kohle und Erdöl wie z.B. auch bei der Verbrennung von Treibstoffen im Straßenverkehr.

Die Messungen wurden im Umweltlabor des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführt. Aufgrund eines Gerätedefektes mussten die Messungen der BTEX ab August 2015 an das Wasserlabor der Holding Graz ausgelagert werden.

Das Umweltlabor des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung ist seit 2005 als Prüfstelle akkreditiert. Die Akkreditierung ist die formelle Anerkennung, dass die Prüfstelle die für sie geltenden Anforderungen an Qualifikation und Ausstattung erfüllt und sie als kompetent für die Bestimmung der akkreditierten Parameter gilt.

Die Prüfstelle verfügt somit über ein Qualitätsmanagement, das sämtliche Arbeitsschritte festlegt und nachvollziehbar dokumentiert. Dieses Qualitätsmanagement-System beinhaltet auch die regelmäßige Teilnahme an Ringversuchen und Laborvergleichstest, deren Erfolg von der Akkreditierungsstelle überprüft wird. Die erhaltenen Messwerte können somit als qualitätsgesichert angesehen werden.

Die Bestimmung der einzelnen Parameter erfolgt gemäß den zutreffenden gültigen Prüfnormen. Dies gilt auch für das Wasserlabor der Holding Graz.

Zur Bewertung der Ergebnisse wurden Parameterwerte und Indikatorparameter der Trinkwasserverordnung (TWV) sowie Indikatorparameter des Codexkapitel / B 1 / Trinkwasser der IV. Auflage des Österreichischen Lebensmittelbuchs, BMGFJ-75210/0009-IV/B/7/2007 i.d.G.F. (Codex/B1/TW) herangezogen.

In der folgenden Tabelle findet sich eine Übersicht über die untersuchten Parameter, ihrer verschiedenen Grenzwerte und Nachweisgrenzen:

Tabelle 2: Übersicht der untersuchten Parameter und ihrer Grenzwerte

Parameter	Einheit	Parameterwert TWV	Indikatorparameter TWV	Indikatorparameter Codex/B1/TW	Nachweisgrenzen
Vor-Ort-Parameter					
Wassertemperatur	°C	---	---	---	---
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	---	2.500	---	---
pH-Wert	---	---	6,5-9,5	---	---
Sauerstoff gelöst, sofort	mg/l	---	---	> 3	---
Sauerstoff-Sättigungsgrad	%	---	---	---	---
Standardparameter Grundwasser					
Ammonium	mg/l	---	0,50	---	0,01
Nitrit	mg/l	0,1	---	---	0,005
Nitrat	mg/l	50	---	---	1
Sulfat	mg/l	---	250	---	1
Chlorid	mg/l	---	200	---	1
ortho-Phosphat	mg/l	---	---	0,3	0,01
Natrium	mg/l	---	200	---	0,4
Kalium	mg/l	---	---	50	0,4
Magnesium	mg/l	---	---	150	0,4
Calcium	mg/l	---	---	400	0,8
Gesamthärte	°dH	---	---	---	---
Carbonathärte	°dH	---	---	---	---
Nichtcarbonathärte	°dH	---	---	---	---
Mangan, gelöst	µg/l	---	50	---	10
Eisen, gelöst	µg/l	---	200	---	10
TOC (organisch gebundener Kohlenstoff)	mg/l	---	---	---	1
Bor, gelöst	mg/l	1,0	---	---	0,020
Metalle					
Aluminium	µg/l	---	200	---	10
Arsen, gelöst	µg/l	10	---	---	1
Blei, gelöst	µg/l	10	---	---	1
Cadmium, gelöst	µg/l	5,0	---	---	1
Chrom, gelöst	µg/l	50	---	---	10
Kobalt, gelöst	µg/l	---	---	---	1
Kupfer, gelöst	mg/l	2,0	---	---	0,010
Nickel, gelöst	µg/l	20	---	---	10
Zink, gelöst	mg/l	---	---	5 ¹	0,010



Parameter	Einheit	Parameterwert TWV	Indikatorparamet er TWV	Indikatorparamet er Codex/B1/TW	Nachweis- grenzen
Mineralölkohlenwasserstoffe					
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	---	---	0,1	0,05
BTEX quantitativ	µg/l	---	---	---	1 (0,5) ⁴
Benzol	µg/l	1,0	---	---	1 (0,5) ⁴
Ethylbenzol	µg/l	---	---	---	1 (0,5) ⁴
Toluol	µg/l	---	---	---	1 (0,5) ⁴
<i>m,p</i> -Xylol	µg/l	---	---	---	2 (1,0) ⁴
<i>o</i> -Xylol	µg/l	---	---	---	1 (0,5) ⁴
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs)					
Σ PAKs (4 nach TWV) ²	µg/l	0,10	---	---	0,005
Σ PAKs (16 nach EPA) ³	µg/l	---	---	---	0,005
Naphthalin	µg/l	---	---	---	0,005
Acenaphthen	µg/l	---	---	---	0,005
Fluoren	µg/l	---	---	---	0,005
Phenanthren	µg/l	---	---	---	0,005
Anthracen	µg/l	---	---	---	0,005
Fluoranthen	µg/l	---	---	---	0,005
Pyren	µg/l	---	---	---	0,005
Benzo(a)anthracen	µg/l	---	---	---	0,005
Chrysen	µg/l	---	---	---	0,005
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	---	---	---	0,005
Benzo(k)fluoranthen	µg/l	---	---	---	0,005
Benzo(a)pyren	µg/l	0,010	---	---	0,005
Dibenzo(ah)anthracen	µg/l	---	---	---	0,005
Benzo(ghi)perylene	µg/l	---	---	---	0,005
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	---	---	---	0,005

¹ Zink bei Wasser aus Hausinstallationen

² Summe Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Benzo(g,h,i)perylene

³ Summe aller gemessenen PAKs entsprechend der Summe der 16 Einzelsubstanzen nach US-EPA Method 550 außer Acenaphthylen

⁴ Bei Messung durch das Wasserlabor der Holding Graz

Mikrobiologische Parameter wurden im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht, da diese für die ggst. Fragestellung als nicht relevant zu beurteilen waren. Ein vermehrter Eintrag von Mikroorganismen ins Grundwasser durch den Betrieb einer Autobahn ist nicht zu erwarten. Vielmehr sind Verkeimungen von Trinkwasser meist auf bauliche Mängel der Trinkwasserversorgungsanlagen selbst zurückzuführen.

Eine der häufigsten Ursachen für die Überschreitung von mikrobiologischen Parameterwerten im Trinkwasser ist der Zutritt von Tagwässern in die Trinkwasseranlage. Ein derartiger Zutritt kann zum Beispiel durch nicht ordnungsgemäß ausgeführte Quelfassungen (unzureichende Abdichtung, keine ausreichende Überdeckung), über Risse und Wurzeldurchbrüche im Quellsammelschacht oder über unzureichend abgedichtete Schachtabdeckungen, insbesondere bei nicht über die Geländekante hochgezogenen Quellsammelschächten, erfolgen (siehe auch 2.4.2).

Auch ein Eindringen von Insekten wie Spinnen und Ameisen oder anderer Kleintiere wie Schnecken, Frösche und Mäuse kann zu einer erhöhten bakteriologischen Belastung in Trinkwasseranlagen führen.

Die ggst. Untersuchungsergebnisse ersetzen somit keine Beurteilung nach Trinkwasserverordnung. Eine Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser gem. Trinkwasserverordnung ist im Umweltlabor des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung nicht möglich, da es sich beim Landeslabor um keine berechnete Stelle gem. Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) handelt. Die derzeit berechtigten Stellen sind über die Homepage des Bundesministerium für Gesundheit jederzeit über den folgenden Link abrufbar:

http://www.bmg.gv.at/home/Schwerpunkte/VerbraucherInnengesundheit/Lebensmittel/Trinkwasser/Trinkwasser_Untersuchung_und_Begutachtung.

Untersuchungen nach TWV müssen von Gesetzes wegen bei öffentlichen Wasserversorgungsanlagen regelmäßig von berechtigten Stellen durchgeführt werden. Bei privaten Hausbrunnen besteht hingegen keine derartige gesetzliche Verpflichtung. Eine regelmäßige Untersuchung des Trinkwassers gem. TWV wird allen Hausbrunnenbesitzern aber dringend empfohlen.

2.6 Medizinische Grundlagen

Trinkwasser ist Wasser, das geeignet ist, vom Menschen ohne Gefährdung seiner Gesundheit verzehrt zu werden. Anforderungen an die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch werden in Österreich durch die Trinkwasserverordnung (TWV) geregelt, welche die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie in österreichisches Recht darstellt. Sie beinhaltet die aus gesundheitlichen Gründen unverzichtbaren Mindestanforderungen an trinkbares Wasser. Über die Trinkwasserverordnung hinaus wurden im Lebensmittelbuch zusätzliche Qualitätskriterien im Rahmen des sog. Codexkapitel B1 „Trinkwasser“ eingeführt, damit die hohe Qualität des österreichischen Trinkwassers sichergestellt wird.

2.6.1 Grundbegriffe

Mängel des Trinkwassers können zu Beeinträchtigungen der Konsumenten führen. Aus umweltmedizinischer Sicht werden grundsätzlich folgende Formen von Beeinträchtigungen unterschieden:

- Belästigung
- Gesundheitsgefährdung
- Gesundheitsschädigung

Das Empfinden von **Belästigungen** ist individuell sehr unterschiedlich und ist eine subjektive Wahrnehmungsqualität. Das Wahrnehmen einer Immission (Einwirkung) stellt nicht in jedem Fall eine Belästigung dar, jedoch kann sie vom gesunden, normal empfindenden Menschen als solche empfunden werden, vor allem wenn die Immission emotional negativ bewertet wird.

Zu unterscheiden ist inwieweit Einwirkungen als zumutbar bzw. unzumutbar einzustufen sind.

Unzumutbar bedeutet, dass erhebliche Störungen des Wohlbefindens und/oder organische Veränderungen am Menschen ausgelöst werden bzw. das übliche Ausmaß der Einwirkung überschritten wird.

Als **Gesundheitsgefährdung** wird eine Einwirkung (Immission) eingestuft, wenn nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaft die Möglichkeit besteht, dass Krankheitszustände, Organschäden oder unerwünschte organische oder funktionelle Veränderungen am Menschen eintreten können.

Gesundheitsschädigend bedeutet, dass durch die Einwirkung Krankheitszustände, Organschäden oder pathologische Veränderungen auftreten bzw. mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind.

Die Beurteilung von Ergebnissen von Trinkwasseranalysen erfolgt anhand der Vorgaben der Trinkwasserverordnung. Dabei werden prinzipiell folgende Wertarten unterschieden:

- Parameterwerte
- Indikatorparameterwerte

Parameterwerte sind zulässige Höchstkonzentrationen bzw. Grenzwerte von Inhaltsstoffen und Mikroorganismen, die nicht überschritten werden dürfen. Bei Einhaltung der Parameterwerte sind nach dem derzeitigen Wissensstand auch bei lebenslangem täglichem Verzehr des Trinkwassers keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen zu erwarten.

Indikatorparameterwerte sind Richtzahlen für Gehalte an Inhaltsstoffen und Mikroorganismen. Bei Überschreitung von Indikatorparameterwerten ist zu prüfen und festzustellen, ob bzw. welche Maßnahmen zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung einer einwandfreien Wasserqualität erforderlich sind.

2.6.2 Kriterien der Beurteilung von Trinkwasser

Eine umfassende Bewertung von Trinkwasser erfordert die Durchführung eines Lokalaugenscheins, die Überprüfung der sensorischen Qualitäten (Geschmack, Geruch und Färbung) sowie eine chemisch-physikalische und eine bakteriologische Untersuchung. Erst die Zusammenschau dieser Befunde ermöglicht eine gutachterliche Beurteilung bzw. eine zusammenfassende Bewertung des Wassers hinsichtlich der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit.

Die für das gegenständliche Projekt durchgeführten medizinischen Bewertungen beziehen sich ausschließlich auf die bei den jeweiligen Messstellen gemessenen chemisch-physikalischen Untersuchungsergebnisse und stellen somit keine umfassenden Beurteilungen der Wässer dar.

2.6.2.1 Lokalaugenschein

Beim Lokalaugenschein werden bauliche Gegebenheiten der Trinkwasseranlage sowie Einflüsse des Umfelds auf die Trinkwassergewinnung betrachtet.

Trinkwasserbrunnen müssen dem Stand der Technik entsprechen, d.h. sie sind so zu errichten, dass Verunreinigungen des Wassers vermieden werden und die qualitative Beschaffenheit nicht beeinträchtigt wird.

Materialien, die mit Trinkwasser in Kontakt stehen, müssen den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen entsprechen und hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit unter Berücksichtigung der Wassercharakteristik überprüft sein.

Von den Materialien dürfen Stoffe nur in unvermeidbarem Ausmaß an das Wasser abgegeben werden. Keinesfalls dürfen Mengen von Stoffen ins Trinkwasser gelangen, die zu einer Überschreitung eines Parameter- oder Indikatorparameterwertes bzw. zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität führen.

Werden beim Lokalaugenschein Mängel festgestellt, sodass Verunreinigungen des Wassers nicht ausgeschlossen werden können, sind jedenfalls Maßnahmen zu fordern, die dauerhaft wieder eine einwandfreie Wasserqualität sicherstellen.

2.6.2.2 Grobsinnliche Beurteilung

Gemäß Trinkwasserverordnung und Lebensmittelbuch sind die sensorischen Parameter Geruch, Geschmack, Färbung und Trübung bei den Wasseruntersuchungen zu prüfen (qualitative sensorische Analytik) und stellen Indikatorparameter in Hinblick auf eventuelle technische und hygienische Mängel dar.

Laut Trinkwasserverordnung muss das Trinkwasser grobsinnlich, d.h. dem Geruch, dem Geschmack und dem Aussehen nach, einwandfrei sein. Färbungen oder Trübungen sowie Fehlgeschmack oder geruchliche Abweichungen schließen eine Nutzung als Trinkwasser aus.

2.6.2.3 Chemisch-physikalische und bakteriologische Untersuchung

Durch chemisch-physikalische und insbesondere mikrobiologische Untersuchungen können auch Inhaltsstoffe und Eigenschaften des Wassers untersucht werden, welche grobsinnlich nicht wahrnehmbar sind.

Die Beurteilung von chemisch-physikalischen und bakteriologischen Parametern des Trinkwassers erfolgt anhand der Vorgaben in der Trinkwasserverordnung nach Parameterwerten und Indikatorparameterwerten.

Parameterwerte der Trinkwasserverordnung sind jedenfalls einzuhalten, wohingegen Indikatorparameterwerte mögliche Einflüsse auf das Trinkwasser anzeigen sollen, um dann weiter geprüft zu werden.

Liegen Einzelüberschreitungen vor, so sind diese hinsichtlich ihrer Art, ihrer Intensität, ihrer Dauer und Häufigkeit ihres Auftretens in Hinblick auf eine gesundheitliche Relevanz zu prüfen.

Besondere Bedeutung kommt bei Trinkwasseruntersuchungen den mikrobiologischen Parametern zu. Bakterien oder andere Keime dürfen keinesfalls in einer Anzahl oder Konzentration im Trinkwasser vorkommen, die eine potentielle Gefährdung der menschlichen Gesundheit darstellen. Bakteriologische Untersuchungsergebnisse bilden somit für eine umfassende Aussage über mögliche Gesundheitsgefährdungen einen wesentlichen Bestandteil einer Trinkwasserbeurteilung.

3 Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden ca. 320 Proben gezogen und auf ca. 50 Parameter pro Probe untersucht. Daraus ergaben sich mehr als 15.000 Einzelmesswerte.

Bei Vergleich mit Grenzwerten ergaben sich insgesamt 386 Überschreitungen:

3.1 Überschreitungen von Parameterwerten der Trinkwasserverordnung (TWV)

Im Vergleich mit Parameterwerten der Trinkwasserverordnung wurden **47 Überschreitungen** aufgefunden. Das entspricht 0,3 % der Messwerte.

Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Überschreitungen des Parameterwertes für **Nickel** (40 Überschreitungen an drei Messstellen). Weitere Einzelwertüberschreitungen konnten bei **Benz(a)pyren** (6 Überschreitungen an 6 verschiedenen Messstellen) und **Benzol** (eine Überschreitung) aufgefunden werden.

Weiters wurden noch 5 weitere Überschreitungen aufgefunden, welche auf Ablassen eines zu geringen Vorlaufs bei der Probenahme und damit eine Beprobung von abgestandenem Wasser zurückzuführen waren.

Dabei handelt es sich um 4 Überschreitungen an ein und derselben Messstelle ab Dezember 2015, bei welcher durch Umstellung der Wasserversorgung die Probenahme nur noch im Keller des Hauses ohne entsprechenden Vorlauf möglich war. Fallweise wurden im abgestandenen Wasser erwartungsgemäß die Grenzwerte für Blei (verstärktes Herauslösen von Metallen aus dem Leitungsmaterial durch lange Standzeiten des Wassers) und Nitrit (Verschiebung des Stickstoffgleichgewichts zu Nitrit aufgrund des Sauerstoffmangels im abgestandenen Wasser) überschritten. Die Wasserversorgung dient nicht mehr zur Trinkwasserversorgung.

An einer weiteren Messstelle wurde einmalig der Grenzwert für Kupfer deutlich überschritten. In der selben Probe waren auch der Zinkgehalt deutlich und der Bleigehalt leicht erhöht. Auch hier sind die erhöhten Werte auf das verstärkte Herauslösen von Metallen aus dem Leitungssystem des Hauses zurückzuführen. In den übrigen Monaten zeigten sich die Gehalte an Kupfer an der betroffenen Messstelle durchwegs unauffällig.

Diese Messergebnisse mussten als nicht repräsentativ ausgeschlossen werden.

3.2 Überschreitungen von Indikatorparametern der Trinkwasserverordnung (TWV)

Im Vergleich mit Indikatorparametern der Trinkwasserverordnung wurden **339 Überschreitungen** aufgefunden. Das entspricht 2,2 % der Messwerte.

Dabei handelt es sich zum überwiegenden Teil um Abweichungen des Indikatorparameters für den **pH-Wert** (255 Mal außerhalb des Indikatorbereichs). Weiters zeigten sich für **Chlorid** 49 Mal und für **Mangan** 35 Mal Überschreitungen.

3.3 Überschreitungen von Indikatorparametern des Codex/B1/TW

Im Codexkapitel / B 1 / Trinkwasser der IV. Auflage des Österreichischen Lebensmittelbuchs, BMGFJ-75210/0009-IV/B/7/2007 i.d.g.F. (Codex/B1/TW) sind zunächst die Parameterwerte und Indikatorparameter der TWV angeführt. Überschreitungen von Parameter- und Indikatorparameterwerten der TWV stellen somit ebenfalls Überschreitungen gem. Trinkwassercodex dar.

Zusätzlich zu diesen Werten sind im Trinkwassercodex noch weitere Indikatorparameter geregelt. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Calcium, Magnesium oder den Sauerstoffgehalt, aber auch für den Kohlenwasserstoffindex oder verschiedene leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe sind Indikatorparameterwerte definiert.

Im Vergleich mit Indikatorparametern des Trinkwassercodex wurden außer der bereits als Überschreitungen von Parameter- und Indikatorparameterwerten der TWV angeführten Überschreitungen **keine zusätzlichen Überschreitungen** aufgefunden.

3.4 Überschreitungen im Detail

3.4.1 Nickel

Für Nickel wird der Parameterwert der TWV von 20 µg/l **40 Mal** überschritten. Die Überschreitungen sind dabei ausschließlich auf 3 Messstellen beschränkt.

Die übrigen Messstellen zeigen sich im Wesentlichen unauffällig:

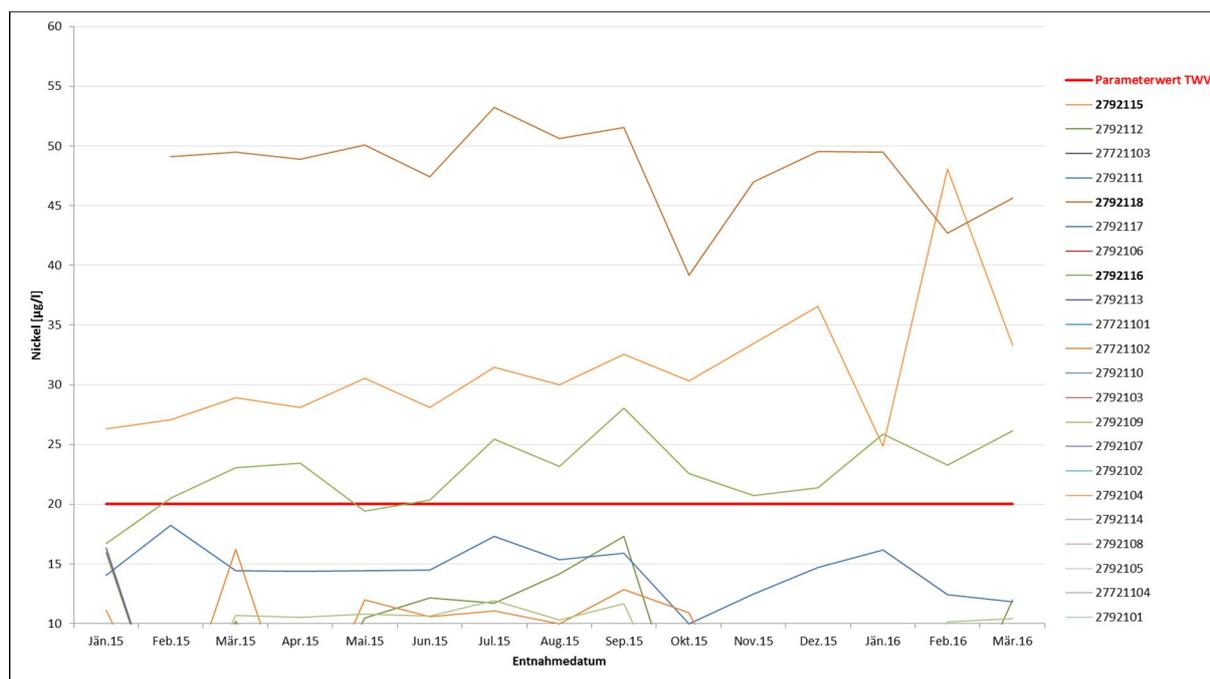


Abbildung 7: Nickelgehalte an den Messstellen

Im gegenständlichen Fall dürften die hohen Nickelgehalte aus den Verwitterungsprodukten nickelhaltiger Gesteine stammen und somit geogen bedingt sein.

Dass Leitungen, Armaturen oder Einbauten aus Metall für die hohen Werte verantwortlich sind, konnte durch die Untersuchung der Wässer aus den jeweiligen Quellsammelschächten ausgeschlossen werden. Diese zeigten nämlich in etwa gleich hohe Nickelgehalte wie die Proben aus den Leitungen in Haus und Hof.

Aus dem geochemischen Atlas von Österreich geht hervor, dass Nickel als Spuren- bis Nebenelement in Eisen-Magnesium-Silikaten wie Olivin, Pyroxen oder Amphibol vorkommt. Häufig ist Nickel auch als Spurenelement und Fremd Beimengung in Pyrit zu finden. (vgl. PIRKL u.a. 2015, S. 132)

Aus geologischer Sicht ist anzumerken, dass innerhalb des ostalpinen Kristallins der Koralpe auch Amphibolitzüge eingeschaltet sind, was unter anderem durch die Auswertung von Kartenwerken bzw. von im Rahmen der Errichtung der A2 Südautobahn erstellten Bohrprofilen bestätigt wird. Im Untersuchungsgebiet sind Amphibolite demnach vor allem im Bereich des Assingbergs und Windhagen, das heißt südlich bzw. südöstlich der Messstellen mit erhöhten Nickelgehalten, anzutreffen (siehe Abbildung 3, Abbildung 8 und Abbildung 9).

Die weiterführende Ausdehnung dieser Amphibolitzüge in die hydrographischen (unterirdischen) Einzugsgebiete der betroffenen Messstellen ist zu erwarten.

Darüber hinaus sind auf der Koralpe Eisenlagerstätten vorhanden, die in früheren Jahrzehnten abgebaut wurden. Die dortigen, zumeist an Marmorzüge gebundenen Vererzungen enthalten unter anderem Pyrit und Siderit. (TOLLMANN 1977, S. 246)

In einer im Bereich des Assingbergs abgeteufte Erkundungsbohrung wurde ebenfalls Pyrit vorgefunden (siehe Abbildung 8).

21	522'28	15			Wechselagerung von Gneis u. Amphibolit	hellgrau bis dunkelgrün	ca 40° bergwärts einfallend, leicht verwittert
26	524'78	05	Gneis, grau-braun, hart		Fasergneis	weiß-braun gestreift	
33	524'08	07			Amphibolit	weiß-grün gestreift	ca 40° bergwärts einfallend, fester Bohrkern
40	523'38	07			Fasergneis mit einzelnen Amphibolitlagen		
180	509'38	050			Gneis (ca. 5cm mächtiger Amphibolitgang in 90°-Richtung durchstreikend, von Quarz-Feldspat begrenzt)	grau	
180	508'38	10	Gneis, hellgrau, hart		Gneis mit einzelnen Amphibolitknauern	grüngrau	körnig
220	807'18	10			Amphibolit	grün mit Glimmerbrausehen bei 192m	feinlagig mit ca. 30° bergwärts einfallend
230	504'38	40	Gneis, grau-braun mit grünen Streifen, hart		Fasergneis mit Amphibolitlagen bzw. -augen bei 205m, 209m, 218-220m, 224m - 244m	hellgrau bzw. grünlich gestreift	fest, im Liegenden leicht brüchig, (klüftig)

Abbildung 8: Ausschnitt aus Bohrprofil Nr. A41/B (Bereich des Assingbergs) (Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung; webGIS pro Steiermark-Steirische Bohrpunktdatenbank)

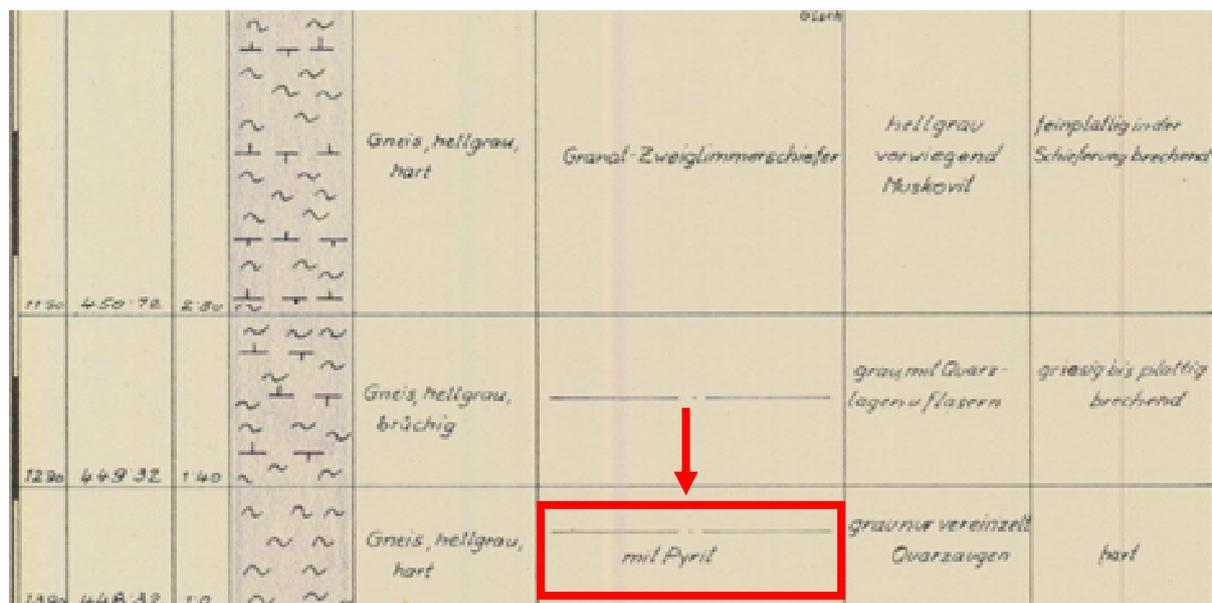


Abbildung 9: Ausschnitt aus Bohrprofil Nr. A44/B (Bereich des Assingbergs) (Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung; webGIS pro Steiermark-Steirische Bohrpunktdatenbank)

Weiters liegen die drei Messstellen in unmittelbarer Nähe zueinander:

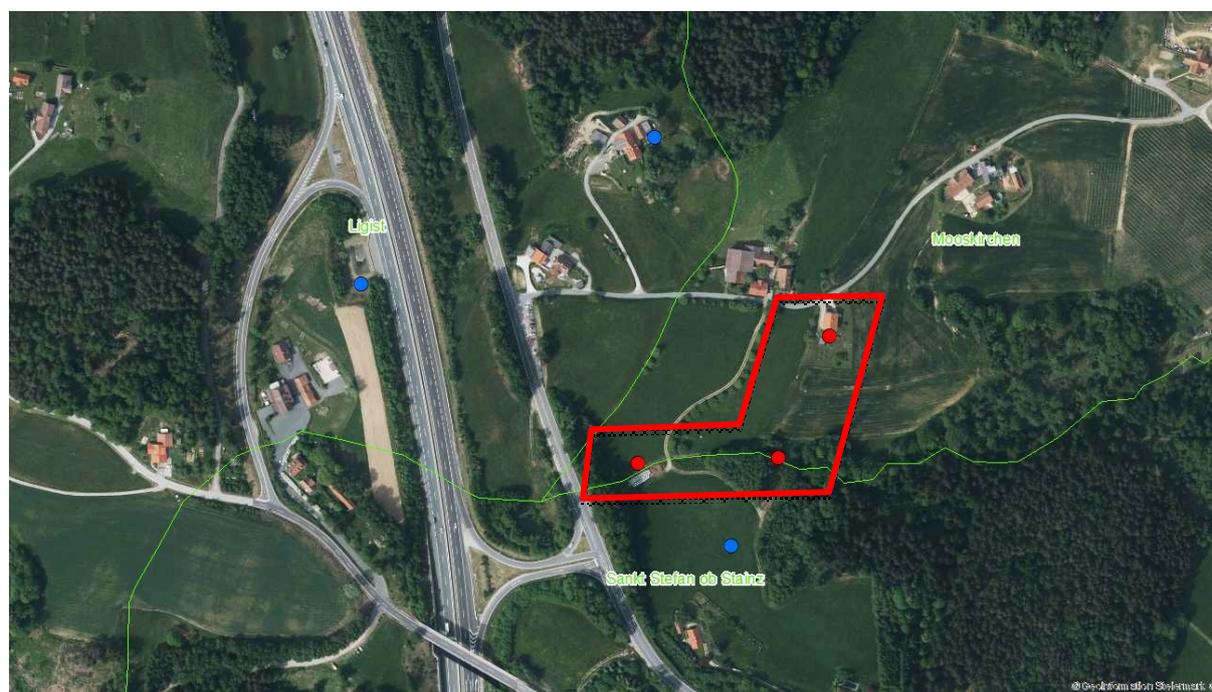


Abbildung 10: Messstellen mit erhöhten Nickelgehalten

Das Herauslösen von Nickel aus nickelhaltigen Gesteinen und Materialien wird durch niedrigen pH-Wert, niedrigen Härtegrad und hohen Chloridgehalt begünstigt.

Die betroffenen Messstellen zeigen durchwegs niedrige pH-Werte. In zwei Messstellen finden sich auch hohe Chloridgehalte und eine damit verbundene hohe Gesamthärte. Die dritte Messstelle zeigt

niedrige Chlorgehalte und eine sehr niedrige Gesamthärte. Ein Herauslösen von Nickel aus dem umgebenden Material wird somit in allen 3 Fällen jedenfalls begünstigt.

Ein systematischer Eintrag von Nickel ins Grundwasser im Untersuchungsgebiet konnte hingegen nicht nachgewiesen werden.

Weiters konnte kein Zusammenhang mit dem Straßenbetrieb auf Straßen im Einzugsgebiet hergestellt werden. In der Literatur finden sich keine Hinweise darauf, dass Nickel auf Straßen vermehrt anfällt. Untersuchungen des Nickelgehaltes der Abläufe von Gewässerschutzanlagen der Autobahn im ggst. Bereich zeigen sich ebenfalls unauffällig. Weiters ist keine eindeutige Korrelation von erhöhten Nickel- und erhöhten Chlorgehalten ersichtlich.

Von den 3 betroffenen Messstellen werden 2 Messstellen zur Nutzwassergewinnung verwendet, eine Messstelle wird derzeit noch zur Trinkwasserversorgung herangezogen.

Nickel ist für den Menschen ein wichtiges Spurenelement. Die durchschnittliche tägliche Aufnahme über die Nahrung beträgt ca. 300 bis 500 µg.

Die Gefahr einer akuten Vergiftung mit Nickel ist gering und tritt nur bei sehr hohen Dosen auf (Aufnahme von mehr als 350-700 mg Nickel pro Tag für einen Erwachsenen). Dies wurde in der industriellen Nickelverarbeitung beobachtet, v.a. nach inhalativer Aufnahme über die Atemwege.

Kontaktallergien entstehen durch langandauernden direkten Kontakt mit der Haut (Nickeldermatitis, Kontaktekzem) zum Beispiel durch nickelhaltigen Schmuck.

3.4.2 Benz(a)pyren

Für Benz(a)pyren wird der Parameterwert der Trinkwasserverordnung von 0,010 µg/l **6 Mal** überschritten. Bei den 6 Überschreitungen handelt es sich um Einzelwertüberschreitungen an 6 verschiedenen Messstellen zu drei verschiedenen Zeitpunkten (Jänner, April und Oktober 2015). Davor und danach zeigen sich die Benz(a)pyrengelhalte an den betroffenen Messstellen völlig unauffällig.

Auch die übrigen Messstellen zeigen sich im Wesentlichen unauffällig:

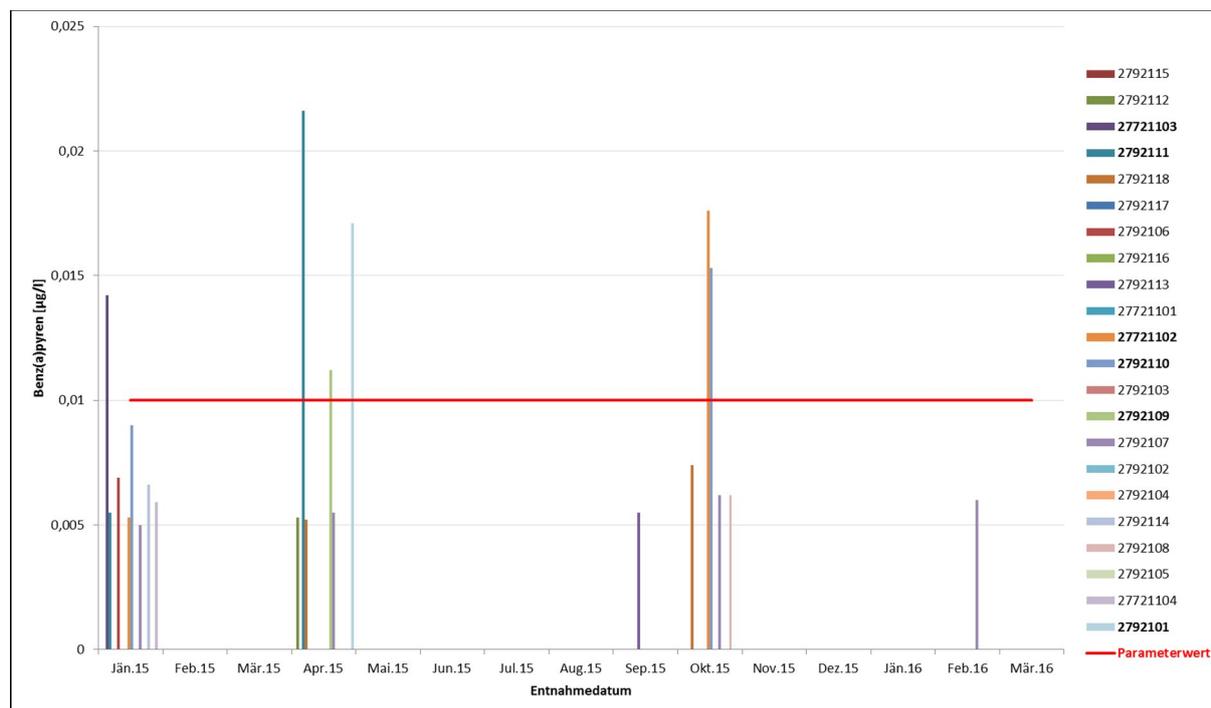


Abbildung 11: Benz(a)pyrengelhalte an den Messstellen

Bei Benz(a)pyren handelt es sich um einen polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoff (PAK) mit 5 kondensierten Ringen und der Summenformel $C_{20}H_{12}$:

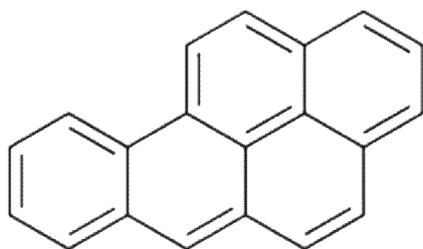


Abbildung 12: Struktur von Benz(a)pyren

Die Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAKs) umfasst eine Vielzahl verschiedener Verbindungen, von welchen einige als kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft sind. Außerdem sind sie persistent (sie verbleiben also aufgrund ihrer schlechten Abbaubarkeit besonders lange in der Umwelt) und bioakkumulierend (sie können sich in Lebewesen anreichern).

PAKs sind in zahlreichen Produkten enthalten. Dabei sind Produkte aus Gummi oder Weich-PVC wie Autoreifen, Sportplätze oder Badeschuhe ebenso zu nennen wie Klebstoffe und Beschichtungen oder Lebensmittel wie Kakao, Café, Tee, Schokolade, Fette, Öle oder Geräuchertes. Für Benz(a)pyren wird die mittlere tägliche Aufnahme über die Nahrung mit ca. 200 bis 500 ng angegeben (zum Vergleich: Parameterwert der Trinkwasserverordnung: 10 ng/l).

In Erdöl und Erdölprodukten finden sich ebenfalls PAKs.

PAKs entstehen bei der Verbrennung von organischen Materialien wie Holz, Kohle und Öl. Die Aufnahme von Benz(a)pyren über den Zigarettenrauch wird mit ca. 10 ng pro Zigarette angegeben.

Ihre Verbreitung in die Umwelt erfolgt dann als Anhaftung an Partikeln über die Luft. Als wichtigste Quelle wird hierbei der Hausbrand genannt, aber auch Verkehr, Industrie und Landwirtschaft sowie natürliche Ursachen wie Waldbrände oder Vulkanausbrüche tragen zum Eintrag von PAKs in die Umwelt bei. In Österreich wurden die im Feinstaub aufgefundenen PAKs im Jahr 2013 folgenden Verursachern zugeordnet:

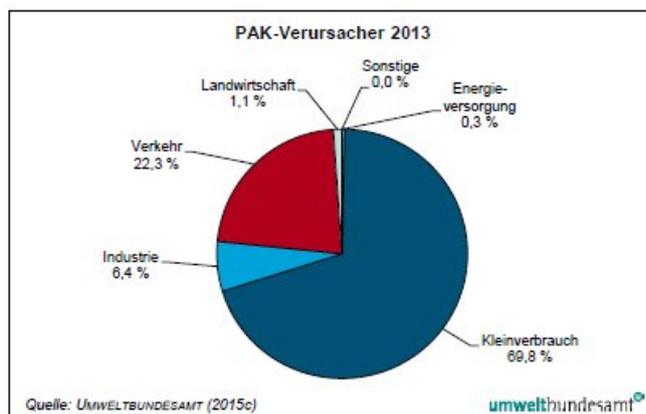


Abbildung 13: Quellen von PAKs

Als Folge der Verbreitung über die Luft ist im Oberboden eine ubiquitäre Belastung mit PAKs nachweisbar. Diese ist in Gebieten, welche sich in großer Entfernung zu anthropogenen Einflüssen befinden, in etwa gleich hoch wie in der Umgebung einer verkehrsreichen Straße. Die ubiquitäre Belastung mit PAKs liegt dabei im Bereich von 0 bis 200 ng/g. Erhöhte und starke Belastungen sind meist auf konkrete Einflüsse (Industrie, Altlasten usw.) zurückzuführen. Dies wird durch regelmäßige Messungen von Bodenschutzpunkten in der Steiermark bestätigt:

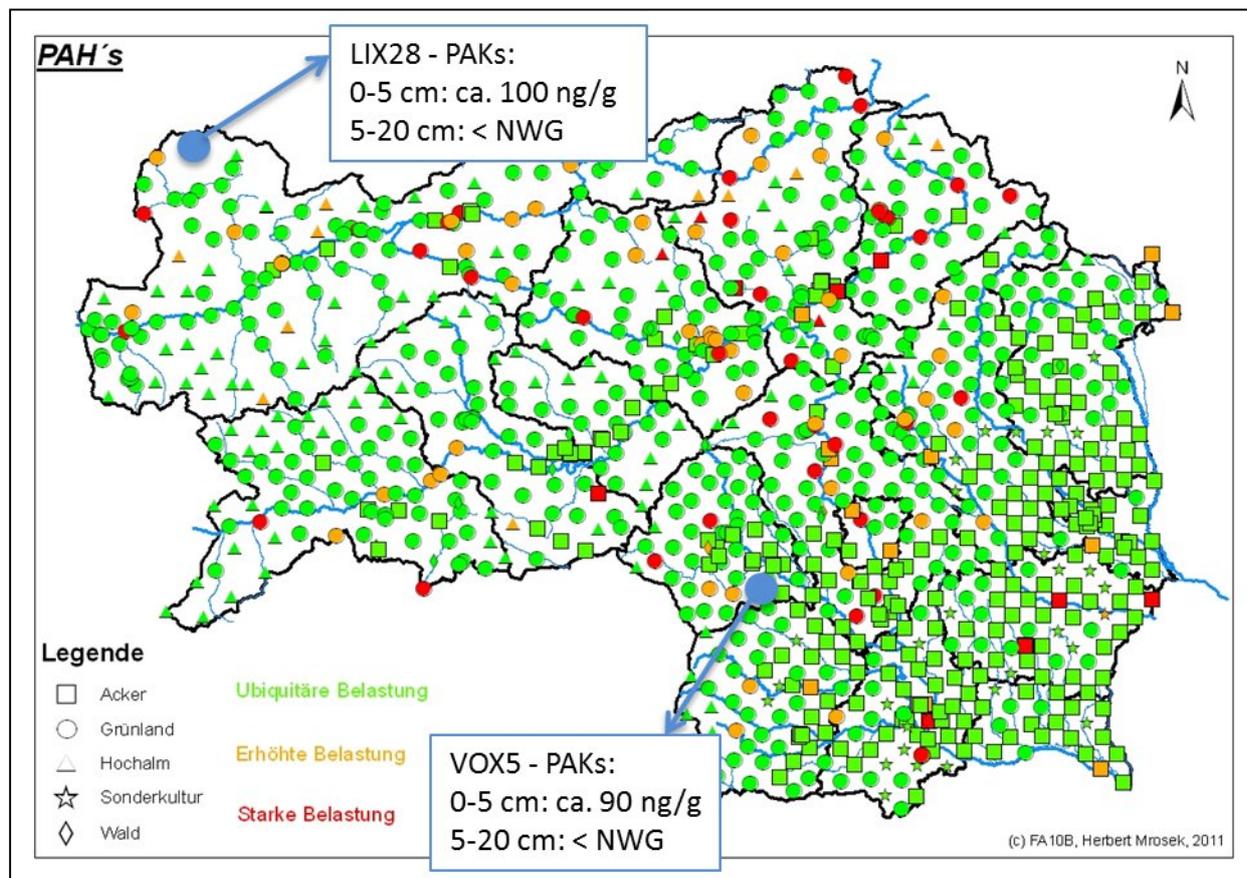


Abbildung 14: PAK-Belastungen an Bodenschutzpunkten in der Steiermark

Der Bodenschutzpunkt VOX5 befindet sich nahe des Untersuchungsgebietes und liegt weniger als 100 m von der Autobahn entfernt. Der Bodenschutzpunkt LIX28 befindet sich in einem von anthropogenen Einflüssen weit entfernten Tal. Beide Punkte zeigen in etwa die selbe Belastung mit PAKs.

Aufgrund ihrer Struktur sind die meisten PAKs in Wasser nur wenig oder gar nicht löslich. Lediglich niedermolekulare PAKs zeigen eine geringe Wasserlöslichkeit, hochmolekulare PAKs wie Benz(a)pyren sind hingegen praktisch unlöslich.

Außerdem besitzen PAKs eine starke Adsorptionstendenz an Feststoffe. In der Literatur wird angegeben, dass PAKs in Wasser praktisch ausschließlich in adsorbierter, partikulärer Form vorliegen. Diese starke Adsorptionstendenz führt auch dazu, dass PAKs sehr gut an Bodenpartikel binden und so in den obersten Bodenschichten verbleiben. Ein Eindringen von PAKs ins Grundwasser über den intakten Oberboden ist somit aufgrund ihrer Immobilität im Boden nicht zu erwarten.

Dies wird auch durch Untersuchungen von Bodenschutzpunkten in der gesamten Steiermark bestätigt, bei welchen in der Tiefenstufe zwischen 0 und 5 cm durchwegs die ubiquitäre Belastung mit PAKs nachgewiesen werden kann, in tieferen Bodenschichten (5 bis 20 cm) aber nur in begründbaren Einzelfällen ein Nachweis von PAKs gelingt (siehe Abbildung 14).

Ebenso ist auch die Beweglichkeit der PAKs im Grundwasserleiter selbst durch ihre Adsorptionstendenz an Partikel stark eingeschränkt.

Aufgrund der Vielzahl der Verbindungen an PAKs beschränkt sich die Analytik auf bestimmte Leitsubstanzen, aus deren Auftreten und Gehalten die Belastungen für das jeweilige Kompartiment

abgelesen werden können. In der Trinkwasserverordnung handelt es sich hierbei um 4 Einzelsubstanzen (PAK4 TWV, siehe 2.5), deren Summe mit einem Grenzwert von 0,10 µg/l (Parameterwert) belegt ist. Weiters ist auch ein Parameterwert für Benz(a)pyren als Einzelsubstanz mit 0,010 µg/l festgelegt.

Von der US-amerikanischen EPA (Environmental Protection Agency) werden insgesamt 16 derartige Leitsubstanzen betrachtet.

Für die Beurteilung von Kontaminationen in Boden und Feinstaub werden wiederum andere Kombinationen von Leitsubstanzen herangezogen.

Bei den ggst. Untersuchungen konnten verschiedene PAKs insbesondere im Jänner, April und Oktober 2015 in mehreren Proben nachgewiesen werden. Bei den übrigen Messungen zeigten sich die Messstellen häufig völlig unauffällig. Das gleiche Bild zeigt sich bei den Überschreitungen für Benz(a)pyren, welche ausnahmslos im Jänner, April und Oktober 2015 aufgefunden wurden. Alle 6 betroffenen Messstellen zeigen sowohl in den Messungen davor als auch in den Messungen danach für Benz(a)pyren keine weiteren Auffälligkeiten.

Überschreitungen des Grenzwerts für den PAK-Summenparameter der TWV traten hingegen nicht auf:

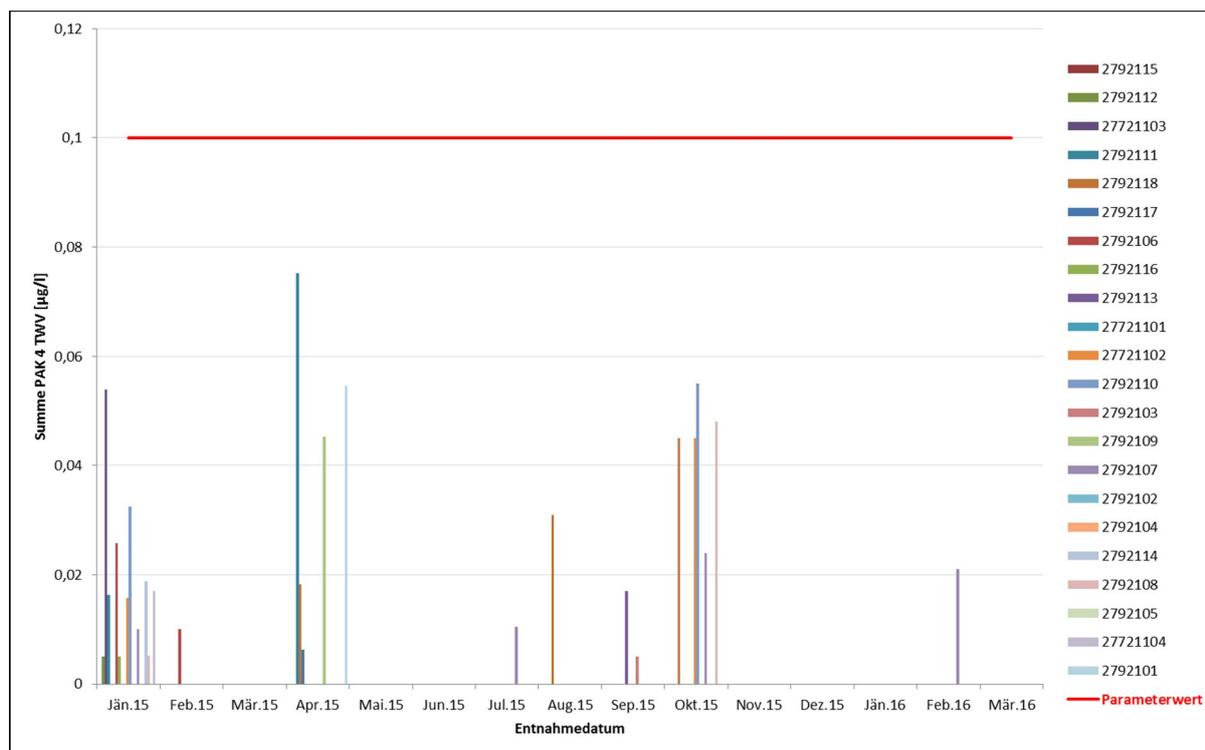


Abbildung 15: Gehalt an Summe PAKs nach TWV (4 Verbindungen) an den Messstellen

Auch bei Betrachtung der Summe aller analysierten PAKs zeigt sich ein ähnliches Bild:

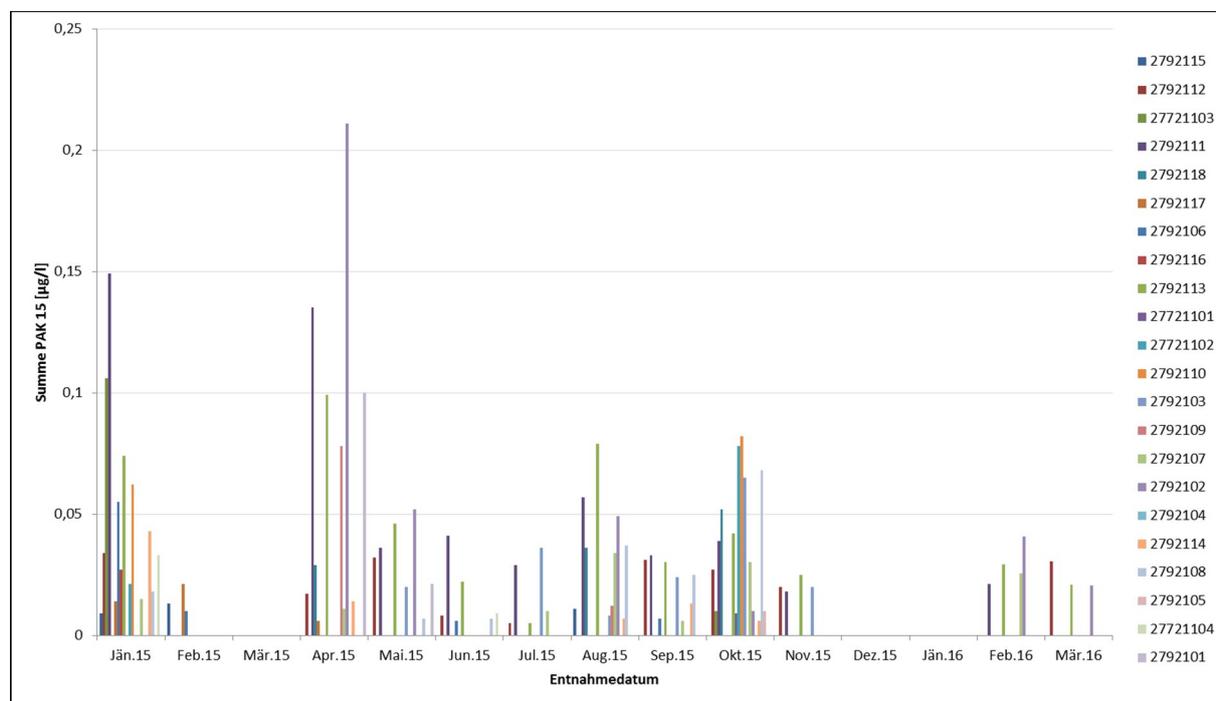


Abbildung 16: Gehalt an Summe PAKs nach EPA (15 untersuchte Verbindungen) an den Messstellen*

* Die Ergebnisse für Dezember 2015 und Jänner 2016 mussten aufgrund des Eintrages einer Kontamination in die Proben durch ein Lösungsmittel ausgeschlossen werden. Die Summen für Februar und März 2016 umfassen meist nur 12 der 15 Substanzen, da einige Messwerte als unplausibel ausgeschlossen werden mussten.

Eine systematische Verunreinigung des Grundwassers im ggst. Bereich mit PAKs ist somit jedenfalls nicht erkennbar.

Wie es zu dem Eintrag von PAKs in die Messstellen bzw. in die Proben gekommen ist, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Ein Eindringen über den intakten Oberboden kann insbesondere für die hochmolekularen Verbindungen wie Benz(a)pyren ausgeschlossen werden.

Ein Eindringen von mit PAKs behafteten Partikeln ins Grundwasser über Wegigkeiten in Boden ist prinzipiell denkbar, aber als Ursache für die Funde aufgrund der sehr eingeschränkten Mobilität der Substanzen/Partikel im Grundwasserleiter ebenfalls nicht anzunehmen.

Allerdings können Partikel, an welchen PAKs anhaften, mit Tagwässern direkt in nicht tagwasserdichte Brunnenschächte gelangen und so zu positiven Nachweisen führen.

Bei den betroffenen Messstellen fällt auf, dass bei 5 Messstellen die Schächte gegen das Eindringen von Tagwässern nicht gesichert waren. Dabei sind 4 Brunnenschächte nicht über das Gelände hochgeführt; bei allen 5 genannten Anlagen ist keine Dichtung im Deckel vorhanden. Über die baulichen Gegebenheiten der sechsten Messstelle liegen keine Informationen vor:



Abbildung 17: Schachtabdeckungen der betroffenen Messstellen

Für eine der betroffenen Messstellen konnte der Eintrag über den Tagwasserzulauf bestätigt werden: Der einzige Nachweis von Benz(a)pyren war bei dieser Messstelle im April 2015 zu verbuchen. Die Probenahme fand wenige Tage nach dem Osterwochenende statt. Vor Ort zeigte sich, dass sich nur wenige Meter von dem nicht tagwasserdichten Deckel des Sammelschachtes entfernt die Brandstelle eines kürzlich abgebrannten Feuers befand:



Abbildung 18: nicht tagwasserdichter Sammelschacht und Brandstelle in unmittelbarer Nähe dazu

Auch bei den anderen betroffenen Messstellen ist ein derartiger Eintrag wahrscheinlich. Im Jänner und Oktober könnte es durch einen vermehrten Anfall von Rußpartikeln aus dem Hausbrand und Niederschläge zum Eintrag von Partikeln über Tagwasserzulauf in die Messstellen gekommen sein. Im April könnte die zeitliche Nähe zum Osterfeuer einen derartigen Anstieg verursacht haben.

Aber auch ein Eintrag im Zuge der Probenahme ist nicht auszuschließen. PAKs sind ubiquitär vorhanden. Allein der Restgehalt in der Luft einer zuvor gerauchten Zigarette oder eines kürzlich gelaufenen Automotors könnten ausreichen, um einen Eintrag im Nanogrammbereich in eine Probe zu verursachen und eine Grenzwertüberschreitung herbeizuführen.

Auch ein Eintrag im Zuge der Aufbereitung für die Analytik ist prinzipiell möglich. Auch hier können geringfügige Verunreinigungen in Arbeitsgeräten, Laborluft oder Lösungsmitteln für einen Eintrag über der Nachweisgrenze ausreichen.

Zu einem derartigen Eintrag ist es im Dezember 2015 und Jänner 2016 gekommen: Ausgehend von einem Lösungsmittel wurden Verunreinigungen in die Proben eingebracht. Die Analyseergebnisse dieser Proben mussten vom Untersuchungslabor als nicht valide ausgeschlossen werden.

Benzpyren ist hinsichtlich der gesundheitlichen Bedeutung gut erforscht und kann bei langdauernder Einwirkung krebserregend wirken (z.B. Zigarettenrauch). Daher wurden die Parameterwerte für Benzpyren und die Summe der 4 für PAKs in der Trinkwasserverordnung vorbeugend für eine langdauernde Belastung festgelegt und stellen die strengsten Grenzwerte der TWV dar. Einträge von PAKs in das Trinkwasser sind jedenfalls zu ergründen und zu beseitigen.

3.4.3 Benzol

Für Benzol wird der Parameterwert der Trinkwasserverordnung von 1,0 µg/l an einer Messstelle mit 1,3 µg/l **ein Mal** geringfügig überschritten. Weder davor und noch danach konnte in der betroffenen Messstelle Benzol nachgewiesen werden.

Auch die übrigen Messstellen zeigen sich durchwegs unauffällig.

Die betroffene Messstelle liegt hangabwärts des Wohnhauses des Besitzers. Die Geländeoberkante am Standort des Schachtbrunnens befindet sich ungefähr fünf bis sechs Meter über dem Autobahnfahrstreifen in Fahrtrichtung Klagenfurt. Da der Brunnen laut Auskunft des Eigentümers eine Tiefe von 12 bis 13 Metern aufweist und zudem an unteren Schachtringen einzelne Undichtigkeiten vorzufinden sind, ist eine Beeinflussung des Brunnenwassers durch die Autobahn nicht gänzlich auszuschließen, wenngleich diese eher gering sein dürfte. Dies ist damit erklärbar, dass ein Großteil des auf der Autobahn anfallenden Oberflächenwassers bedingt durch die unterhalb des Standortes der Wasserversorgungsanlage verlaufende Kurve und der damit einhergehenden Neigung des Straßenquerschnitts in Richtung Fahrbahnmitte vom Brunnen weggeführt wird. Zudem kann nicht bestätigt werden, dass die wasserdurchlässige Verwitterungsschicht im Bereich des Autobahnrandes bis zum Einflussbereich des Brunnens hinabreicht.

Hingegen konnten im Bereich des Wohnhauses des Besitzers im Rahmen von Erhebungen zahlreiche nummerntafellose Fahrzeuge aufgefunden werden. In der mit Rasenziegeln befestigten Einfahrt fielen immer wieder Ölflecken am Boden auf. Die Entwässerung des Bereiches erfolgt augenscheinlich über ein Rigol weiter den steilen Hang hinab in Richtung der Messstelle.

Der Brunnenschacht selbst verfügt über keine Dichtung im Deckel und ist somit nicht tagwasserdicht. Weiters können an der Schachttinnenseite deutliche Spuren von oberflächennah zurinnendem Wasser zwischen den obersten Betonringen erkannt werden.



Abbildung 19: Ölflecken und Rigol im Einzugsbereich der betroffenen Messstelle sowie Brunnenschacht

In der selben Probe war auch Naphthalin nachweisbar. Im Monat davor lagen Toluol sowie der Kohlenwasserstoffindex über der Nachweisgrenze.

Bei Benzol handelt es sich um einen aromatischen Kohlenwasserstoff, der unter anderem in Benzin und verschiedenen Lösungsmitteln enthalten ist.

Neben Benzol sind in Benzin auch andere Aromaten enthalten, welche unter der Parametergruppe BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol sowie *m*-, *o*- und *p*-Xylol, siehe auch 3.5.9) analysiert werden. Benzine enthalten dabei nur geringe Mengen Benzol, dessen Gehalt aufgrund seiner gesundheitsschädlichen Eigenschaften beschränkt wurde. Toluol und Xylole sind hingegen in großen Mengen enthalten.

Die Verbindungen sind in Wasser in geringen Mengen löslich, die Löslichkeit nimmt vom Benzol (ca. 2 g/l) zu den Xylole (ca. 200 mg/l) hin ab.

Benzol war früher ein gängiges organisches Lösungsmittel und in zahlreichen Farben und Lacken enthalten. Ein Nachweis dieser Verbindungen im Grundwasser gilt somit als Hinweis auf einen Eintrag von Benzin oder Lösungsmitteln ins Grundwasser, meist ausgehend von einem Unfall oder einer Leckage.

Zu den weiteren Nachweisen von Mineralölverunreinigungen in der Messstelle ist folgendes festzuhalten:

Bei Toluol handelt es sich um einen aromatischen Kohlenwasserstoff, welcher in Benzin sowie verschiedenen lösungsmittelhaltigen Produkten wie Farben und Lacken enthalten sein kann.

Bei Naphthalin handelt es sich um den kleinsten und am besten wasserlöslichen Kohlenwasserstoff der PAKs. Unter anderem findet man Naphthalin in Teer und verschiedenen Mineralölfractionen wie Diesel.

Der Kohlenwasserstoffindex (siehe auch 3.5.10) ist ein unspezifischer Summenparameter zur Erfassung verschiedener Mineralöle wie Diesel oder Motoröl. Aber auch andere Substanzen wie PAKs oder Öle natürlichen Ursprungs können mit dem Kohlenwasserstoffindex erfasst werden.

Ein Nachweis der genannten Substanzen bzw. Substanzgruppen an zwei aufeinander folgenden Monaten deutet auf einen Eintrag geringer Mengen an Mineralölen oder Lösungsmitteln in die Messstelle hin. Wie bereits beschrieben ist ein Eintrag ausgehend von der Autobahn nicht auszuschließen, aber aus hydrogeologischer Sicht jedenfalls unwahrscheinlich. Auch die Tatsache, dass der Chloridgehalt in der Messstelle keinerlei Beeinflussung durch die Autobahn zeigt, deutet darauf hin, dass Straßenabwässer von der Autobahn nicht in das Einzugsgebiet der Messstelle gelangen.

Vielmehr dürfte der Eintrag auf Abschwemmungen von Spuren von Mineralölen oder Lacken ausgehend von den zahlreichen Fahrzeugen am Grundstück des Besitzers und Eindringen über Undichtigkeiten im Brunnenschacht zurückzuführen sein.

Jedenfalls konnte keine systematische Belastung festgestellt werden. In den Monaten davor und danach zeigten sich die Messwerte der genannten Parameter durchwegs unauffällig.

Toluol, Ethylbenzol und Xylole sind bereits in sehr niedrigen Konzentrationen im Trinkwasser sensorisch wahrnehmbar. Die Wahrnehmungsschwellen liegen deutlich unter den Konzentrationen, welche als gesundheitlich relevant betrachtet werden.

Für Benzol ist in der Trinkwasserverordnung ein strenger Grenzwert festgelegt, welcher gesundheitlich motiviert ist und vorbeugend für eine länger andauernde Belastung ausgelegt ist. Intoxikationen mit Benzol werden vor allem nach inhalativer Belastung bei sehr hohen Dosen im industriellen Bereich beschrieben. Die aufgefundene einmalige Überschreitung ist von keiner akuten medizinischen Relevanz, trotzdem muss in weiterer Folge der Parameterwert gem. Trinkwasserverordnung eingehalten werden.

3.4.4 pH-Wert

Die pH-Werte der Proben liegen insgesamt **255 Mal** außerhalb des Indikatorparameterbereichs der Trinkwasserverordnung von 6,5 bis 9,5. Die pH-Werte sind dabei durchwegs leicht sauer mit Werten unter pH 6,5 und den niedrigsten Messwerten bis pH 5,4.

Somit liegen ca. 80% der Messwerte unterhalb des Indikatorparameterbereichs:

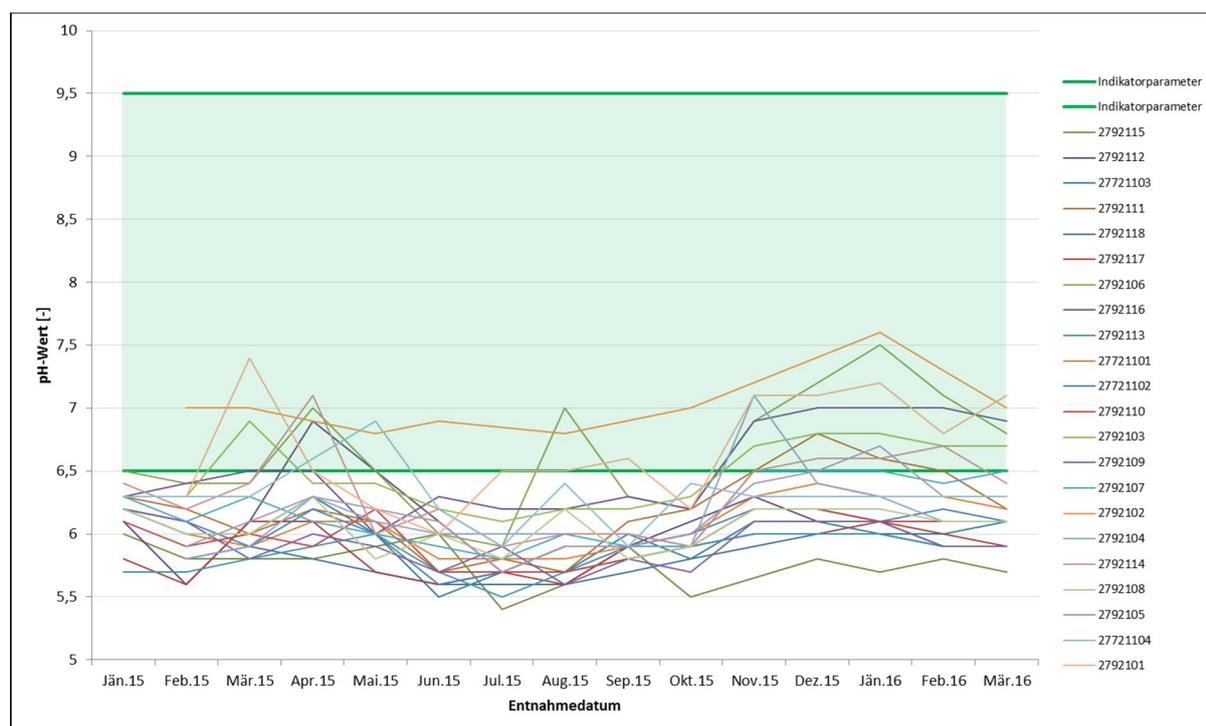


Abbildung 20: pH-Werte an den Messstellen

Das Grundwasser im Untersuchungsgebiet ist also fast durchwegs leicht sauer. Dieser niedrige, leicht saure pH-Wert ist geogen bedingt. Regenwasser weist durch das aus der Luft gelöste Kohlendioxid immer einen schwach sauren pH-Wert (ca. pH 5) auf. Bei Einwirkung auf Boden und Gestein werden verschiedene Salze herausgelöst, welche dann zu einer Pufferung im Wasser und einer Erhöhung des pH-Wertes führen. Im Kristallin des Kor-/Stub- und Gleinalmzuges werden nur wenige Salze herausgelöst. Eine Pufferung findet daher kaum statt und der pH-Wert des Wassers bleibt im leicht sauren Bereich.

Ein Großteil der im Kristallin des Kor-/Stub- und Gleinalmzuges gelegenen öffentlichen Wasserversorgungsanlagen ist daher mit einer Entsäuerungsanlage ausgestattet, welche den pH-Wert in den gem. TWV festgelegten Bereich hebt.

Ein leicht saurer pH-Wert stellt prinzipiell kein gesundheitliches Problem dar. Allerdings wirkt Wasser mit niedrigen pH-Werten korrosiv und fördert das Herauslösen von Metallen aus dem umgebenden Boden und Gestein, aus Leitungssystemen und Einbauten bzw. den Verschleiß von Verrohrungen und Einbauten. Saures Wasser kann also insofern gesundheitliche Relevanz erlangen als es durch verstärkte Korrosionsvorgänge zum Eintrag von Korrosionsprodukten ins Trinkwasser kommen kann. Dies kann sowohl die grobsensorische als auch in weiterer Folge die mikrobiologische Wasserbeschaffenheit beeinträchtigen.

In der Trinkwasserverordnung wird zu den Indikatorparametern Chlorid, Leitfähigkeit und pH - Wert gefordert, „das Wasser sollte nicht korrosiv wirken“.

3.4.5 Chlorid

Für Chlorid wird der Indikatorparameter der Trinkwasserverordnung von 200 mg/l **49 Mal** überschritten. Die Überschreitungen sind dabei auf 4 Messstellen beschränkt. Der Verlauf der Chloridkonzentrationen zeigt sich dabei im Wesentlichen konstant. Ausgeprägte jahreszeitliche Schwankungen wie ein Anstieg im Winter sind nicht zu beobachten.

Auch andere Messstellen zeigen erhöhte Werte. Bei etwa einem Drittel der Messstellen liegen die Chloridgehalte mit unter 20 mg/l im Bereich der geogenen Hintergrundkonzentration:

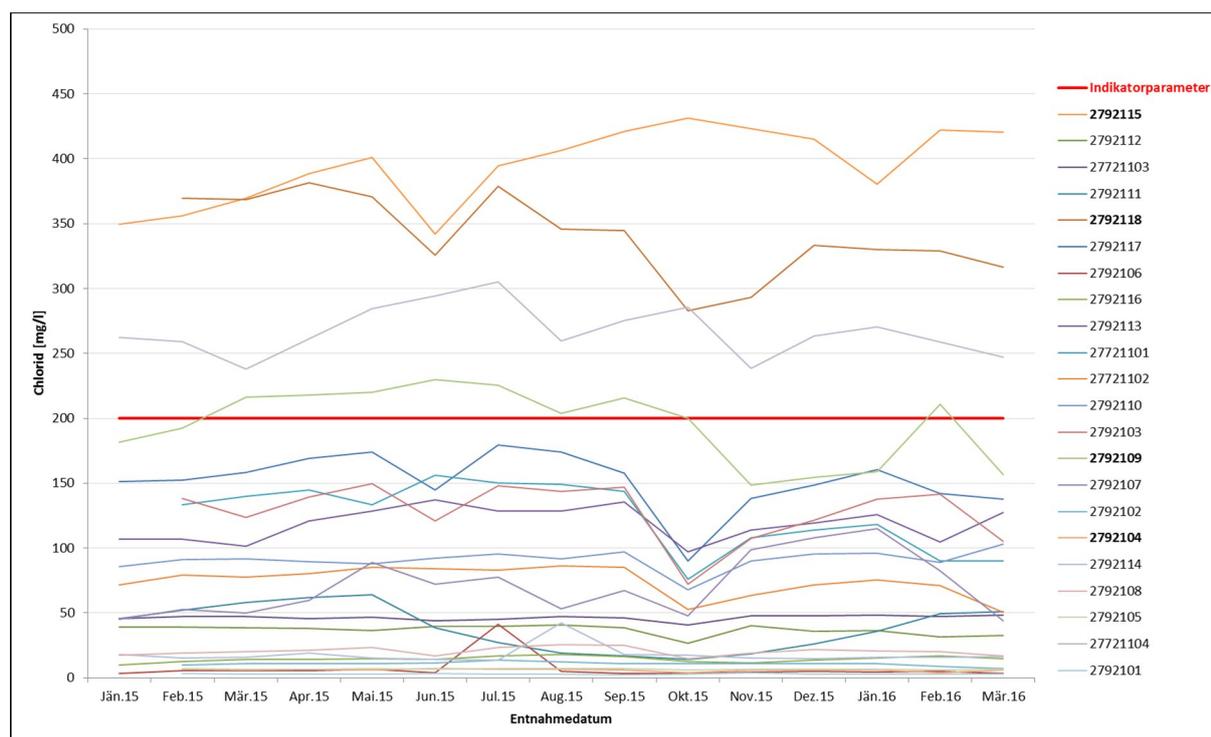


Abbildung 21: Chloridgehalte an den Messstellen

Die ggf. Überschreitungen bzw. erhöhten Werte für Chlorid sind auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit gehen die erhöhten Gehalte vom Winterbetrieb auf nahegelegenen Straßen wie der Autobahn oder auch den teilweise in unmittelbarer Nähe zu den Messstellen verlaufenden Landes- und Gemeindestraßen aus.

Erhöhte Chloridgehalte im Trinkwasser werden im Wesentlichen als geschmackliches, nicht gesundheitliches Problem gesehen.

Chlorid wird vom Menschen hauptsächlich zusammen mit Natrium in Form von Speisesalz (NaCl) aufgenommen. Es ist für den Menschen ein essentieller Mineralstoff und unentbehrlich für den Körper (Wasserhaushalt, Nervensystem, Verdauung, Knochenaufbau). Täglich nimmt der Mensch mit der üblichen Nahrung zwischen 3 und 12 g Chlorid zu sich, was einer Menge von ca. 5 bis 20 g Speisesalz (NaCl) entspricht. Im Vergleich zur mit der Nahrung aufgenommenen Salzmenge ist die Chloridmenge, welche über Trinkwasser aufgenommen wird, somit wenig relevant.

Der minimale Bedarf an Chlorid für den Erwachsenen liegt bei 830 mg/Tag – das sind rund 1,4 g Kochsalz.

Die Salzmenge sowie das Elektrolytgleichgewicht im Körper unterliegen einem guten Regulationssystem, sie werden durch Hormone und durch Resorptions- bzw. Ausscheidungsmechanismen in den Nieren gesteuert und nahezu konstant gehalten.

Laut WHO-Guideline für Trinkwasser gibt es somit für Chlorid keinen gesundheitlich begründeten Richtwert, allerdings wird in der Trinkwasserverordnung der Indikatorparameterwert für Chlorid mit 200 mg/l festgelegt. Ab einer Menge von 200 bis 300 mg/l Chlorid sind geschmackliche Veränderungen möglich, welche vom Konsumenten als Fehlgeschmack empfunden werden können. Weiters können hohe Chloridgehalte das Wasser korrosiv machen und so zu einem vermehrten Herauslösen von Metallen aus Boden und Gestein oder dem Leitungssystem beitragen bzw. einen schnelleren Verschleiß von Rohrleitungen und Einbauten bewirken.

In der Trinkwasserverordnung wird zu den Indikatorparametern Chlorid, Leitfähigkeit und pH - Wert gefordert, „das Wasser sollte nicht korrosiv wirken“.

3.4.6 Mangan

Für Mangan wird der Indikatorparameter der Trinkwasserverordnung von 50 µg/l **35 Mal** überschritten. Die Überschreitungen beschränken sich dabei im Wesentlichen auf zwei Messstellen. Einzelne Überschreitungen treten bei 3 weiteren Messstellen auf.

Die übrigen Messstellen zeigen sich durchwegs unauffällig.



Abbildung 22: Mangangehalte an den Messstellen

Zieht man zur Beurteilung des Mangangehaltes die Richtlinie zur „Beurteilung von Überschreitungen der Konzentrationen an Eisen und Mangan in Wasser für den menschlichen Gebrauch aus Einzelwasserversorgungsanlagen“ des Bundesministerium für Gesundheit heran, gemäß welcher für Einzelwasserversorgungen (d.h. Abgabe < 10 m³/d) bei sonst einwandfreier Wasserqualität ein Mangangehalt bis 0,20 mg/l (= 200 µg/l) toleriert werden kann, so reduzieren sich die Überschreitungen auf 28 Stück an zwei Messstellen.

Mangan ist ein häufiges Element der Erdkruste. Es kommt in Form von wasserunlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen vor. Entsprechend niedrig sind üblicherweise die Gehalte im Grundwasser.

Die Löslichkeit und Mobilität von Mangan im Grundwasser wird allerdings durch niedrige pH-Werte und niedrige Sauerstoffkonzentrationen („reduzierende Bedingungen“) begünstigt. Unter reduzierenden, sauren Bedingungen kann es daher zum vermehrten Herauslösen von Mangan aus dem umgebenden Boden kommen.

Bei Zutritt von Sauerstoff kann dann Mangan allmählich wieder als Manganoxid ausgefällt werden. In belüfteten Wässern sind die Gehalte an gelöstem Mangan somit im Allgemeinen gering.

Auch im ggst. Fall sind die erhöhten Mangangehalte auf geogene Ursachen zurückzuführen. Die betroffenen Proben zeigen häufig nur niedrige bis mittlere Sauerstoffgehalte und durchwegs niedrige pH-Werte, welche das Herauslösen von Metallen aus der Umgebung fördern.

Mangan ist für den Menschen ein notwendiges Spurenelement. Der tägliche Bedarf, welcher im Allgemeinen über die Nahrungsaufnahme abgedeckt wird, beträgt für einen Erwachsenen mit 70 kg Körpergewicht ca. 2.100 bis 3.500 µg.

Die relativ geringen Richtwerte der TWV für Mangan (und Eisen) sind nicht gesundheitlich sondern hygienisch und technisch begründet. Bereits Gehalte von 100 µg Mangan/l oder 300 µg Eisen (Fe^{2+})/l können einen metallischen Geschmack verursachen. Weiters können erhöhte Mangangehalte zu optischen Mängeln wie braunen Flecken auf der Kleidung nach dem Waschen sowie Ablagerungen von Manganoxiden in Leitungen und Pumpen führen.

3.5 Weitere Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurden noch zahlreiche weitere Parameter ermittelt. Im Folgenden wird ein Überblick über die weiteren Untersuchungsergebnissen gegeben. Detaillierte Darstellungen je Messstelle finden sich im Anhang.

3.5.1 Sauerstoffgehalt

Sauerstoff ist in Wasser in geringen Mengen löslich. Die Löslichkeit ist dabei abhängig von Druck und Temperatur und beträgt bei 25°C und Normaldruck ca. 8 mg/l.

Im oberflächennahen Grundwasser zeigt sich üblicherweise eine gute Sauerstoffsättigung, da Sauerstoff einerseits gelöst im Regenwasser eingetragen wird, andererseits das Grundwasser mit der Bodenluft in Wechselwirkung steht und so Sauerstoff ins Grundwasser nachgeliefert wird.

Eine niedrige Sauerstoffsättigung entsteht, wenn der Sauerstoff im Wasser verbraucht wird. Dafür kann es verschiedene Ursachen geben.

Einige davon sind geogen bedingt, wie zum Beispiel ein verstärkter Verbrauch durch einen hohen Anteil organischer Substanzen in bestimmten Böden (z.B. Torf) oder eine Abdichtung des Grundwassers gegenüber der Atmosphäre durch lehmige Böden, welche dann nur noch einen sehr eingeschränkten Sauerstoffaustausch mit der Atmosphäre zulassen.

Aber auch anthropogene Einflüsse können Ursache für geringe Sauerstoffsättigungen sein. Insbesondere kann ein vermehrter Eintrag organischer Substanzen ins Grundwasser (z.B. durch übermäßige Düngung) zu einer Erhöhung der mikrobiologischen Aktivität und einem Verbrauch des Sauerstoffs im Grundwasser führen.

Ein niedriger Sauerstoffgehalt selbst stellt prinzipiell kein Problem dar. Der Sauerstoffgehalt von Grundwasser hat aber einen wesentlichen Einfluss auf die Wasserchemie. Sauerstoffarme, sogenannte „reduzierende Bedingungen“, gehen häufig mit einem vermehrten Herauslösen von Eisen und Mangan oder auch anderer Schwermetalle aus dem umgebenden Boden einher. Auch kann das Stickstoffgleichgewicht unter reduzierenden Bedingungen von Nitrat zu den gesundheitlich wesentlich relevanteren Verbindungen Nitrit und Ammonium hin verschoben werden. Indirekt kann ein niedriger Sauerstoffgehalt somit zu einer deutlichen Qualitätsminderung von Grundwasser beitragen. Insbesondere ist er aber ein Hinweis auf erhöhte mikrobiologische Aktivität und damit hygienische Mängel im Wasser.

Bei den ggst. Untersuchungen zeigt sich an mehreren Messstellen ein niedriger Sauerstoffgehalt im Grundwasser mit unter 5 mg/l und einem Sauerstoffsättigungsgrad von unter 50%. Davon sind zwei Messstellen fast durchwegs betroffen. Aber auch einige weitere Messstellen weisen fallweise nur niedrige bis mittlere Sauerstoffgehalte auf.

Gut die Hälfte der Messergebnisse zeigt mit einer Sauerstoffsättigung von über 80% einen guten Sättigungsgrad:

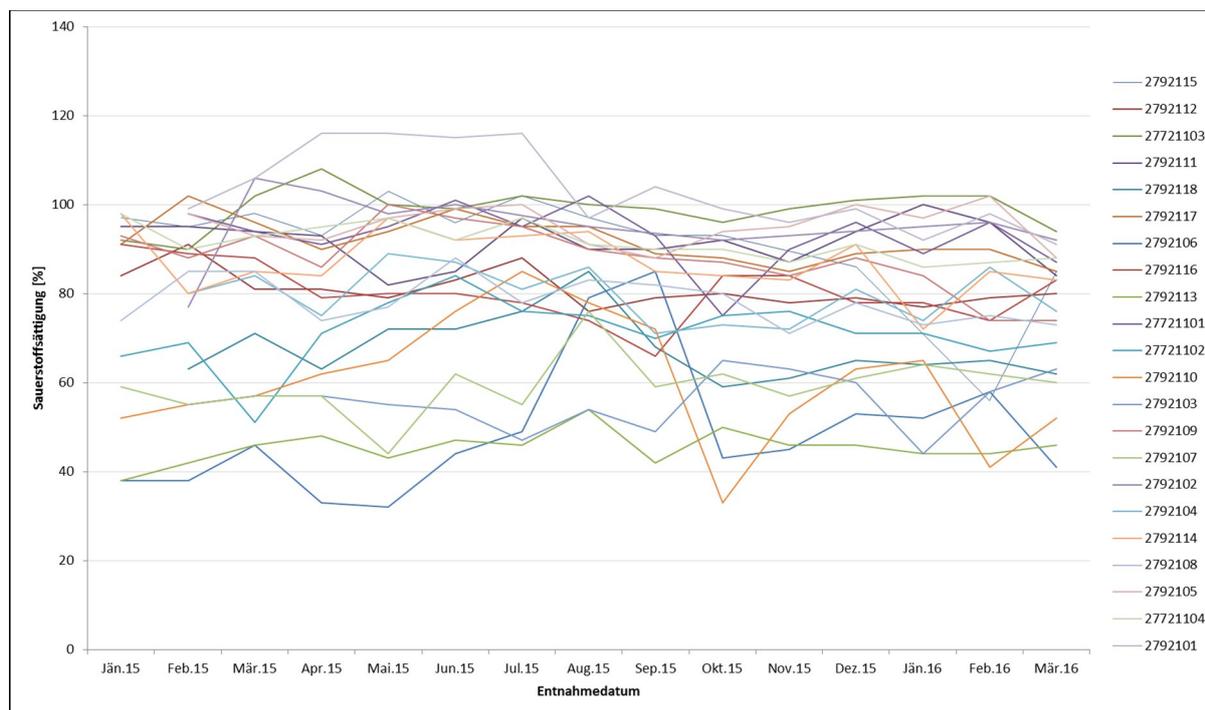


Abbildung 23: Sauerstoffsättigung an den Messstellen

Eine der betroffenen Messstellen zeigt neben dem niedrigen Sauerstoffgehalt auch einen hohen Gehalt an organischem Kohlenstoff (TOC). Dies dürfte auf den Einfluss einer in unmittelbarer Nähe zum Brunnen gelegenen Fischzuchtanlage zurückzuführen sein.

Bei den übrigen betroffenen Messstellen kann der niedrige Sauerstoffgehalt nicht eindeutig erklärt werden. Der Großteil der Messstellen befindet sich jedoch in landwirtschaftlich geprägtem Umfeld. Ein Einfluss durch die landwirtschaftliche Düngung ist somit nicht auszuschließen.

Ferner könnten auch die in den oberirdischen Einzugsgebieten vorzufindenden Bodenarten (lehmiger Sand und sandiger Schluff) durch ihre feinkörnigen Bestandteile einen geringeren Sauerstoffgehalt in der Bodenluft nach sich ziehen.

3.5.2 Wasserhärte

Die Wasserhärte ist eine wichtige Parametergruppe zur Charakterisierung von Wasser.

Bei der Gesamthärte handelt es sich um die Summe der im Wasser gelösten Erdalkalimetalle, im Wesentlichen Calcium und Magnesium.

Als Carbonathärte bezeichnet man den Anteil der Gesamthärte, für welchen als Gegenion Hydrogencarbonat zur Verfügung steht.

Die Nichtcarbonathärte umfasst den übrigen Teil der Gesamthärte. Als Gegenionen für die Erdalkalimetalle kommen hier häufig Nitrat, Sulfat oder Chlorid vor.

Die Gesamthärte der untersuchten Proben im ggst. Untersuchungsgebiet zeigt ein sehr uneinheitliches Bild. Sie variiert von Messstelle zu Messstelle oft stark und liegt in Bereich zwischen 0,9 und 28,4°dH. An den Messstellen selbst zeigt sich die Gesamthärte hingegen großteils sehr konstant:

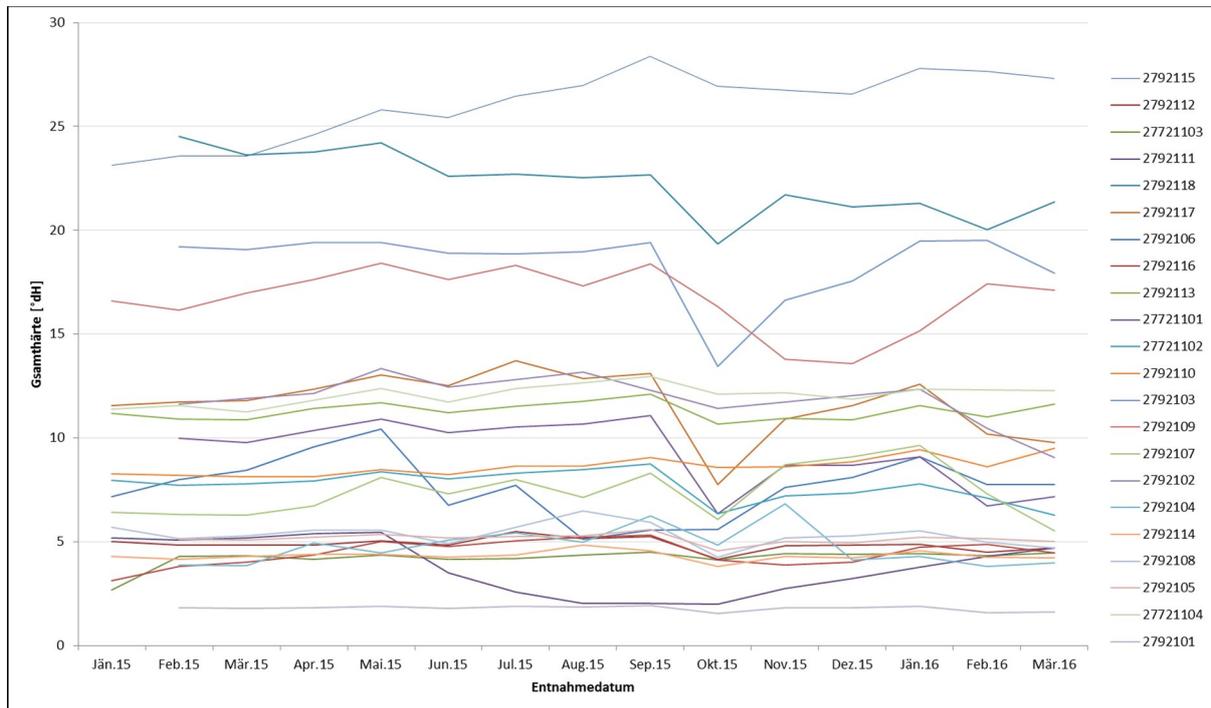


Abbildung 24: Gesamthärte an den Messstellen

Ebenso variabel zeigt sich die Nichtcarbonathärte, welche sich im Bereich von 0,1 bis 26,8°dH bewegt:

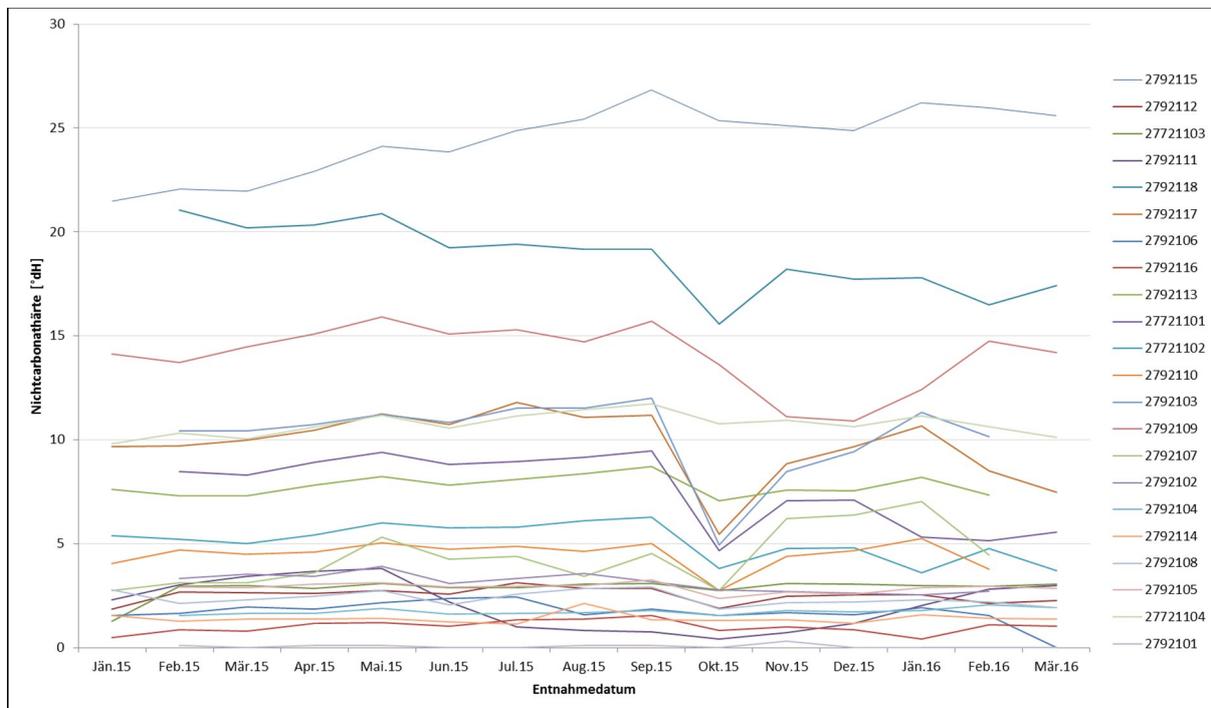


Abbildung 25: Nichtcarbonathärte an den Messstellen

Die Carbonathärte ist hingegen meist niedrig und liegt durchwegs unter 10°dH, mit wenigen Ausnahmen sogar unter 4°dH:

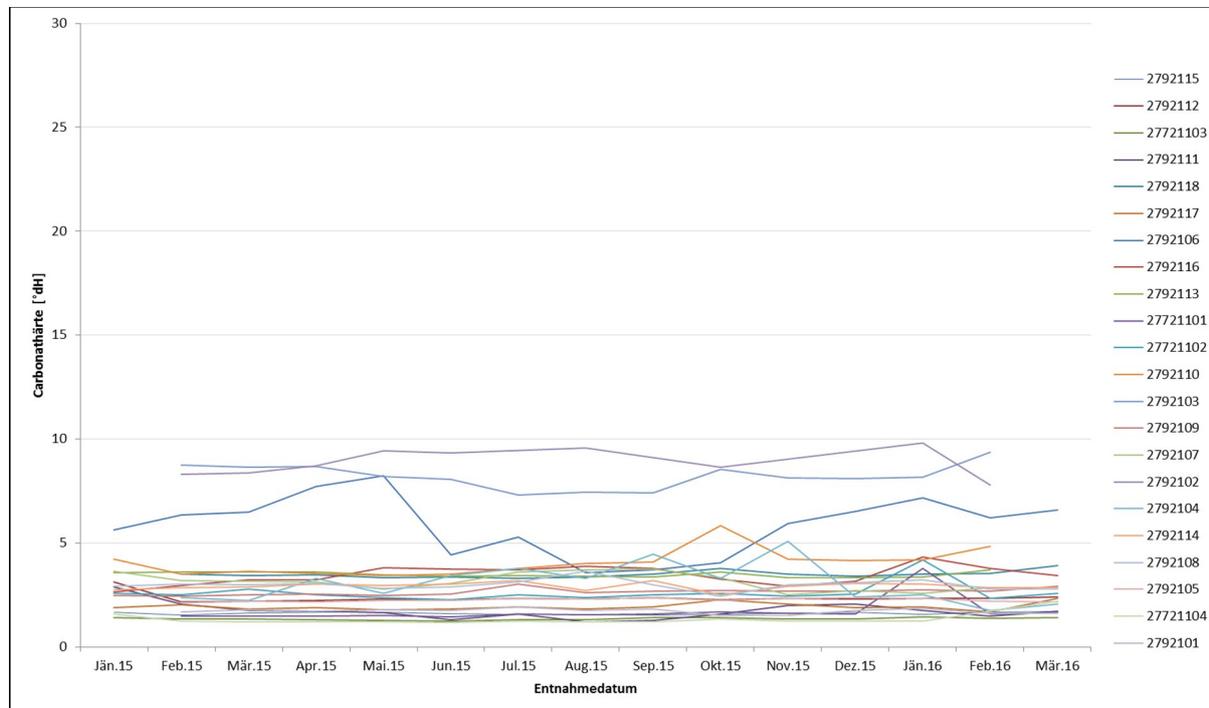


Abbildung 26: Carbonathärte an den Messstellen

Die hohen Gesamthärtegrade werden somit fast ausschließlich durch hohe Nichtcarbonathärten bedingt. Diese hohen Nichtcarbonathärten sind durchwegs auf hohe Chloridkonzentrationen im Wasser zurückzuführen. Dies ist auch aus der guten Übereinstimmung der Verläufe der Nichtcarbonathärte und Chloridgehalte an den Messstellen ersichtlich:

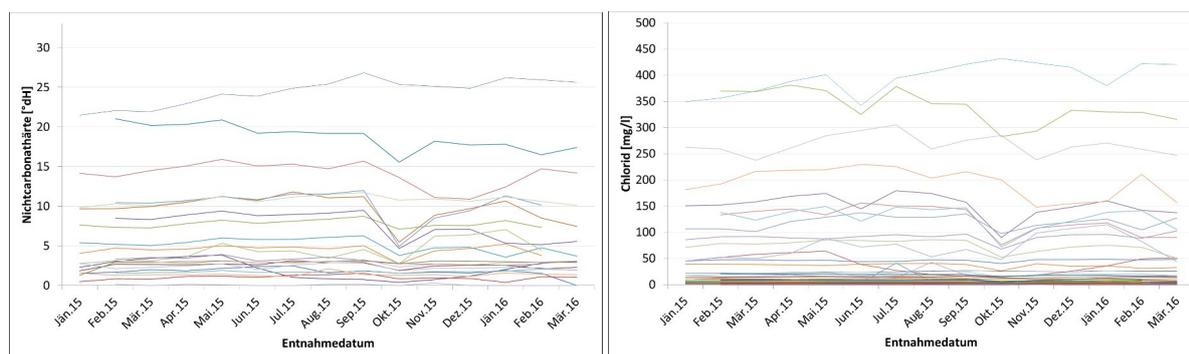


Abbildung 27: Nichtcarbonathärte im Vergleich zu Chloridgehalten

Im Untersuchungsgebiet ist grundsätzlich ein sehr niedriger Härtegrad zu erwarten. Das umgebende Gestein (Kristallin des Kor-/Stub- und Gleinalmzuges) enthält nur wenige Marmorzüge. Eine starke Aufhärtung des weichen Regenwassers ist daher nicht zu erwarten.

Durch den Eintrag von Chlorid aus der Salzstreuung mit Natriumchlorid im Winter kann es aber zur Anhebung der Nichtcarbonat- und damit auch der Gesamthärte kommen. Dabei wird Natrium als Gegenion des Chlorids teilweise gegen Calcium aus dem umgebenden Boden getauscht. Messstellen, in welchen ein hoher Chloridgehalt nachgewiesen werden kann, weisen in Folge also auch eine hohe Gesamthärte bei niedriger Carbonathärte und hoher Nichtcarbonathärte (Chlorid) auf.

Drei Messstellen zeigen eine höhere Carbonathärte als die übrigen Messstellen im Untersuchungsgebiet, was mit dem Vorhandensein von Marmorzügen sowie kalkhaltigen neogenen und quartären Sedimenten in den unterirdischen Einzugsgebieten begründet werden kann.

Ein direkter Zusammenhang zwischen der Wasserhärte und dem Entstehen von Krankheiten kann laut epidemiologischen Studien nicht hergestellt werden. Aber besonders niedrige oder hohe Härtegrade können zu geschmacklichen Abweichungen führen.

Weiters kann ein hoher Härtegrad im Wasser zu vermehrten Ausfällungen (Kalkablagerungen) im Leitungssystem führen, wohingegen Wasser mit niedrigem Härtegrad korrosiv wirken und das Herauslösen von Metallen aus umgebendem Boden oder Leitungssystemen bzw. den Verschleiß von Verrohrungen und Einbauten fördern kann.

3.5.3 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für die im Wasser gelösten Salze bzw. deren Ionen. Bei höherem Gehalt verschiedener Ionen im Wasser, steigt auch dessen Leitfähigkeit an. Eine höhere Gesamthärte, welche mit einem höheren Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen verbunden ist, führt also auch zu einer Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit. Ebenso verhält es sich mit einem erhöhten Gehalt an Chlorid.

Die elektrische Leitfähigkeit zeigt ein ähnliches Bild wie die Wasserhärte. Sie variiert von Messstelle zu Messstelle mitunter stark, ist an den Messstellen selbst aber sehr konstant. Die Messwerte umfassen dabei einen Bereich zwischen 45 und 1.432 $\mu\text{S}/\text{cm}$:

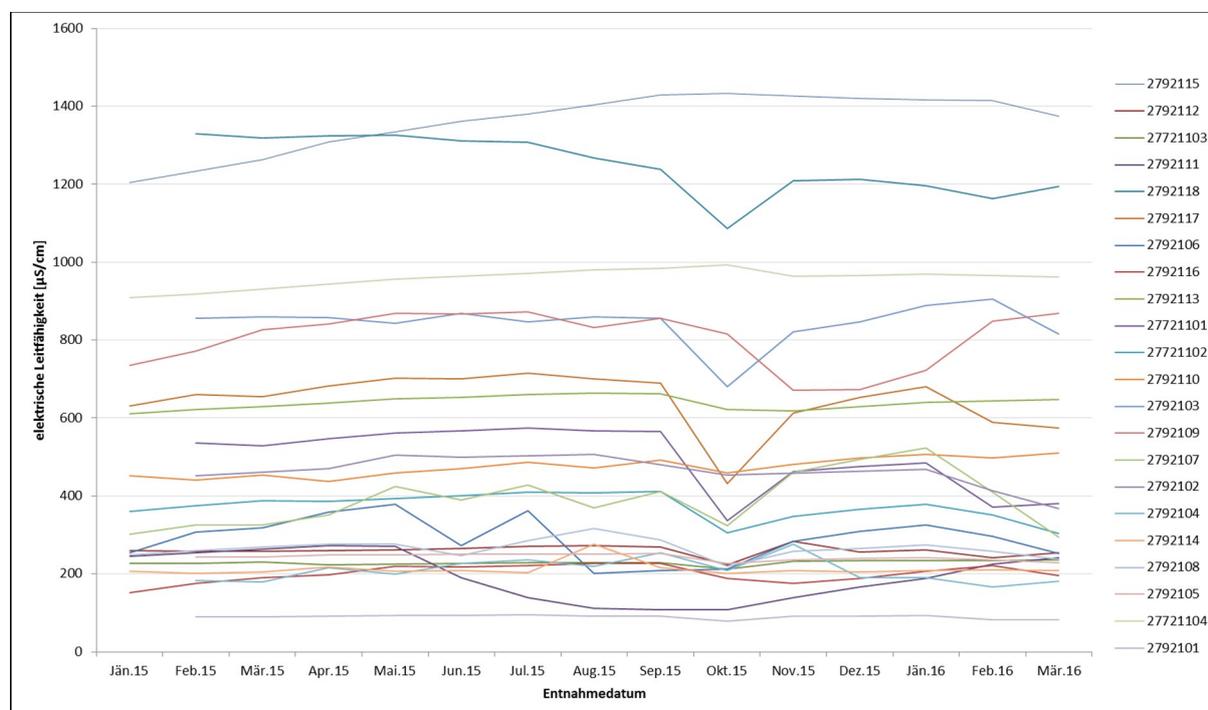


Abbildung 28: Elektrische Leitfähigkeit an den Messstellen

Die Höhe der elektrischen Leitfähigkeit korreliert dabei mit dem Gehalt an Chlorid: Je höher der Chloridgehalt, desto höher auch die elektrische Leitfähigkeit.

Messstellen, welche keinen erhöhten Chloridgehalt aufweisen, zeigen auch niedrige elektrische Leitfähigkeiten von unter 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die elektrische Leitfähigkeit hat nur insofern medizinische Relevanz als besonders hohe Leitfähigkeiten auf den Eintrag von Verunreinigungen mit Salzen ins Grundwasser hinweisen. Weiters zeigen Wässer mit besonders niedriger oder hoher Leitfähigkeit korrosive Eigenschaften und fördern das Herauslösen von Metallen aus dem umgebenden Boden und Gestein oder Leitungssystemen bzw. den Verschleiß von Verrohrungen und Einbauten.

3.5.4 Nitrat

Stickstoff gelangt auf natürlichem Wege aus der Luft in den Boden. Einerseits wird er mit dem Regenwasser in den Boden eingetragen. Andererseits wird er von Pflanzen und Mikroorganismen auch direkt aus der Luft fixiert. Pflanzen und Mikroorganismen bauen den Stickstoff in organische Verbindungen (z.B. Proteine) ein. Der Stickstoff liegt dann in gebundener, wasserunlöslicher Form vor.

Stickstoff in mineralisierter Form wie Ammonium oder Nitrat ist im Gegensatz dazu gut wasserlöslich. In der Natur entsteht er beim Abbau von organischem Material durch Mikroorganismen. Üblicherweise liegt mineralischer Stickstoff im Boden aber nur in geringen Mengen vor, da er für Pflanzen gut verfügbar ist und daher entsprechend schnell wieder verbraucht wird.

Im natürlichen Gleichgewicht findet sich somit meist nur wenig wasserlöslicher Stickstoff im Boden. Entsprechend gering sind in der Regel daher auch die Gehalte an Stickstoffverbindungen im Grundwasser. Die geogene Hintergrundkonzentration für Nitrat im Grundwasser beträgt häufig weit unter 30 mg/l.

Höhere Nitratgehalte im Grundwasser sind meist auf anthropogene Einflüsse, zum überwiegenden Teil auf den Eintrag aus übermäßiger Düngung der im Einzugsgebiet liegenden landwirtschaftlichen Flächen mit stickstoffreichen Düngern wie Gülle oder mineralischem Dünger zurückzuführen. Weiters kann auch ein Eintrag von Fäkalien aus der Tierhaltung auf Weideflächen oder der Austritt von Abwasser aus undichten Abwasserkanälen oder Sammelgruben zu einer Erhöhung des Nitratgehalts im Grundwasser führen.

Bei den ggst. Untersuchungen zeigen zahlreiche Messstellen Nitratgehalte von unter 10 mg/l. Viele Messstellen zeigen aber auch höhere Gehalte. Der Höchstwert erreicht dabei fast 44 mg/l und liegt somit nahe an dem Parameterwert der TWV von 50 mg/l:

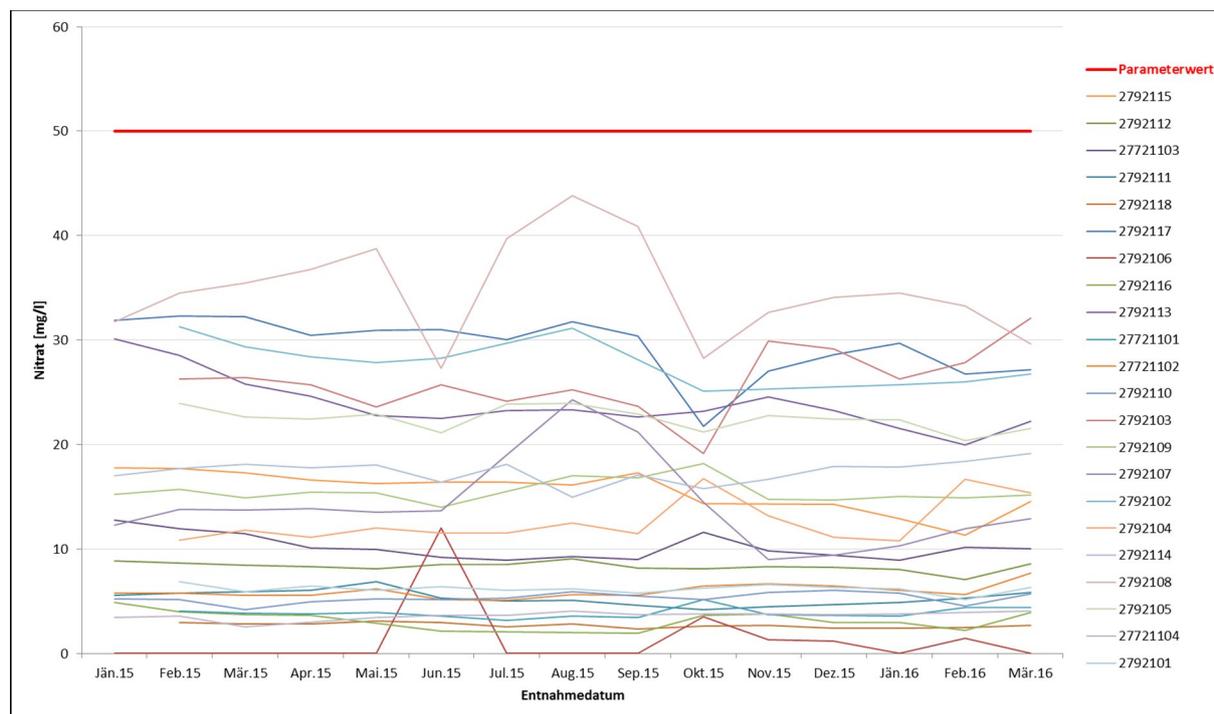


Abbildung 29: Nitrat an den Messstellen

Im ggst. Fall sind die Einzugsgebiete der Messstellen durchwegs landwirtschaftlich geprägt. Der vermehrte Eintrag von Nitrat ist somit mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auf eine stickstoffreiche Düngung von umliegenden Feldern und Wiesen sowie Viehhaltung auf Wiesen und Weiden im Einzugsgebiet zurückzuführen.

Die umweltmedizinische Relevanz von Nitrat besteht darin, dass Nitrat die Jodaufnahme in der Schilddrüse negativ beeinflussen kann. Andererseits ist Wasser mit sehr hohen Nitratkonzentrationen nicht für die Zubereitung von Säuglingsnahrung geeignet, weil eine zu hohe Nitratzufuhr vor allem bei Säuglingen das Problem einer sog. Methämoglobinbildung – eine Störung der Sauerstoffbindung und -transportfähigkeit im roten Blutfarbstoff (Hämoglobin) – verursachen kann.

Neben Nitrat wurden auch die Gehalte an **Ammonium und Nitrit** untersucht. Sie entstehen im Falle von verstärkter mikrobieller Aktivität, einhergehend mit sauerstoffarmen, reduzierenden Bedingungen durch Reduktion von Nitrat.

Ammonium und Nitrit sind aus gesundheitlicher Sicht wesentlich relevantere Verbindungen als Nitrat und daher in der TWV mit niedrigeren Grenzwerten (Indikatorparameter für Ammonium: 0,50 mg/l, Parameterwert für Nitrit: 0,1 mg/l) versehen.

Bei den ggst. Untersuchungen zeigten sich die Messwerte für Ammonium und Nitrit im Wesentlichen unauffällig:

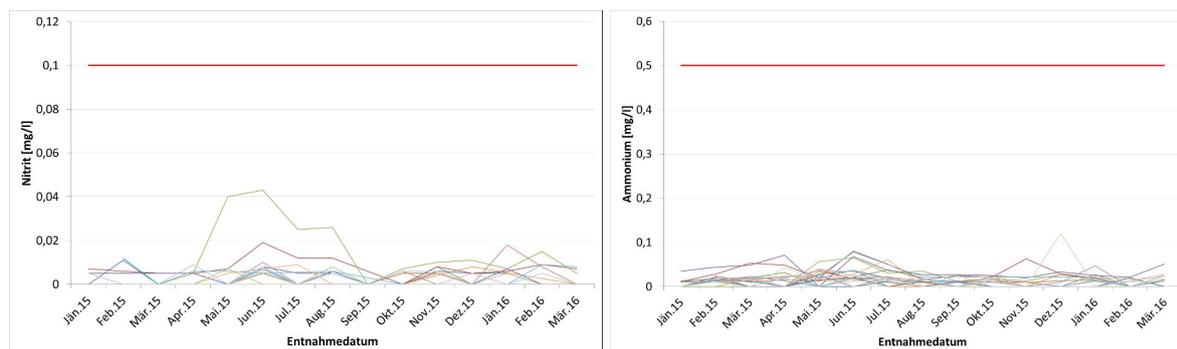


Abbildung 30: Nitrit und Ammonium an den Messstellen

3.5.5 Natrium

Natrium ist eines der häufigsten Elemente der Erdkruste. Die geogene Hintergrundkonzentration für Natrium im Grundwasser ist in der Regel dennoch gering und liegt im Bereich von 4 bis 40 mg/l.

Der Gehalt an Natrium zeigt sich bei einigen Messstellen deutlich erhöht und liegt damit über der geogenen Hintergrundkonzentration, aber mit maximal 92 mg/l deutlich unter dem Indikatorparameter der TWV von 200 mg/l. Erhöhte Natriumgehalte zeigen sich an den Messstellen, an welchen auch die Chloridgehalte deutlich erhöht sind:

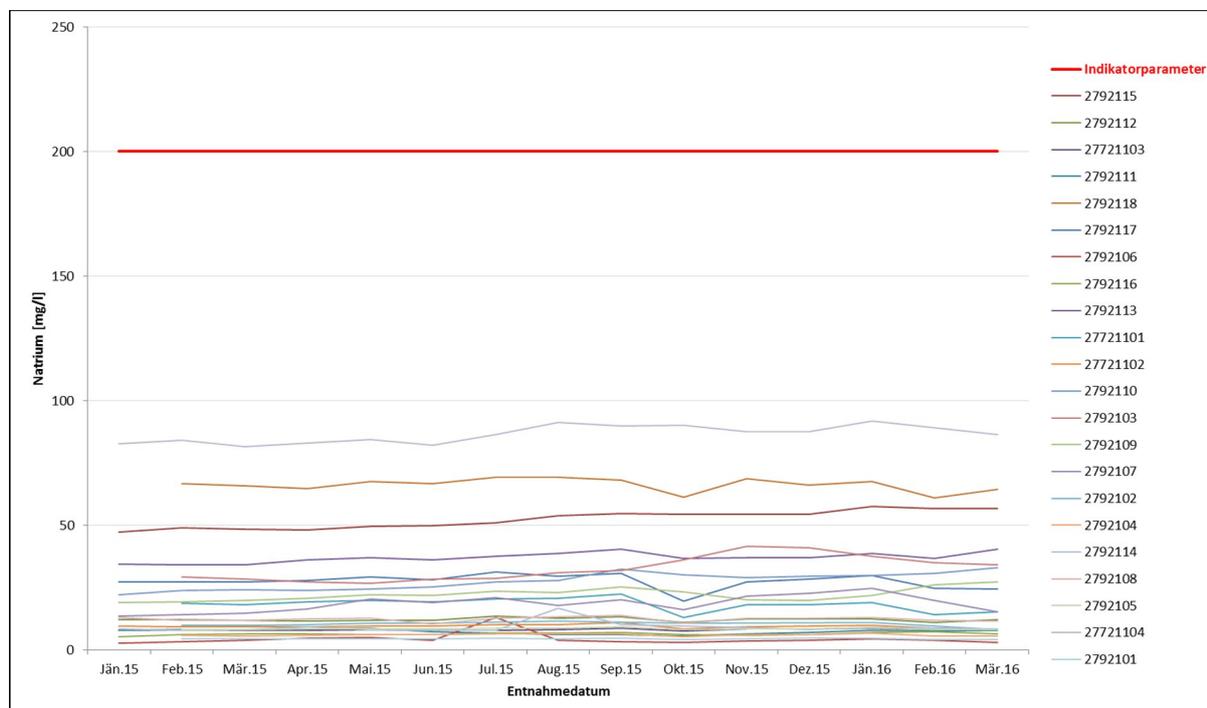


Abbildung 31: Natriumgehalte an den Messstellen

Im Winterdienst wird zur Verhinderung von Eisbildung auf der Straße Streusalz eingesetzt. Dazu wird im Untersuchungsgebiet fast ausschließlich Natriumchlorid verwendet, das Salz der Elemente Natrium und Chlorid.

Das Molekulargewicht von Natrium verhält sich zum Molekulargewicht von Chlorid wie 1:1,5. Prinzipiell wäre somit im Grundwasser, welches von Straßenabwässern stark beeinflusst ist, ein ähnliches Verhältnis der beiden Elemente zueinander zu erwarten.

In der Realität liegen die Natriumgehalte meist wesentlich niedriger, da Natrium im Boden gegen andere Elemente (meist Calcium) ausgetauscht wird und so nur teilweise ins Grundwasser gelangt. Für Chlorid findet hingegen kein derartiger Austausch statt, weswegen die Konzentrationen an Chlorid im Grundwasser im Verhältnis wesentlich höher ausfallen:

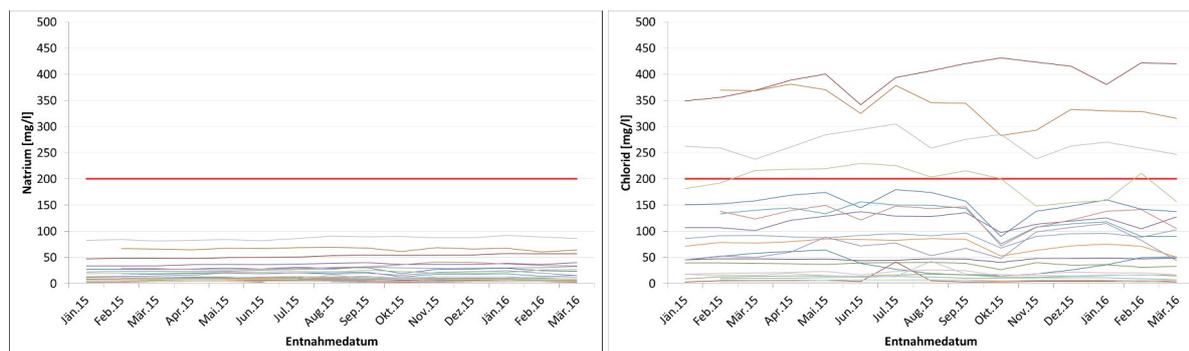


Abbildung 32: Natriumgehalte im Vergleich mit Chloridgehalten

Natrium stellt ein essentielles Element des menschlichen Körpers dar. Der Mindestbedarf an Natrium für Erwachsene beträgt 500 mg pro Tag. Der Beitrag von Trinkwasser zur Natriumgesamtaufnahme ist im Vergleich zur Aufnahme mit anderen Lebensmitteln sehr gering. Die Konzentrationen von Natrium im gesunden menschlichen Körper werden über komplexe Regulationsystem konstant gehalten.

3.5.6 Weitere Parameter

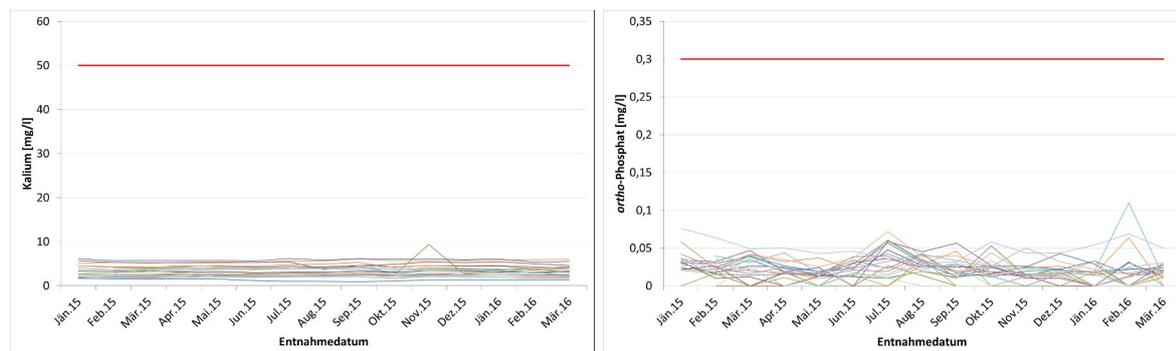
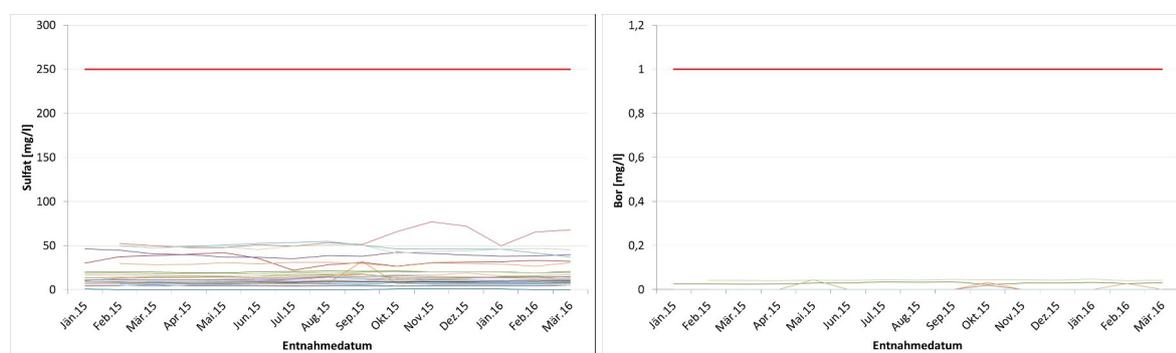
Die folgenden Parameter zeigten sich durchwegs ohne Auffälligkeiten:

- Kalium
- *ortho*-Phosphat
- Sulfat
- Bor

Erhöhte Gehalte an Kalium und *ortho*-Phosphat werden üblicherweise als Hinweis auf eine übermäßige Düngung auf landwirtschaftlichen Flächen angesehen.

Erhöhte Sulfatgehalte können hingegen meist auf geogene Einflüsse (Gips im Einzugsgebiet) zurückgeführt werden.

Der Borgehalt dient als Indikator für anthropogene Einflüsse auf das Grundwasser. Erhöhte Borgehalte werden meist auf Einträge aus Abwässern (undichte Kanäle) zurückgeführt, da Borverbindungen insbesondere in Waschmitteln enthalten sind.


Abbildung 33: Kalium- und ortho-Phosphatgehalte an den Messstellen

Abbildung 34: Sulfat- und Borgehalte an den Messstellen

3.5.7 Schwermetalle (Metalle)

Der Begriff „Schwermetalle“ wird häufig verwendet, ist aber nicht eindeutig definiert. Im Allgemeinen wird darunter eine Gruppe von Metallen zusammengefasst, deren Dichte einen bestimmten Wert überschreitet. Es finden sich aber auch andere Definitionen, z.B. solche, welche den Begriff ausschließlich mit toxischen Metallen in Verbindung bringen.

Im Straßenbetrieb fallen bedeutende Mengen an Schwermetallen an und gelangen in die Umwelt. Es handelt sich dabei um schwermetallhaltige Partikel, welche hauptsächlich beim Verschleiß von Reifen und Bremsbelägen sowie des Straßenbelags entstehen, aber auch der Abrieb von Motoren, Kupplungsbelägen, Auswuchtgewichten oder Verkehrszeichen leistet einen Beitrag zum Schwermetallanfall aus dem Straßenbetrieb.

Durch den Reifenabrieb gelangt Zink, welches in der Reifenproduktion eingesetzt wird, in die Umwelt. Aus Bremsbelägen werden verschiedene Metalle, meist Eisen und Kupfer freigesetzt. Abrieb von Straßenbelägen enthält meist Kupfer, Blei und Zink. Durch das Verbot von bleihaltigen Benzin sind die Emissionen von Blei aus dem Straßenverkehr seit den 90er Jahren deutlich zurückgegangen.

Die Schwermetalle fallen im Straßenverkehr partikulär gebunden an und werden – abhängig von der Partikelgröße – entweder straßennah abgelagert oder gelangen über Luftverfrachtung als Feinstaub in die Umwelt. Über Abschwemmungen mit Niederschlägen können die Partikel in Gewässer eingetragen werden.

Ein Eintrag von Schwermetallen ins Grundwasser spielt nach ordnungsgemäßer Versickerung von Straßenabwässern hingegen eine untergeordnete Rolle, da die schwermetallbeladenen Partikel über die filternde Bodenschicht entfernt werden und die Mobilität der Schwermetalle im Boden meist nur sehr eingeschränkt vorhanden ist.

Andere Eintragsquellen für Schwermetalle in die Umwelt sind die Industrie und Deponien, aber auch der Austrag aus Baustoffen und Landwirtschaft ist in Summe von Bedeutung. Weiters spielt für Trinkwasser insbesondere der Eintrag aus Leitungen und Einbauten eine große Rolle, aus welchen durch Korrosion Metalle herausgelöst werden und so weiter ins Wasser und in die Umwelt gelangen.

Bei den ggst. Untersuchungen wurden abgesehen von den bereits behandelten Grenzwertüberschreitungen für **Nickel** und **Mangan** keine weiteren Auffälligkeiten bei den analysierten Metallen aufgefunden.

Die Gehalte an **Arsen**, **Cadmium** und **Chrom** liegen durchwegs unter der Nachweisgrenze. Auch der Gehalt an **Kobalt** liegt fast ausschließlich unter der Nachweisgrenze.

Die Konzentrationen an **Aluminium** bewegen sich im Bereich der zu erwartenden geogenen Hintergrundkonzentration.

Zink, **Kupfer** und zeitweise auch **Blei** sind hingegen in einigen Messstellen immer wieder nachweisbar, liegen aber bei ordnungsgemäßer Probenahme durchwegs unter den Grenzwerten.

Die erhöhten Gehalte für Zink, Kupfer und Blei sind nicht ungewöhnlich. Abhängig vom Material der Leitungen und Einbauten sowie der Einwirkzeit und Eigenschaften des einwirkenden Wassers werden Stoffe aus Leitungen und Einbauten im Wasser gelöst. Insbesondere bei Leitungen aus Metall besteht dieses Risiko. Deshalb werden heutzutage üblicherweise Trinkwasserleitungen aus Kunststoff verwendet.

Das Herauslösen von Metallen aus Leitungen und Einbauten wird dabei durch niedrige pH-Werte, niedrige Sauerstoffgehalte und weiches Wasser (niedrige Wasserhärten) begünstigt. Insbesondere spielt aber die Dauer der Einwirkung eine Rolle. Bei langen Standzeiten des Wassers in den Leitungen kann dieses abgestandene Wasser deutlich höhere Gehalte an Schwermetallen enthalten, wohingegen nach Ablassen eines ausreichenden Vorlaufs nur noch Spuren der Metalle im Wasser nachgewiesen werden können.

Besonders deutlich zeigt sich dies bei der Probe einer Messstelle vom März 2015, wo der Probenzug ohne ausreichenden Vorlauf stattfand und erhöhte Gehalte an Blei, Kupfer und Zink in der Probe aufgefunden wurden. Bei ordnungsgemäßer Beprobung der Messstelle zeigen sich die Gehalte dieser Metalle in den Proben durchwegs unauffällig.

Bei einer weiteren Messstelle konnte nach Umstellung der Wasserversorgung im Haus nur mehr ein sehr eingeschränkter Vorlauf abgelassen werden. Auch dort zeigen sich die Gehalte an Zink fallweise erhöht.

Aus diesem Grund mussten die Ergebnisse als unplausibel und nicht repräsentativ von der Bewertung ausgeschlossen werden.

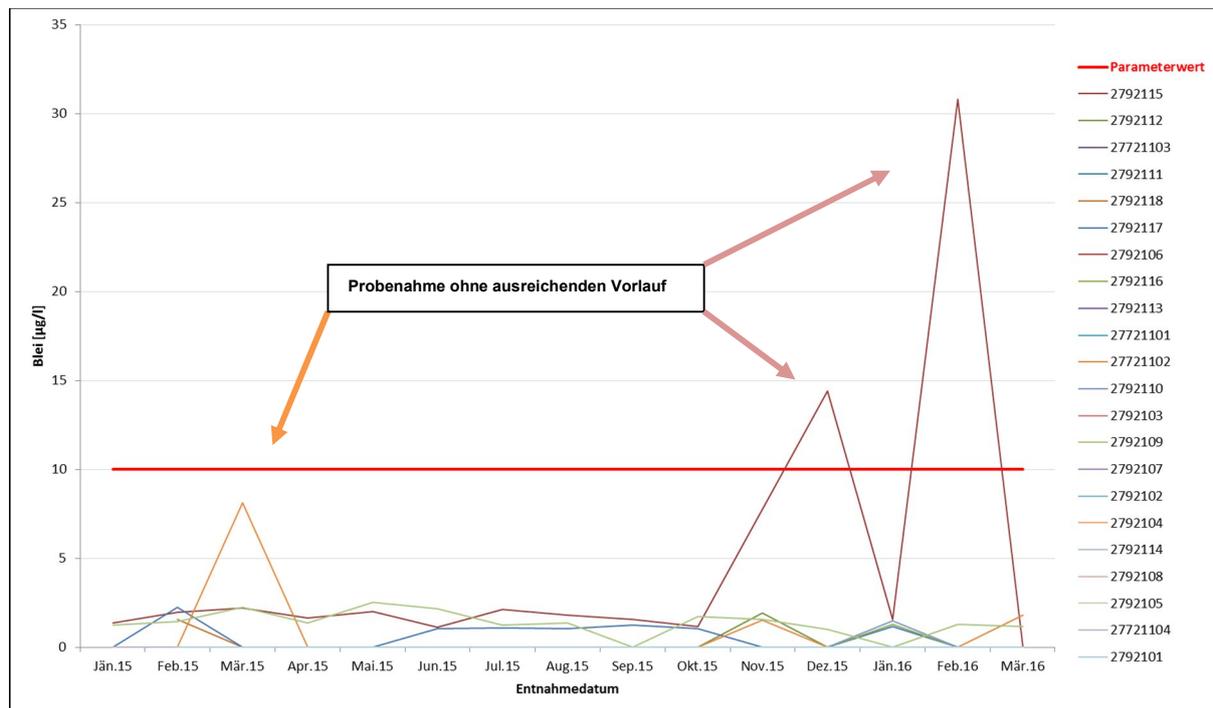


Abbildung 35: Bleigehalte an den Messstellen

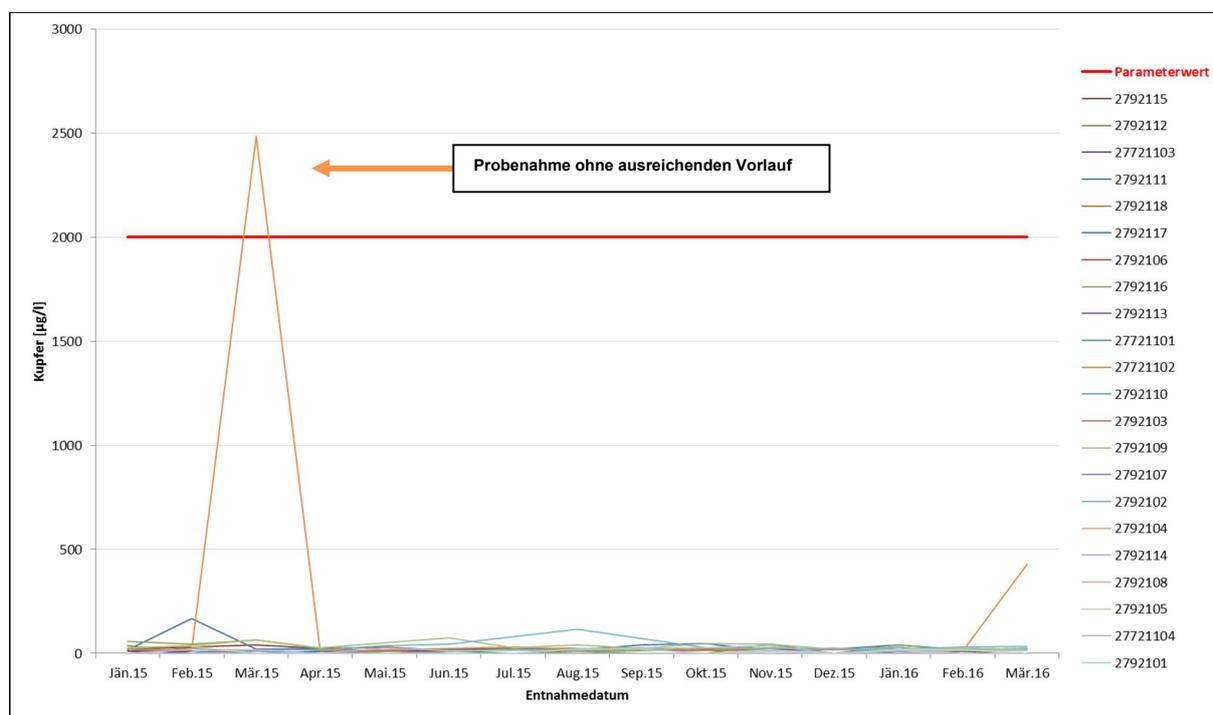


Abbildung 36: Kupfergehalte an den Messstellen

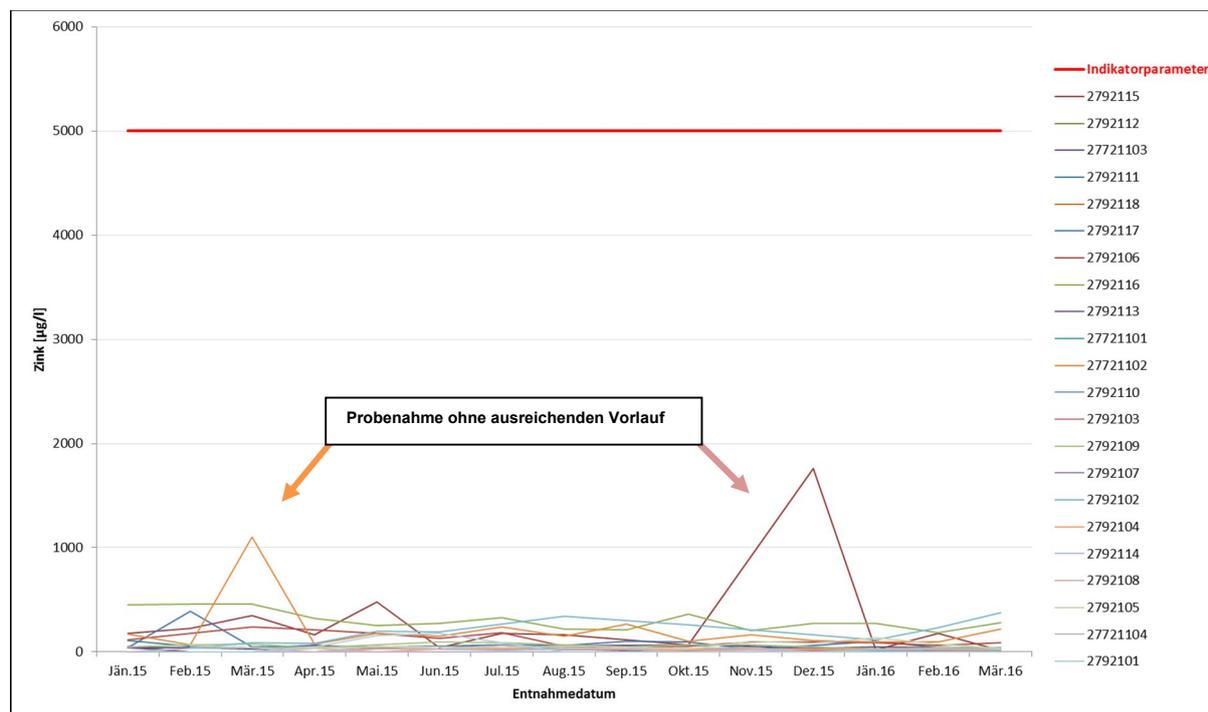


Abbildung 37: Zinkgehalte an den Messstellen

Kupfer ist ein essentielles Spurenelement für den Menschen mit einem täglichen Bedarf von 0,5 bis 2 mg. Sowohl überhöhter Genuss wie auch Mangel an Kupfer können gesundheitliche Relevanz erlangen.

Für Blei ist neben der akuten Bleivergiftung vor allem auch die schleichend-chronische Bleibelastung, welche einerseits die Blutbildung andererseits das Nervensystem negativ beeinflusst, gesundheitlich bedeutsam. Aufgrund des Gefahrenpotentials von Blei wurde der Grenzwert besonders niedrig angesetzt.

Zink ist ein essentielles Spurenelement, welches über die Nahrung aufgenommen werden muss, dabei wird für einen Erwachsenen die Aufnahme von ca. 10 mg pro Tag empfohlen. Zinkintoxikationen treten nur bei sehr hohen Dosen auf. Allerdings kann es zu geschmacklichen und optischen Abweichungen führen.

3.5.8 TOC

Der TOC-Gehalt („Total organic carbon“) ist ein Maß für das Vorhandensein organischer Verbindungen im Wasser.

Üblicherweise sind TOC-Gehalte im Grundwasser sehr niedrig. Erhöhte Gehalte weisen auf den Eintrag von organischen Verunreinigungen (Abwasser, Oberflächenwasser, Gülle ...) ins Grundwasser hin.

Erhöhte Gehalte führen zu einem verstärkten Wachstum von Mikroorganismen, was wiederum eine Verarmung des Grundwassers an Sauerstoff und somit reduzierende Bedingungen zur Folge hat. Reduzierende Bedingungen können zu einer Verschiebung des Stickstoffgleichgewichts von Nitrat zu Nitrit und Ammonium bzw. zum Herauslösen von Metallen wie Mangan und Eisen aus dem umliegenden Boden führen.

Das Hauptproblem erhöhter TOC-Gehalte ist aber hygienischer Natur, da organische Verbindungen das Wachstum von Bakterien im Wasser begünstigen.

Bei den ggst. Untersuchungen zeigten sich die TOC-Gehalte im Wesentlichen unauffällig. Lediglich an einer Messstelle lag der Gehalt an TOC mit Werten zwischen 6 und 20 mg/l durchwegs deutlich erhöht. Bei einer weiteren Messstelle konnte einmalig ein hoher TOC-Gehalt festgestellt werden:

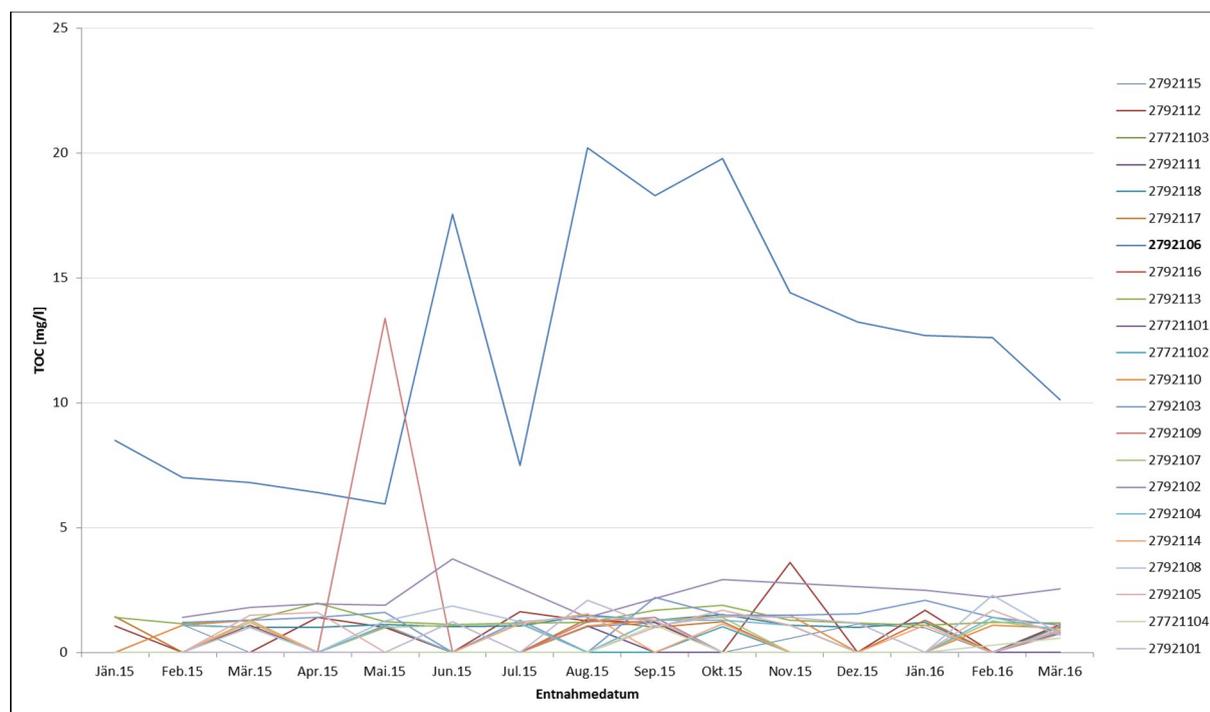


Abbildung 38: TOC-Gehalte an den Messstellen

Bei der Messstelle mit den regelmäßig erhöhten TOC-Gehalten handelt es sich um einen Schachtbrunnen, welcher sich in unmittelbarer Nähe zu einer Fischzuchtanlage befindet. Außer dem TOC-Gehalt zeigen sich in der Messstelle weitere Auffälligkeiten wie eine niedrige Sauerstoffsättigung und ein zeitweise erhöhter Mangangehalt.

Der Brunnen steht mit demselben geringmächtigen Porengrundwasserleiter wie der Teich in Verbindung, wodurch in weiterer Folge eine Beeinflussung des Wassers im Schachtbrunnen durch den Fischteich anzunehmen ist. Dafür sprechen außerdem die vergleichbaren Tiefen der Anlagen, ihre geringe Entfernung zueinander sowie die anzunehmende Grundwasserströmungsrichtung im Aquifer. Fischteiche weisen üblicherweise erhöhte TOC-Gehalte auf (Fischfutter, Ausscheidungen der Fische). Als Folge eines Eintrags ins Grundwasser sind niedrige Sauerstoffgehalte und erhöhte Eisen- und Mangangehalte zu erwarten. Weiters ist zu befürchten, dass sich im Wasser der Messstelle auch erhöhte bakterielle Belastungen zeigen.

Die betroffene Messstelle dient als Nutzwasserbrunnen und wird nicht zur Trinkwasserversorgung verwendet.

Der einmalig erhöhte Wert in der zweiten betroffenen Messstelle könnte auf das Eindringen von Wässern mit hoher organischer Belastung im Bereich des Quelleinzugsgebietes (Hühnerhaltung direkt über der Quelfassung) oder das Einschwemmen von Verunreinigungen über den nicht gegen Eindringen von Oberflächenwasser abgedichteten Deckel des Quellsammelschachtes zurückzuführen sein. Eine eindeutige Ursachenklärung war nicht möglich.

3.5.9 BTEX

Wie bereits unter Punkt 3.4.3 beschrieben, umfasst die Parametergruppe der BTEX die Verbindungen Benzol, Toluol, Ethylbenzol sowie *m*-, *o*- und *p*-Xylol, die in Benzin sowie verschiedenen Lösungsmitteln enthalten sind.

In einer Messstelle konnte – wie bereits beschrieben – im April 2015 eine einmalige Überschreitung des Parameterwertes der Trinkwasserverordnung für Benzol von 0,10 µg/l aufgefunden werden (siehe 3.4.3).

Im Übrigen zeigten sich die Messergebnisse für BTEX fast durchwegs unter der Nachweisgrenze der Methode und somit im Wesentlichen unauffällig.

Toluol, Ethylbenzol und Xylol sind bereits in sehr niedrigen Konzentrationen im Trinkwasser sensorisch wahrnehmbar. Die Wahrnehmungsschwellen liegen deutlich unter den Konzentrationen, welche als gesundheitlich relevant betrachtet werden.

Die Ausführungen zu Benzol sind unter Punkt 3.4.3 nachzulesen.

3.5.10 Kohlenwasserstoffindex

Der Kohlenwasserstoffindex (KW-Index) ist ein Summenparameter zur Erfassung von Mineralölkontaminationen. Der Kohlenwasserstoffindex ist dabei die Summe aller in Petrolether löslichen Substanzen, die am Gaschromatographen (GC) im Siedebereich zwischen den *n*-Alkanen C10 und C40 liegen. Die Inhaltsstoffe vieler Mineralöle wie Diesel oder Schmieröle finden sich in diesem Bereich. Aber auch Substanzen biogenen Ursprungs können miterfasst werden.

Treten Mineralöle in Trinkwasser auf, so ist dies fast ausschließlich auf einen Unfall mit Mineralölaustritt oder eine Leckage zurückzuführen. Die Löslichkeit der Bestandteile von Mineralölen nimmt dabei mit zunehmendem Molekulargewicht rasch ab. Somit werden insbesondere niedermolekulare Mineralölbestandteile im Wasser gelöst.

Bei den ggst. Untersuchungen lag der Kohlenwasserstoffindex fast ausnahmslos unter der Nachweisgrenze der Methode. Bei insgesamt 6 Messungen konnte ein Kohlenwasserstoffindex über der Nachweisgrenze, aber ohne Überschreitung des Indikatorparameters des Codex/B1/TW von 0,1 mg/l aufgefunden werden.

Bei allen betroffenen Proben wurden die Peak-Muster der gaschromatographischen Spektren mit den Peak-Mustern der aus einem Eintrag von der Autobahn zu erwartenden Mineralöle wie Diesel, Motoröl, Hydrauliköl usw. verglichen.

Eine gute Übereinstimmung der Spektren mit dem Vergleichsspektrum einer Mischung von Diesel und Motoröl (grün) konnte bei keinem einzigen Spektrum festgestellt werden:

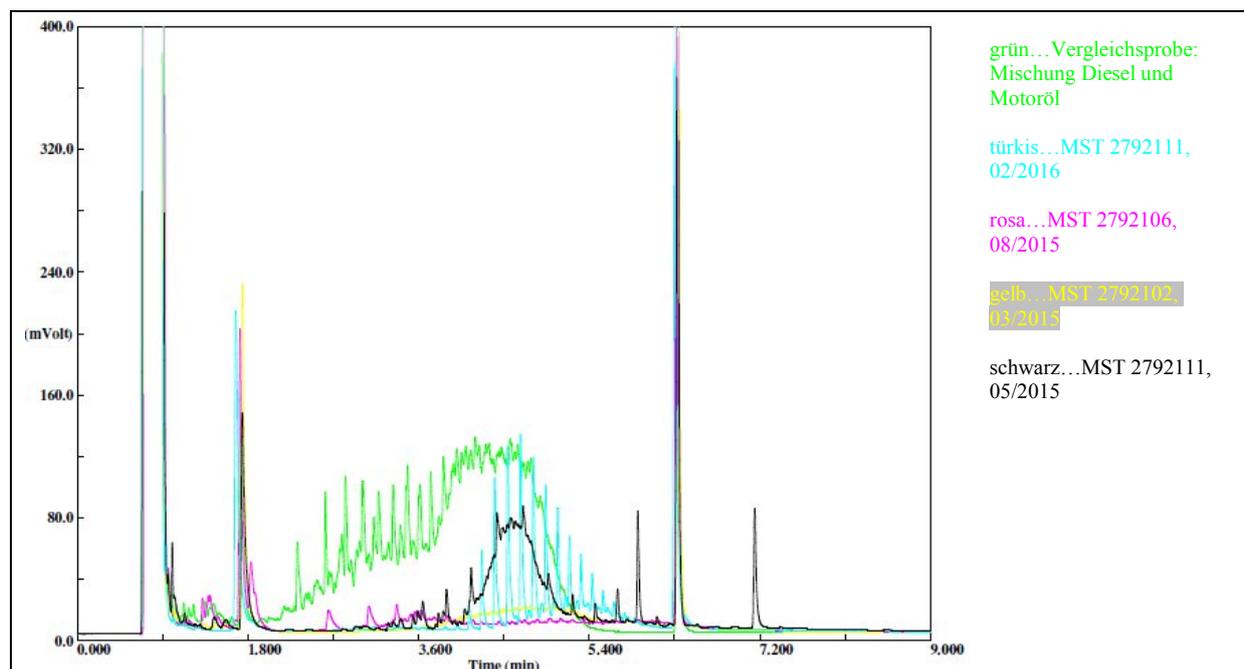


Abbildung 39: Vergleich der GC-Spektren mit Diesel/Motoröl

Auch im Vergleich mit anderen üblichen Mineralölen zeigte sich keine Übereinstimmung. Lediglich bei der Probe MST 2792102, 03/2015 (hier: gelb) könnte es sich um Spuren von Motoröl oder ähnlich zusammengesetzten Ölen wie Hydraulik- oder Getriebeöl handeln.

Einige Proben zeigten ein sehr spezielles, regelmäßiges Peakmuster:

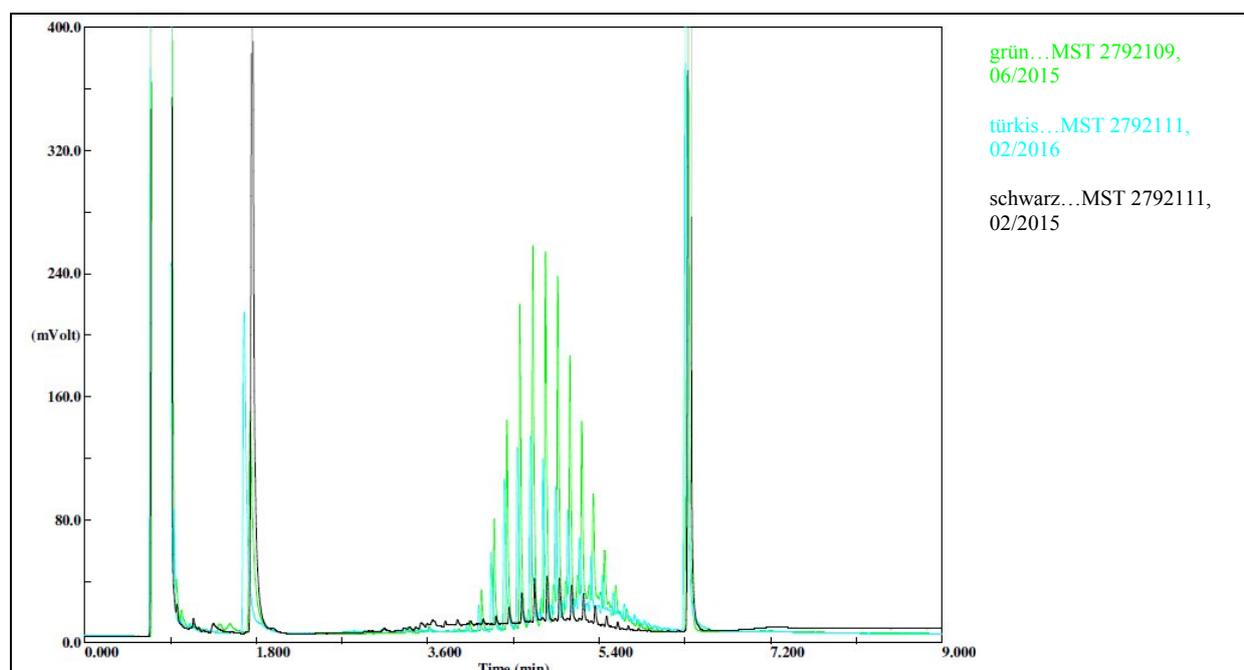


Abbildung 40: Vergleich der GC-Spektren

Dieses Peakmuster wurde mit den GC-Spektren verschiedener Öle und organischer Substanzen aus der Literatur verglichen. Dabei zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung mit dem Spektrum eines Extrakts von PVC:

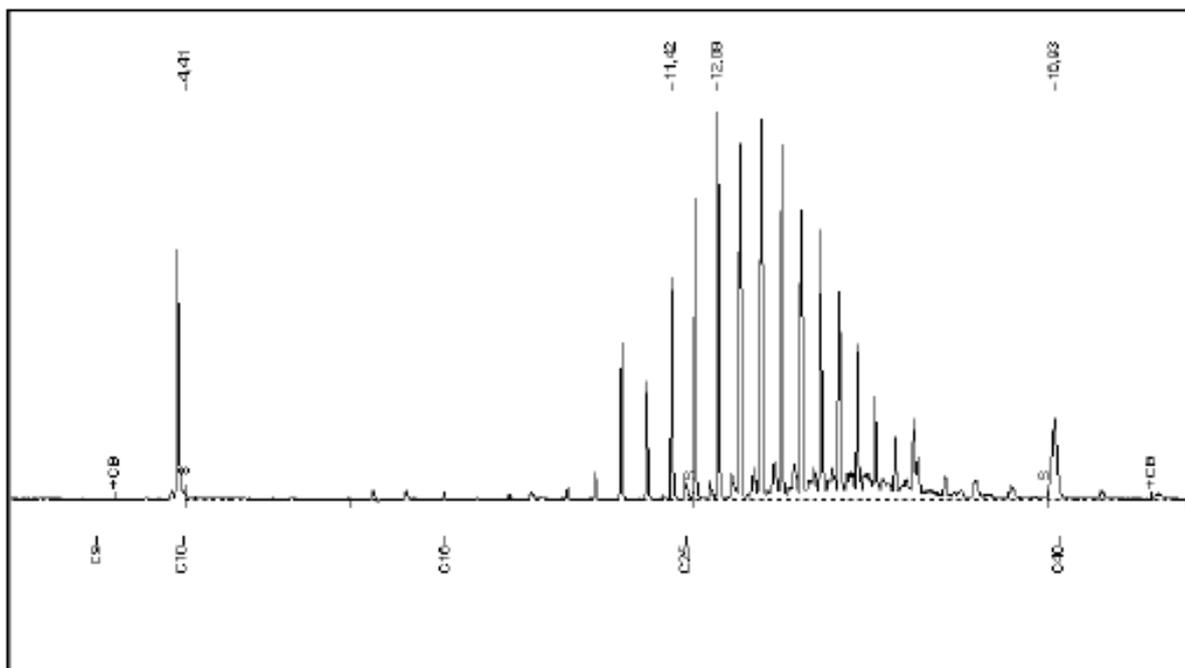


Abbildung 41: GC-Spektrum eines Extraktes eines PVC-Abflussrohres

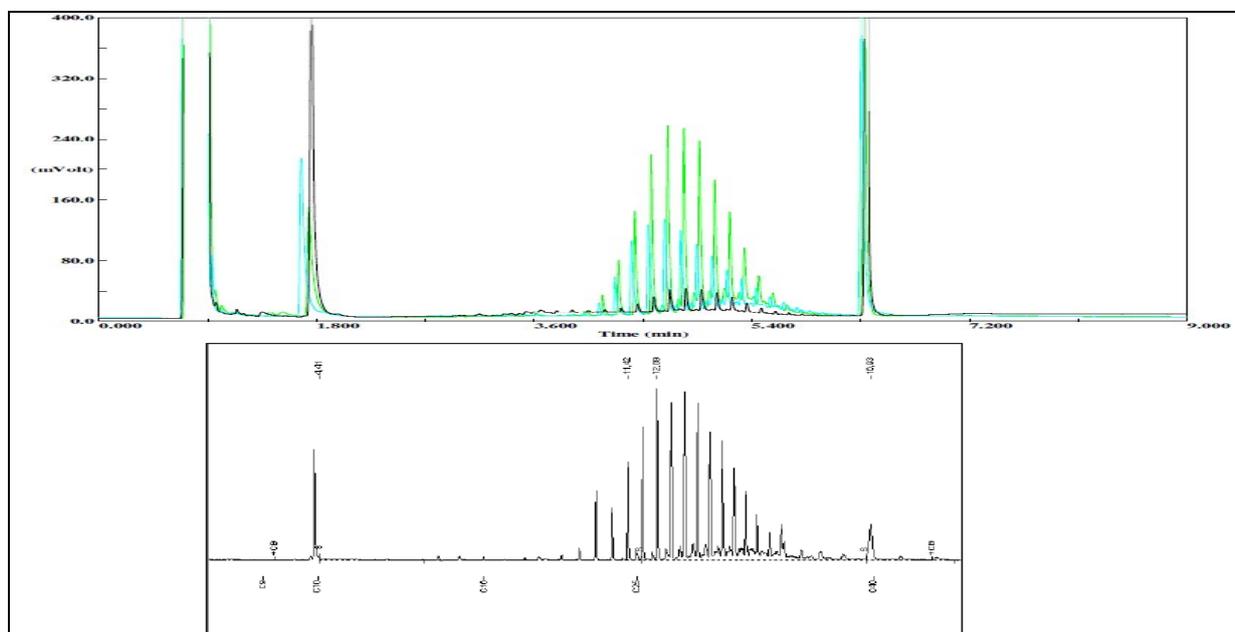


Abbildung 42: Vergleich der GC-Spektren mit dem Spektrum eines PVC-Abflussrohres

In diesen Fällen dürfte es sich also um eine Verunreinigung mit Kunststofffragmenten (PVC) handeln. PVC ist ein häufig verwendetes Material in Leitungssystemen und Einbauten.

Mineralölkohlenwasserstoffe können meist bereits in sehr niedrigen Konzentrationen im Trinkwasser geschmacklich wahrgenommen werden. Die Konzentrationen liegen dabei deutlich unter den Gehalten, welche als gesundheitlich relevant betrachtet werden.

3.5.11 PAKs

Allgemeines sowie Details zu den Messergebnissen für PAKs wurden bereits unter dem Punkt 3.4.2 zu Benz(a)pyren behandelt.

4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurden im Auftrag der Bezirkshauptmannschaften Voitsberg und Deutschlandsberg von Jänner 2015 bis März 2016 durch die Abteilung 15 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung im Nahbereich der Autobahn A2 in den Gemeinden Mooskirchen, Ligist und Sankt Stefan ob Stainz Untersuchungen an 22 Messstellen (Grund- und Quellwässer privater Hausbrunnen) durchgeführt.

Neben Standardparametern für Grundwasser wie pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, verschiedene Anionen und Kationen wurden auch spezielle Analyten wie Schwermetalle, Mineralölbestandteile und Verbrennungsprodukte untersucht.

Insgesamt wurden in rund 320 Proben über 15.000 Messwerte gemessen und ausgewertet.

Der Großteil der Messwerte zeigte sich unauffällig und lag unter den jeweiligen Parameterwerten und Indikatorparametern der Trinkwasserverordnung (TWV) und des Codexkapitel/ B 1/ Trinkwasser des Österreichischen Lebensmittelbuches (Codex/B1/TW). Bei einigen Parametern zeigten sich allerdings Überschreitungen von Parameterwerten und Indikatorparametern oder andere Auffälligkeiten.

Die Ergebnisse zeigen bei 4 Messstellen fast durchgehende Überschreitung des Indikatorparameters der Trinkwasserverordnung für Chlorid. Auch bei weiteren Messstellen sind die Chloridgehalte gegenüber der geogenen Hintergrundkonzentration deutlich erhöht. Die erhöhten Chloridgehalte sind jedenfalls auf den Einfluss der Salzstreuung im Winter auf im Einzugsgebiet der Messstellen gelegenen Verkehrswegen zurückzuführen.

Aufgrund der Ergebnisse wurde inzwischen ein Teil der betroffenen Haushalte auf Kosten des Straßenbetreibers an die öffentliche Trinkwasserversorgung angeschlossen. Ein Anschluss der übrigen betroffenen Messstellen wird ebenfalls bereits geprüft.

Außer Chlorid konnten keine weiteren Einflüsse des Straßenbetriebs auf die Messstellen festgestellt werden.

Weitere Überschreitungen von Indikatorparametern der Trinkwasserverordnung betrafen Mangan, welches sich geogen bedingt in zwei Messstellen deutlich erhöht zeigt.

Insbesondere liegt aber der pH-Wert an den untersuchten Messstellen fast durchwegs außerhalb des gemäß Trinkwasserverordnung vorgegebenen Indikatorparameterbereichs. Das Grundwasser ist im Untersuchungsgebiet meist leicht sauer und zeigt damit gegenüber Metallen ein besseres Lösungsvermögen.

Auch Überschreitungen von Parameterwerten der Trinkwasserverordnung konnten aufgefunden werden. Dabei handelte es sich um Überschreitungen des Nickelgehalts in einem kleinen Bereich des Untersuchungsgebietes, welche auf geogene Einflüsse zurückgeführt wurden.

Weiters wurden Einzelwertüberschreitungen von Parameterwerten für Benzol und Benz(a)pyren aufgefunden, welche auf Einzelereignisse bzw. Mängel im Bereich der betroffenen Anlagen oder Einflüsse bei der Probenahme erklärbar waren.

Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchungen war aber die Erkenntnis, dass der bauliche Zustand der Hausbrunnen nur in seltenen Fällen dem Stand der Technik entspricht. Der bauliche Zustand einer Trinkwasseranlage hat aber einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Trinkwasserqualität. Insbesondere kann bei einem Großteil der Messstellen das Eindringen von Tagwässern und Kleintieren wie Spinnen und Schnecken in die Trinkwasseranlage derzeit nicht ausgeschlossen werden. Dabei ist am häufigsten der fehlende Hochzug der Schächte über die Geländeoberkante und die fehlende Abdichtung des Schachtdeckels zu bemängeln. Dies kann zum Eintrag verschiedener

Kontaminationen führen, vor allem sind dadurch aber mikrobiologische Belastungen im Trinkwasser zu befürchten.

Aufgrund der Erkenntnisse des Projektes soll eine Kampagne die steirischen Gemeinden über bauliche Mängel bei Trinkwasseranlagen und ihre möglichen Auswirkungen und gesundheitlichen Folgen informieren, um eine bessere Wasserversorgung der steirischen Bevölkerung sicherzustellen.

5 Begriffe- und Abkürzungsverzeichnis

Begriff bzw. Abkürzung	Erklärung
BMGFJ	Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, <i>o</i> -, <i>m</i> - und <i>p</i> -Xylol
Codex/B1/TW	Codexkapitel / B 1 / Trinkwasser der IV. Auflage des Österreichischen Lebensmittelbuchs, BMGFJ-75210/0009-IV/B/7/2007 i.d.g.F. (Codex/B1/TW)
°dH	° deutsche Härte
EPA	Environmental Protection Agency
GC	Gaschromatographie
GW	Grundwasser
i.d.g.F.	in der gültigen Fassung
KW-Index	Kohlenwasserstoffindex
LMSVG	Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz
MST	Messstelle
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PVC	Polyvinylchlorid
TOC	„Total Organic Carbon“, gesamter organisch gebundener Kohlenstoff
TWV	Trinkwasserverordnung

6 Literatur

Literatur
VERORDNUNG DES BUNDESMINISTERS FÜR SOZIALE SICHERHEIT UND GENERATIONEN ÜBER DIE QUALITÄT VON WASSER FÜR DEN MENSCHLICHEN GEBRAUCH (TRINKWASSERVERORDNUNG - TWV), BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.g.F.
CODExKAPITEL / B 1 / TRINKWASSER DER IV. AUFLAGE DES ÖSTERREICHISCHEN LEBENSMITTELBUCHS, BMGFJ-75210/0009-IV/B/7/2007 i.d.g.F.
GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY, FOURTH EDITION, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, World Health Organization 2011, ISBN 978 92 4 154815 1
RICHTLINIE, BEURTEILUNG VON ÜBERSCHREITUNGEN DER KONZENTRATIONEN AN EISEN UND MANGAN IN WASSER FÜR DEN MENSCHLICHEN GEBRAUCH AUS EINZELWASSERVERSORGUNGSANLAGEN, Bundesministerium für Gesundheit, Veröffentlicht mit Erlass: BMGFJ-75210/0021-IV/B/7/2007 vom 6.12.2007
CHLORIDBELASTETE STRAßENWÄSSER, AUSWIRKUNGEN AUF VORFLUTGEWÄSSER, ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGE FÜR SACHVERSTÄNDIGE UND PLANER, ARBEITSBEHOLF, Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung WA2 – Wasserwirtschaft, Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten, Mai 2015
LEITFADEN VERSICKERUNG CHLORIDBELASTETER STRASSENWÄSSER, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Gruppe Straße, Abteilung ST1, Planung und Umwelt, Stubenring 1, 1011 Wien, Juni 2011
GRUNDWASSERBELASTUNGEN DURCH ABWÄSSER VON VERKEHRSFLÄCHEN, Ilse Entner, Joanneum Research, Institut für Hydrogeologie und Geothermie, Elisabethstraße 16/II, 8010 Graz, Februar 1996
STRAßENBAU UND UMWELTSCHUTZ – EIN DIALOG, STRAßENABWÄSSER AUS CHEMISCHER SICHT, DI Dr. Hubert Krainer, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung Ia – Referat Gewässeraufsicht, Landhausgasse 7, 8010 Graz, 15. Juni 1998
UNTERSUCHUNG ÜBER DIE ABLEITUNG VON STRAßENABWÄSSERN IN WASSERWIRTSCHAFTLICH RELEVANTEN BEREICHEN DER STEIERMARK, Erhart-Schipppek, Mascha & Partner im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, FA 2a, Landhausgasse 7, 801 Graz, und FA 3a, Stempfergasse 7, 8010 Graz, Februar 2000
HYDROGEOCHEMISCHE STOFFSYSTEME – TEIL I, SCHRIFTENREIHE DES DEUTSCHEN VERBANDES FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V., HEFT 110, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstraße 2, 53115 Bonn, 1996
HYDROGEOCHEMISCHE STOFFSYSTEME – TEIL II, SCHRIFTENREIHE DES DEUTSCHEN VERBANDES FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V., HEFT 117, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstraße 2, 53115 Bonn, 1998
METALLE IM GRUNDWASSER IN ÖSTERREICH, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Referat VII/1a, Stubenring 1, 1010 Wien, Wien 2012
EINTRÄGE VON KUPFER, ZINK UND BLEI IN GEWÄSSER UND BÖDEN - ANALYSE DER EMISSIONSPFADE UND MÖGLICHER EMISSIONSMINDERUNGSMAßNAHMEN, Forschungsbericht 202 242 20/02, UBA-FB 000824, Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau, August 2005
EMISSIONSTRENDS 1990–2013, EIN ÜBERBLICK ÜBER DIE VERURSACHER VON LUFTSCHADSTOFFEN IN ÖSTERREICH (DATENSTAND 2015), Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich, Wien 2015, ISBN 978-3-99004-354-7
POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK) – FACTSHEET, Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Chemikalien, 3003 Bern, Juli 2012
ORIENTIERENDE MESSUNGEN GEFÄHRLICHER STOFFE, LANDESWEITE UNTERSUCHUNGEN AUF ORGANISCHE SPURENVERUNREINIGUNGEN IN HESSISCHEN FLIEßGEWÄSSERN, ABWÄSSERN UND KLÄRSCHLÄMMEN, Zusammenfassender Abschlussbericht 1991-2003, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dr. André Leisewitz, Silvia Fengler, Dr. Peter Seel, Kapitel 6.07 „Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe“
PAH IN DER UMWELT, MESSUNGEN 1989–1998, Report R-153, ISBN 3-85457-461-4, Oliver Gans, Sigrid Scharf, Peter Seif, Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien, Wien 1999
BESTIMMUNG DES GEHALTES AN KOHLENWASSERSTOFFEN IN ABFÄLLEN – UNTERSUCHUNGS- UND ANALYSESTRATEGIEN, KW/04, LAGA – Länderarbeitsgemeinschaft Abfall unter Vorsitz vom Ministerium für Umwelt und Forsten für das Land Rheinland-Pfalz, Kaiser-Friedrich-Straße 1, 55116 Mainz, Stand: 16.11.2004
AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE – ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT, 2016: ÖNORM B2601. Wassererschließung - Brunnen - Planung, Bau und Betrieb. Ausgabe 2016-03-15. Wien, S. 1-38.
AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE – ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSIINSTITUT, 2004: ÖNORM B2602. Wassererschließung - Quelfassungsanlagen - Planung, Bau und Betrieb. Ausgabe 2016-08-15. Wien, S. 1-15.
FLÜGEL, H.W., NEUBAUER, F., 1984: Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Steiermark. Wien, S. 1-127.
GEOLOGISCHE KARTE DER REPUBLIK ÖSTERREICH 1:50000, 1991: Blatt 189 Deutschlandsberg. Hrsg. von der Geologischen Bundesanstalt. Wien, o.S.

Literatur
BECKER, L.P., 1976: Gefügetektonische Studien an pegmatoiden Gneisen mit Plattengneistextur aus dem Gebiet östlich des Wölker Kogels (Stubalm, Steiermark). In: Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark. Band 106. Graz, S. 39-49.
TOLLMANN, A., 1977: Geologie von Österreich. Band 1-Die Zentralalpen. Wien, S. 1-766.
GÖTZINGER, M., WAGREICH, M., 2006: Der geologische Aufbau der Steiermark-ein Überblick. Wien, S. 1-3.
PIRKL, H., PFLEIDERER, S., SCHEDL, A., REITNER, A., NEINAVAIE, H., 2015: Ergebnisdarstellung und -diskussion nach Einzelelementen. In: Geochemischer Atlas von Österreich-Bundesweite Bach- und Flusssedimentgeochemie (1978-1990). Archiv für Lagerstättenforschung, Band 28. Wien, S. 36-205.
AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 2002: Wasserversorgungsplan Steiermark. Ein Leitfaden für die öffentliche Wasserversorgung. Berichtsband der wasserwirtschaftlichen Planung Nr. 83/2002. Graz, S. 1-132.
AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (Hrsg.) (2016): webGIS pro Steiermark-Steirische Bohrpunktdatenbank. In: http://gis-cl2.stlrg.gv.at/wgp/(S(2mz4hbl3mupj1qnsuc4ejarw))/init.aspx?cms=wgp (Zugriff: 6/2016)
DIE TRINKWASSERVERORDNUNG, Grohmann, Hässelbarth, Schwerdtfeger (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag, 4.Auflage, 2003
WASSER, NUTZUNG IM KREISLAUF, HYGIENE, ANALYSE UND BEWERTUNG, Grohmann (Hrsg.) de Gruyter Verlag, 8. Auflage 2002