

Zusammenfassung

Mit der neuen Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV) ging auch eine Änderung der Stoffverordnung (StoV) einher, die die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln innerhalb der Grundwasserschutzzone S2 verbot. Auf Grund von Schwierigkeiten bei der kurzfristigen Umsetzung der neuen Gewässerschutzverordnung, erliess der Bundesrat rückwirkend auf den 1. Januar 1999 eine Übergangsfrist von zwei Jahren. Er beauftragte das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), eine flexible Lösung zu finden. So sollen Pflanzenschutzmittel dann eingesetzt werden können, wenn ihre Anwendung unproblematisch ist. Da das BUWAL und das BLW noch keine Lösung gefunden haben, verlängerte der Bundesrat die Übergangsfrist auf unbestimmte Zeit.

Das Kantonale Laboratorium, die Abteilung Landwirtschaft und die Abteilung Umweltschutz des Kantons Aargau beschlossen, in einer gemeinsamen Studie die Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf das Grundwasser, beziehungsweise Trinkwasser genauer zu untersuchen. Die Untersuchung soll einen Überblick über die aktuelle Situation verschaffen und Referenzdaten für mögliche spätere Untersuchungen bereitstellen.

Untersucht wurde Grundwasser aus neun Trinkwasserfassungen, die auf das gesamte Kantonsgebiet verteilt sind, deren Umgebung landwirtschaftlich genutzt wird und die unterschiedliche Grundwasserleiter nutzen. Als zusätzliches Kriterium wiesen die Fassungen bei früheren Untersuchungen Toleranzwertüberschreitungen im Atrazingehalt auf. Innerhalb eines Jahres wurden jeweils vier Proben, die in Abständen von etwa drei Monaten entnommen wurden, auf die häufig eingesetzten Pflanzenschutzmittel Atrazin und Metribuzin als Vertreter der Triazine, Amidosulfuron, Diflufenican, Isoproturon und Thifensulfuronmethyl als Vertreter der Harnstoffe, 2,4-D, Dicamba, MCPA, MCPB und Mecoprop als Vertreter der Carbonsäuren sowie Glyphosat untersucht. Die Auswahlkriterien für diese Pflanzenschutzmittel waren ein hoher Verbrauch und eine hohe Mobilität. Da der Verbrauch an Fungiziden und Pestiziden weitaus kleiner ist als an Herbiziden, beschränkte sich die Untersuchung auf letztere.

Ausgenommen von Triazinen und in einem Fall von Mecoprop konnte keines der untersuchten Pflanzenschutzmittel im Trinkwasser festgestellt werden. Die Untersuchung bestätigte frühere Ergebnisse, wonach Triazine, vor allem Atrazin in Bezug auf die Trinkwasserqualität problematische Pflanzenschutzmittel darstellen. Von 35 Proben der untersuchten Fassungen wiesen 17 (49%) einen Gehalt an Atrazin von mehr als 0,1 µg/l auf und überschritten damit den Toleranzwert für Trinkwasser. Bei einem Abbauprodukt von Atrazin, dem Desethylatrazin wurden bei 35 Proben 11 (30%) und bei Metribuzin 2 (6%) Toleranzwertüberschreitungen festgestellt.

Auffallend ist, dass die sehr häufig eingesetzten Pflanzenschutzmittel Isoproturon (IPU), Glyphosat und dessen Abbauprodukt AMPA nie festgestellt werden konnten. Glyphosat wird mit dem zunehmenden Einsatz von pfluglosen Anbauverfahren (z. B. Direktsaat) und mit dem Verbot von Atrazinen zur Behandlung von Gleisanlagen immer häufiger verwendet. Isoproturon hat sich im Getreideanbau als Standard-Pflanzenschutzmittel durchgesetzt.



Foto: Steфан-Binder

Inhalt

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung | 1 |
| 1 Einleitung | 3 |
| 1.1 Ausgangslage | 3 |
| 1.2 Ziele und Fragestellung | 4 |
| 1.3 Trägerschaft | 4 |
| 2 Probenahme und Analyse | 5 |
| 2.1 Standorte | 5 |
| 2.1.1 Dottikon | 5 |
| 2.1.2 Hellikon | 6 |
| 2.1.3 Hornussen | 6 |
| 2.1.4 Muri | 6 |
| 2.1.5 Niederrohrdorf | 7 |
| 2.1.6 Oeschgen | 7 |
| 2.1.7 Rekingen | 7 |
| 2.1.8 Rothrist | 8 |
| 2.1.9 Schwaderloch | 8 |
| 2.2 Untersuchte Pflanzenschutzmittel (Wirkstoffe) | 9 |
| 2.3 Probenahme | 10 |
| 2.4 Analyse | 11 |
| 2.4.1 Analysemethoden | 11 |
| 2.4.2 Aufstockung (Spiking) | 11 |
| 2.4.3 Genauigkeit der Analysen | 11 |
| 3 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel | 12 |
| 4 Ergebnisse | 13 |
| 4.1 Analysenergebnisse | 13 |
| 4.1.1 Triazine | 13 |
| 4.1.1.1 Aktuelle Ergebnisse | 13 |
| 4.1.1.2 Ergebnisse bisheriger Untersuchungen | 15 |
| 4.1.2 Harnstoffe | 15 |
| 4.1.3 Carbonsäuren | 15 |
| 4.1.4 Glyphosat | 15 |
| 5 Schlussfolgerungen | 16 |
| 5.1 Weiteres Vorgehen | 17 |
| 6 Literatur | 18 |
| Anhang | 19 |
| Anhang 1 Wiederfindung | 19 |
| Anhang 2 Erhebung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel | 20 |

1 Einleitung

Der Kanton Aargau bezieht einen Grossteil seines Trinkwasserbedarfs aus dem Grundwasser, das verschiedenen Einflüssen menschlichen Ursprungs unterliegt. Einerseits wirkt sich die Ausbreitung des Siedlungsgebiets mit der damit einhergehenden Bodenversiegelung auf die Quantität des Grundwassers aus. In einigen Regionen sinkt der Grundwasserspiegel. Andererseits können Einflüsse auch bei der Qualität des Grundwassers festgestellt werden. Neben punktuellen Verunreinigungsquellen (Unfallstandorte, Altlasten) tragen auch flächenhaft-diffuse Einträge zur Verunreinigung des Grundwassers bei. Dazu gehören ne-

ben Nitrateinträgen durch landwirtschaftliche Düngung auch Pflanzenschutzmittel, die im Grundwasser nachgewiesen werden können [MULL 1995]. Es gilt die wichtige Ressource Grundwasser zu schützen, damit die Versorgung mit qualitativ hochstehendem Trinkwasser dauernd gewährleistet ist.

Die Nitratbelastung des Grundwassers in der Schweiz wird durch das vorhandene Datenmaterial gut dokumentiert. Anders verhält es sich bei den Pflanzenschutzmitteln. Sowohl bezüglich Einsatzmengen als auch Auswirkungen liegen nur lückenhafte Kenntnisse vor [BUWAL 1993].

1.1 Ausgangslage

Die gesetzlichen Grundlagen zum Schutze unserer Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen sind in der Gewässerschutzgesetzgebung festgehalten. Am 28. Oktober 1998 ergänzte der Bundesrat die Gewässerschutzgesetzgebung mit einer neuen Gewässerschutzverordnung (GSchV). Mit der Einführung der GSchV ging auch eine Änderung der

Stoffverordnung (StoV) einher, die die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln innerhalb der engeren Grundwasserschutzzone (Schutzzone S2) verbot. Bisher war die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln einzig im Fassungs-bereich (Schutzzone S1) untersagt. Nur für wenige Pflanzenschutzmittel mit mobilen Wirkstoffen war der Einsatz



Foto: Walter Wyler

im ganzen Schutzzonenbereich verboten (z. B. Dazomet, Triclopyr). Um die Auswirkungen von Triazinen auf das Trinkwasser zu reduzieren, erliess der Bundesrat in der Vergangenheit ein Verbot für den Einsatz von s-Triazinen im Karstgebiet. Zusätzlich reduzierte er die Aufwandmenge von Triazinen, verkürzte die Einsatzdauer und erliess ein Anwendungsverbot im Bereich von Gleisanlagen.

Bei der Umsetzung der neuen Gewässerschutzverordnung stellte sich heraus, dass die Einführung des Verbots von Pflanzenschutzmitteln in der Schutzzone S2 einzelne Landwirte in Schwierigkeiten bringt, da sie nicht im Voraus über diese neue Regelung informiert worden waren. Da eine sofortige Umstellung und ein totaler Verzicht auf Pflanzenschutzmittel unverhältnismässig erschien, erliess der Bundesrat rückwirkend auf den 1. Januar 1999 eine Übergangsfrist von zwei Jahren. Der Bundesrat hat zudem das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) beauftragt, eine flexible Lösung zu finden. So sollen Pflanzenschutzmittel dann eingesetzt werden können, wenn ihre Anwendung unproblematisch ist [UVEK 1999]. Da das

BUWAL und das BLW noch keine Lösung gefunden haben, verlängerte der Bundesrat die Übergangsfrist auf unbestimmte Zeit.

Zusätzlich zur GSchV kommt in Bezug auf das Lebensmittel Trinkwasser die Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (FIV) zum Tragen. Sie hat zum Grundsatz, dass Fremd- und Inhaltsstoffe in oder auf Lebensmitteln nur in gesundheitlich unbedenklichen und technisch unvermeidbaren Mengen vorhanden sein dürfen. Beide Verordnungen beinhalten deshalb Konzentrationsangaben für Pflanzenschutzmittel. Die Anforderung der GSchV wie auch der Toleranzwert der FIV betragen für Einzelstoffe 0,1 µg/l, für die Summe aller Pflanzenschutzmittel höchstens 0,5 µg/l, wobei der Toleranzwert die Höchstkonzentration ist, bei dessen Überschreitung das Lebensmittel als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert gilt.

Die Trinkwasserversorgungen sind verpflichtet, für die Einhaltung dieser Werte im Speziellen und für die Abgabe von qualitativ einwandfreiem Trinkwasser im Allgemeinen zu sorgen.

1.2 Ziele und Fragestellung

Im Kanton Aargau werden die Trinkwasserfassungen regelmässig durch das Kantonale Laboratorium auf Pflanzenschutzmittel untersucht. Im Vordergrund stehen dabei die sogenannten s-Triazine, zum Beispiel Atrazin. Untersuchungen auf weitere häufig eingesetzte Pflanzenschutzmittel haben die kantonalen Amtsstellen in Einzelfällen durchgeführt. Aus diesem Grund und im Zusammenhang mit der erwähnten Änderung der StoV beschlossen das Kantonale Laboratorium, die Abteilung Landwirtschaft und die Abteilung Umweltschutz, in einer gemeinsamen Studie die Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf das

Grundwasser genauer zu untersuchen. Die Untersuchung soll einen Überblick über die aktuelle Situation verschaffen und Referenzdaten für mögliche spätere Untersuchungen bereitstellen.

Die untersuchten Standorte wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- hohe Atrazinwerte bei früheren Untersuchungen des Kantonalen Laboratoriums
- Verteilung über das gesamte Kantonsgebiet
- repräsentative Typen der Landnutzung im Einzugsgebiet (z. B. Ackerbau, Bahnlinie)

1.3 Trägerschaft

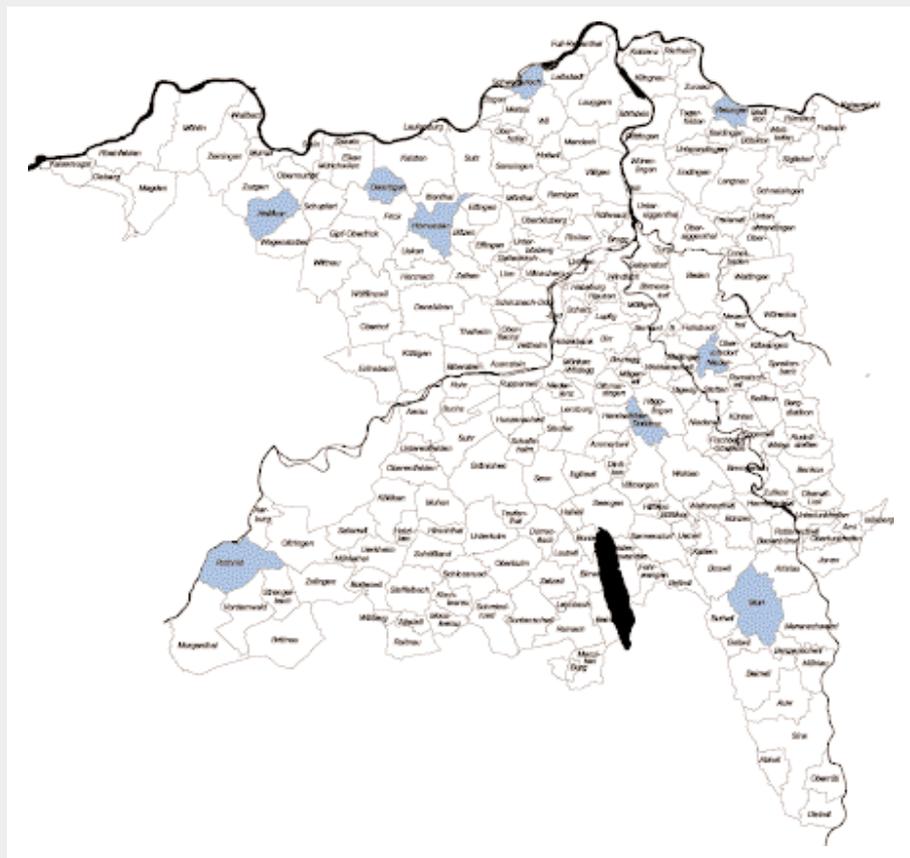
Das Kantonale Laboratorium, die Zentralstelle für Pflanzenschutz der Abteilung Landwirtschaft und die Abteilung Umweltschutz übernahmen die Finanzierung der Untersuchung. Diese beinhaltet sowohl die Kosten der Analysen bei einem externen Labor als auch den Aufwand für die

Probenahmen durch die Abteilung Umweltschutz und die Auswertung der Resultate. Zusätzlich führte die Zentralstelle für Pflanzenschutz der Abteilung Landwirtschaft Erhebungen über den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bei den Landwirten im Untersuchungsgebiet durch.

2 Probenahme und Analyse

2.1 Standorte

Die folgenden Fassungen wurden in die Untersuchung mit einbezogen. Alle Fassungen werden für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzt.

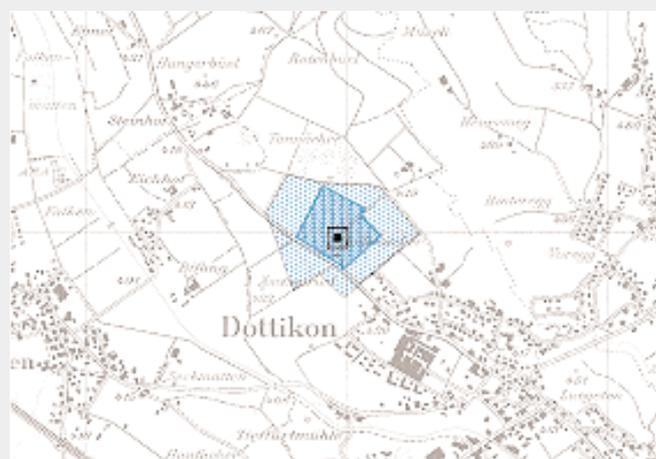


| <i>Standortgemeinde</i> | <i>Fassung</i> |
|-------------------------|----------------------|
| <i>Dottikon</i> | <i>Schützenhaus</i> |
| <i>Hellikon</i> | <i>Moosmatt</i> |
| <i>Hornussen</i> | <i>Zwimatt</i> |
| <i>Muri</i> | <i>Lippertswiese</i> |
| <i>Niederrohrdorf</i> | <i>Bodenmatt</i> |
| <i>Oeschgen</i> | <i>Langenfeld</i> |
| <i>Rekingen</i> | <i>Rheinacker</i> |
| <i>Rothrist</i> | <i>Rägelerhof</i> |
| <i>Schwaderloch</i> | <i>Schulhaus</i> |

Abb. 2.1 Übersicht über die Probenahmestandorte

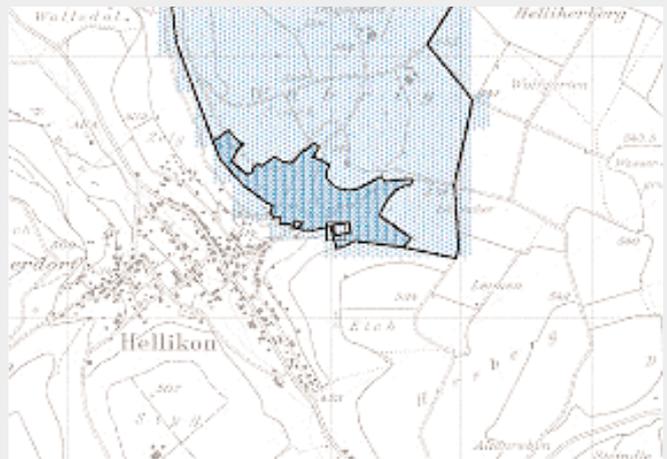
2.1.1 Dottikon

| | |
|-------------------------------------|---|
| <i>Fassung</i> | Schützenhaus |
| <i>Standortgemeinde</i> | Dottikon |
| <i>Lage</i> | lokales Grundwasservorkommen, zwischen zwei Moränenwällen |
| <i>Koordinaten</i> | 659 960 / 248 985 |
| <i>Fassungsart</i> | Grundwasserfassung im Schotter-Grundwasser |
| <i>Terrainhöhe</i> | 421,80 m ü. M. |
| <i>mittlerer Grundwasserspiegel</i> | 395,30 m ü. M. |
| <i>Nutzerin</i> | Gemeinde Dottikon |
| <i>bewilligte Entnahmemenge</i> | 1320 l/Min. |



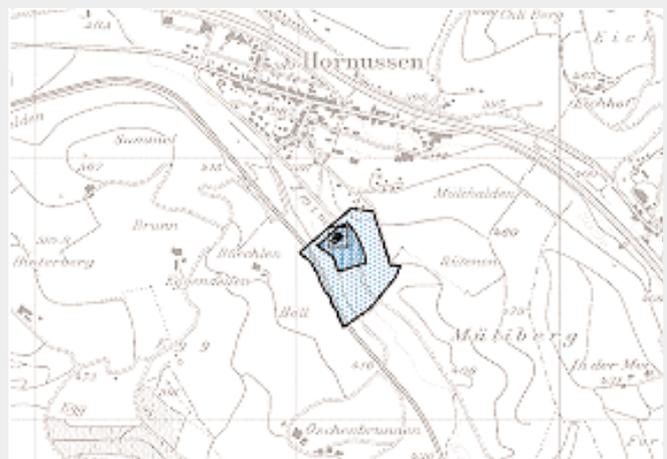
2.1.2 Hellikon

Fassung Moosmattquellen
Standortgemeinde Hellikon
Lage Flanke des Wabrigs/Loobergs
Koordinaten 637 020 / 262 330
Fassungsart Quellfassung im Karstgebiet
Terrainhöhe 450 m ü. M.
mittlerer Grundwasserspiegel –
Nutzerin Gemeinde Hellikon
min./max. Schüttung 35/150 l/Min.



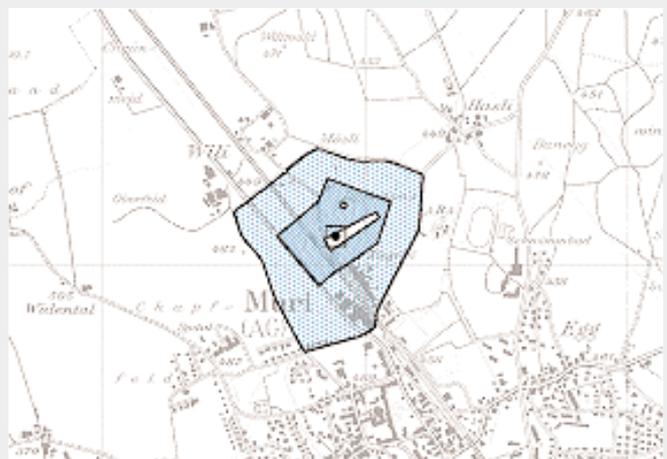
2.1.3 Hornussen

Fassung Zwimatt
Standortgemeinde Hornussen
Lage Talgrund des Zeiherbachs
Koordinaten 647 155 / 260 700
Fassungsart Grundwasserfassung im Schotter-Grundwasser
Terrainhöhe 392 m ü. M.
mittlerer Grundwasserspiegel 385,7 m ü. M.
Nutzerin Gemeinde Zeihen
bewilligte Entnahmemenge 300 l/Min.



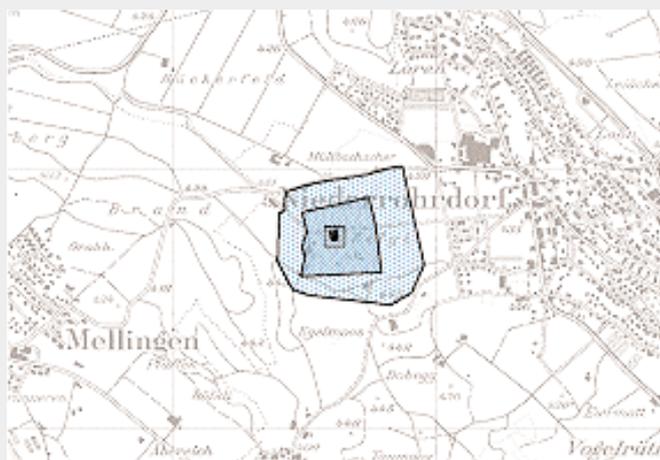
2.1.4 Muri

Fassung Lippertswiese
Standortgemeinde Muri
Lage Im Bünztal am Hangfuss des Lindenberg
Koordinaten 667 900 / 237 110
Fassungsart Grundwasserfassung im Schotter-Grundwasser
Terrainhöhe 452,0 m ü. M.
mittlerer Grundwasserspiegel 448,6 m ü. M.
Nutzerin Gemeinde Muri
bewilligte Entnahmemenge 1700 l/Min.



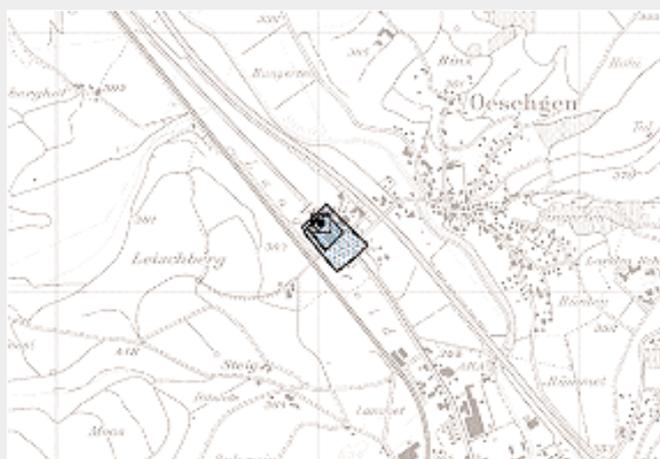
2.1.5 Niederrohrdorf

Fassung Bodenmatt
Standortgemeinde Niederrohrdorf
Lage Bünzthal, lokales Grundwasservorkommen
Koordinaten 664 600 / 252 750
Fassungsart Grundwasserfassung im Schotter-Grundwasser
Terrainhöhe 421,8 m ü. M.
mittlerer Grundwasserspiegel 388,4 m ü. M.
Nutzerin Gemeinde Niederrohrdorf
bewilligte Entnahmemenge 6 000 l/Min.



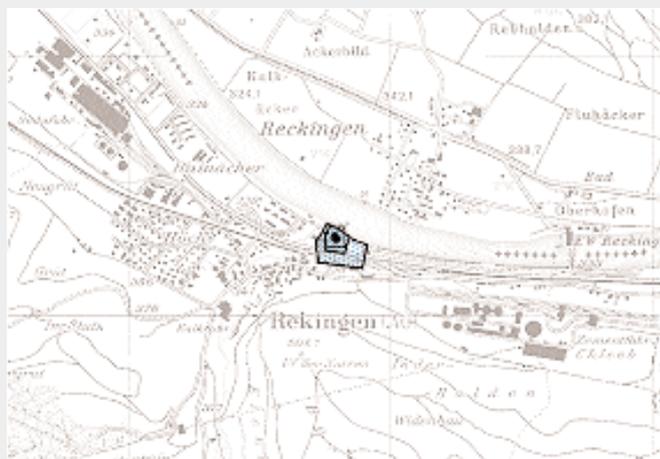
2.1.6 Oeschgen

Fassung Langenfeld
Standortgemeinde Oeschgen
Lage Talgrund der Sissle
Koordinaten 643 010 / 263 268
Fassungsart Grundwasserfassung im Schotter-Grundwasser
Terrainhöhe 339 m ü. M.
mittlerer Grundwasserspiegel 327,4 m ü. M.
Nutzerin Gemeinde Oeschgen
bewilligte Entnahmemenge 500 l/Min.



2.1.7 Rekingen

Fassung Rheinacker
Standortgemeinde Rekingen
Lage unmittelbar am Rheinufer im Einflussbereich des Flussinfiltrats
Koordinaten 666 775 / 269 300
Fassungsart Grundwasserfassung im Schotter-Grundwasser
Terrainhöhe 326,1 m ü. M.
mittlerer Grundwasserspiegel 322,3 m ü. M.
Nutzerin Gemeinde Rekingen
bewilligte Entnahmemenge 1000 l/Min.



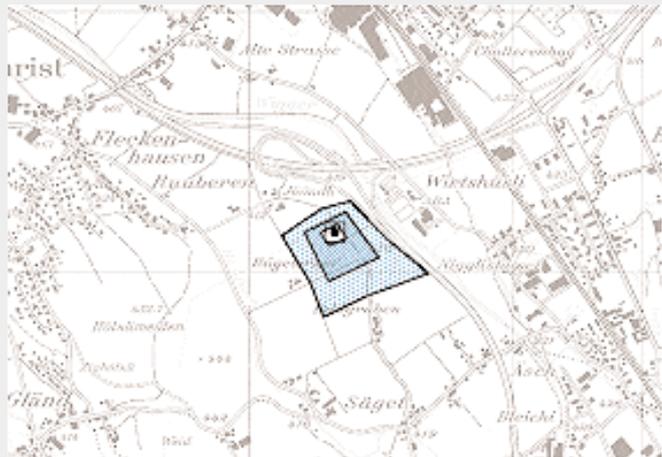
2.1.8 Rothrist

Fassung
Standortgemeinde
Lage
Koordinaten
Fassungsart

Rägelerhof
Rothrist
Talebene der Wigger
636 330 / 239 150
Grundwasserfassung im
Schotter-Grundwasser

Terrainhöhe
mittlerer Grundwasserspiegel
Nutzerin
bewilligte Entnahmemenge

416 m ü. M.
404 m ü. M.
Gemeinde Rothrist
5100 l/Min.



2.1.9 Schwaderloch

Fassung
Standortgemeinde
Lage
Koordinaten
Fassungsart

Schulhaus
Schwaderloch
Ebene des Rheintals
652 980 / 271 000
Grundwasserfassung im
Schotter-Grundwasser

Terrainhöhe
mittlerer Grundwasserspiegel
Nutzerin
beilligte Entnahmemenge

308 m ü. M.
300,8 m ü. M.
Gemeinde
Schwaderloch
400 l/Min.

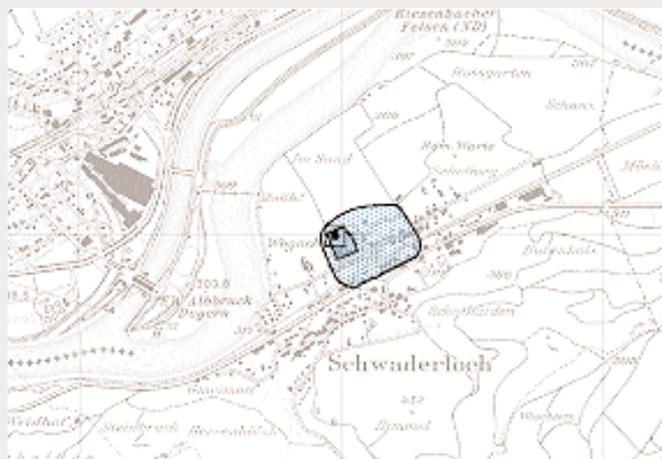


Foto: Stefan Binder

2.2 Untersuchte Pflanzenschutzmittel (Wirkstoffe)

Bei dieser Untersuchung wurden Wirkstoffe, die oft verwendet werden (gemäss Verbrauchsstatistik der Schweizerischen Gesellschaft für Chemische Industrie, SGCI) und eine hohe Mobilität aufweisen, untersucht. Nachfolgend sind diese und deren Anwendungsdaten aufgeführt.

Zusätzlich zu den unten aufgeführten Wirkstoffen wurden die Abbauprodukte Desethylatrazin und AMPA untersucht. Desethylatrazin, das sich bezüglich akuter Toxizität wie Atrazin verhält, ist ein Abbauprodukt von Atrazin, AMPA ein Abbauprodukt von Glyphosat.

| Wirkstoffgruppe | Wirkstoff | bevorzugte Anwendung | bekämpfte Pflanzen | Wirkungstyp | |
|-----------------|-----------------------|--|--|--------------------------------------|--|
| Triazine | Atrazin | Mais | einjährige Monocotyledonen (Ungräser), einjährige Dicotyledonen (Unkräuter) | Bodenherbizid mit guter Blattwirkung | |
| | Metribuzin | Kartoffeln Tomaten | Dicotyledonen (Unkräuter) | Bodenherbizid mit guter Blattwirkung | |
| Harnstoffe | Amidosulfuron | Getreide Wiesen, Weiden | Dicotyledonen (Unkräuter, Blacken) | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | Isoproturon | Getreide | einjährige Monocotyledonen (Ungräser), einjährige Dicotyledonen (Unkräuter) | Blatt- und Bodenherbizid | |
| | Diflufenican | Getreide | einjährige Monocotyledonen (Ungräser), einjährige Dicotyledonen (Unkräuter) | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | Thifensulfuron-methyl | Mais Wiesen und Weiden | einjährige Dicotyledonen (Unkräuter), Ampfer | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| Carbonsäuren | 2,4-D | Kernobst, Steinobst | Dicotyledonen (Unkräuter), weisser Germer | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | | Getreide | | | |
| | Dicamba | Mais | | | |
| | | Wiesen und Weiden | Dicotyledonen, breitblättrig (Unkräuter) | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | MCPA | Getreide | Dicotyledonen (Unkräuter) | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | | Wiesen und Weiden | | | |
| | MCPB | Eiweisserbsen, Futterkartoffeln, Getreide, Kleegrasmischung, Konservenerbsen, Speisekartoffeln, Wiesen und Weiden | Dicotyledonen (Unkräuter) | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | | Kernobst, Steinobst | | | |
| | Mecoprop | Getreide | Dicotyledonen (Unkräuter) | Blattherbizid mit Bodenwirkung | |
| | | Wiesen und Weiden Zier- und Sportrasen | | | |
| Glyphosat | Glyphosat | Brombeere, Kernobst, Steinobst | Dicotyledonen (Unkräuter), Monocotyledonen (Ungräser) | Blattherbizid | |
| | | Erfragsrebe | | | |
| | | Brache, Frässaat, Mulchsaaten | | | |
| | | Wiesen und Weiden | | | |
| | | Getähle (ausserhalb Forst), Stauden Wege und Plätze (gemäss Stov) | | | |



Foto: Olmar Eicher

2.3 Probenahme

Die Probenahmen fanden insgesamt vier Mal im Abstand von etwa drei Monaten in den Jahren 1999 und 2000 statt. Die neun Standorte wurden an jeweils zwei nachfolgenden Tagen beprobt:

| Probenahme | Datum |
|------------|--------------------------|
| 1 | 26. und 27. August 1999 |
| 2 | 9. und 10. Dezember 1999 |
| 3 | 24. und 25. Februar 2000 |
| 4 | 8. und 9. Juni 2000 |

Die Proben wurden bei Grundwasserfassungen entweder am speziell für die Probenahme in der Druckleitung eingebauten Probenahmehahn entnommen, oder am direkt an die Hauptleitung angeschlossenen Lavabohahn. War eine Desinfektions- oder Aufbereitungsanlage (z. B. UV-Anlage) eingebaut, wurde die Probe vor dieser entnommen. Bei der Quelfassung von Hellikon wurde die Probe beim Auslauf der Zuleitung in die Brunnstube entnommen. Bei den Grundwasserfassungen liefen die Pumpen mindestens 15 Minuten vor Beginn der Probenahme. Die Leitungen der Entnahmestellen wurden 5 Minuten lang gespült. Als Probenahmegefäße dienten Kunststoffflaschen, die das untersuchende Labor zur Verfügung stellte. Diese wurden vor der eigentlichen Entnahme mit dem zu beprobenden Wasser gründlich gespült. Die minimale Probenmenge betrug 4 Liter pro Standort. Die Proben wurden bei Zimmertemperatur gelagert und am Abend des zweiten Probenahmetages ins Labor gebracht.



Foto: Olmar Eicher

2.4 Analyse

2.4.1 Analysemethoden

Für die Analyse der Proben wurde das Labor RCC Ltd. in Itingen beauftragt. Das Labor untersuchte die Grundwasserproben mit folgenden Messtechniken:

| | |
|---------------------|---|
| Triazine: | Gaschromatografie / Massenspektroskopie (GC/MS) |
| Carbonsäuren: | GC/MS (nach Methylierung) |
| Glyphosat: | Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatografie / Fluoreszenzdetektion mit Nachsäulenderivatisierung (HPLC/FLD) |
| Sulfonylharnstoffe: | Flüssigkeitschromatografie / Massenspektroskopie (LC/MS) |



Foto: Stefan Binder

Das Labor gibt als Bestimmungsgrenze für alle untersuchten Wirkstoffgruppen eine Konzentration von 0,05 µg/l an. Die Bestimmungsgrenze gibt die Konzentration eines Stoffes an, bei der ihr Vorhandensein noch festgestellt werden kann.

2.4.2 Aufstockung (Spiking)

Bei den Analysemethoden von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser gibt es je nach Wirkstoffen unterschiedliche Erfahrungen. So ist z. B. die Analysemethode für Triazine bereits seit Jahren bekannt und wird erfolgreich angewandt. Bei anderen Wirkstoffen wie z. B. Glyphosat musste erst eine Analysemethode entwickelt werden. Hinzu kommt, dass Pflanzenschutzmittel erfahrungsgemäss in einem sehr kleinen Konzentrationsbereich (µg/l) vorliegen. Um die Resultate besser beurteilen zu können und um eine Abschätzung der Resultatgenauigkeit vornehmen zu können, wurden Kontrollproben aufgestockt (Spiking). Als Kontrolle wurde bei jedem Durchgang bei einer Entnahmestelle ein zusätzlicher Probensatz entnommen. Das kantonale Laboratorium, Sektion Chromatographie hat den Kontrollproben eine vorgängig bestimmte Menge von typischen Vertretern der vier Wirkstoffgruppen zugesetzt. Mit dieser Massnahme war bekannt, wie gross der Gehalt eines Wirkstoffes in der behandelten Probe mindestens sein muss. Damit können die Analyseergebnisse und die damit verbundenen Unsicherheiten besser beurteilt werden.

2.4.3 Genauigkeit der Analysen

Als Mass für den Fehler der Analysen, also als Mass für die Genauigkeit der Messungen, gilt gemäss dem analysierenden Labor die Wiederfindungsrate. Liegt diese zwischen 70 und 110%, kann die Messung als ausreichend zuverlässig bezeichnet werden [RCC 2000].

Als Grundlage für die Wiederfindung dienen einerseits die wiedergefundenen Anteile der aufgestockten Wirkstoffe, andererseits die vom Labor angegebenen Wiederfindungen, die es auf Grund eigener Eichmessungen angegeben hat.

3 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel

Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, ist das Ziel dieser Untersuchung, den Einfluss von Pflanzenschutzmitteln auf das Grundwasser aufzuzeigen. Um die Auswahl der untersuchten Pflanzenschutzmittel zu bestätigen, klärte die Zentralstelle für Pflanzenschutz der Abteilung Landwirtschaft bei einigen der untersuchten Grundwasserfassungen ab, welche Herbizide während der letzten drei Jahre (1998 bis 2000) innerhalb der Grundwasserschutzzonen eingesetzt wurden. Dazu wurden die Landwirte der betroffenen Parzellen über den zuständigen Ackerbaustellenleiter nach den eingesetzten Pflanzenschutzmitteln befragt. Im Anhang 2 befindet sich ein Beispiel für diese Erhebung.

Die untersuchten Wirkstoffe wurden im Einzugsgebiet aller Fassungen zumindest einmal eingesetzt. Dies war aufgrund der gesamtschweizerischen Einsatzmengen gemäss SGCI zu erwarten.

Im Einzugsgebiet der Grundwasserfassung Bodenmatt der Gemeinde Niederrohrdorf setzten die Bewirtschafter die nachfolgenden Wirkstoffe innerhalb der letzten drei Jahre wie folgt ein:

Tabelle 3.1: Eingesetzte Pflanzenschutzmittel

| Pflanzenschutzmittel | Schutzzone | Einzugsgebiet |
|-----------------------|------------|---------------|
| 2,4-D | | X |
| Amidosulfuron | X | X |
| Atrazin | X | X |
| Dicamba | | X |
| Diflufenican | X | X |
| Glyphosat | X | X |
| Isoproturon | X | X |
| MCPA | | X |
| MCPB | | X |
| Mecoprop | X | X |
| Metribuzin | X | X |
| Thifensulfuron-methyl | X | X |



4 Ergebnisse

4.1 Analyseergebnisse

4.1.1 Triazine

4.1.1.1 Aktuelle Ergebnisse

Wie aufgrund früherer Messungen zu erwarten war, wurden in den untersuchten Proben Triazine häufig festgestellt. Atrazin war lange Zeit das meist eingesetzte Herbizid. Es ist schwer abbaubar und messtechnisch gut nachzuweisen [BUWAL 1993]. Erwartungsgemäss wurde auch Desethylatrazin in den Proben festgestellt. Desethylatrazin ist ein Abbauprodukt von Atrazin. Gehalte an Metribuzin konnten an zwei Standorten (Hornussen, Niederrohrdorf) vereinzelt festgestellt werden.

Weitere Triazine wie Simazin oder Terbutylazin wurden nicht untersucht, da sie nur selten und in geringen Mengen eingesetzt werden. In einzelnen Trinkwasserfassungen, die durch das Kantonale Laboratorium regelmässig auf Triazine untersucht werden, konnten diese Triazine gefunden werden (z. B. in Rekingen)

Tabelle 4.1: Gehalte an Atrazin in µg/l

| | Aug 99 | Dez 99 | Feb 00 | Jun 00 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|
| Dottikon | nb | 0,05 | nb | nb |
| Hellikon | 0,16 | 0,23 | 0,11 | 0,09 |
| Hornussen | 0,08 | 0,13 | 0,08 | nb |
| Muri | 0,18 | 0,25 | 0,19 | – |
| Niederrohrdorf | nb | nb | nb | nb |
| Oeschgen | 0,12 | 0,18 | 0,14 | 0,07 |
| Rekingen | 0,37 | 0,35 | 0,29 | 0,12 |
| Rothrist | nb | 0,08 | nb | nb |
| Schwaderloch | 0,19 | 0,25 | 0,18 | 0,1 |

nb: unterhalb Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l

–: keine Messung

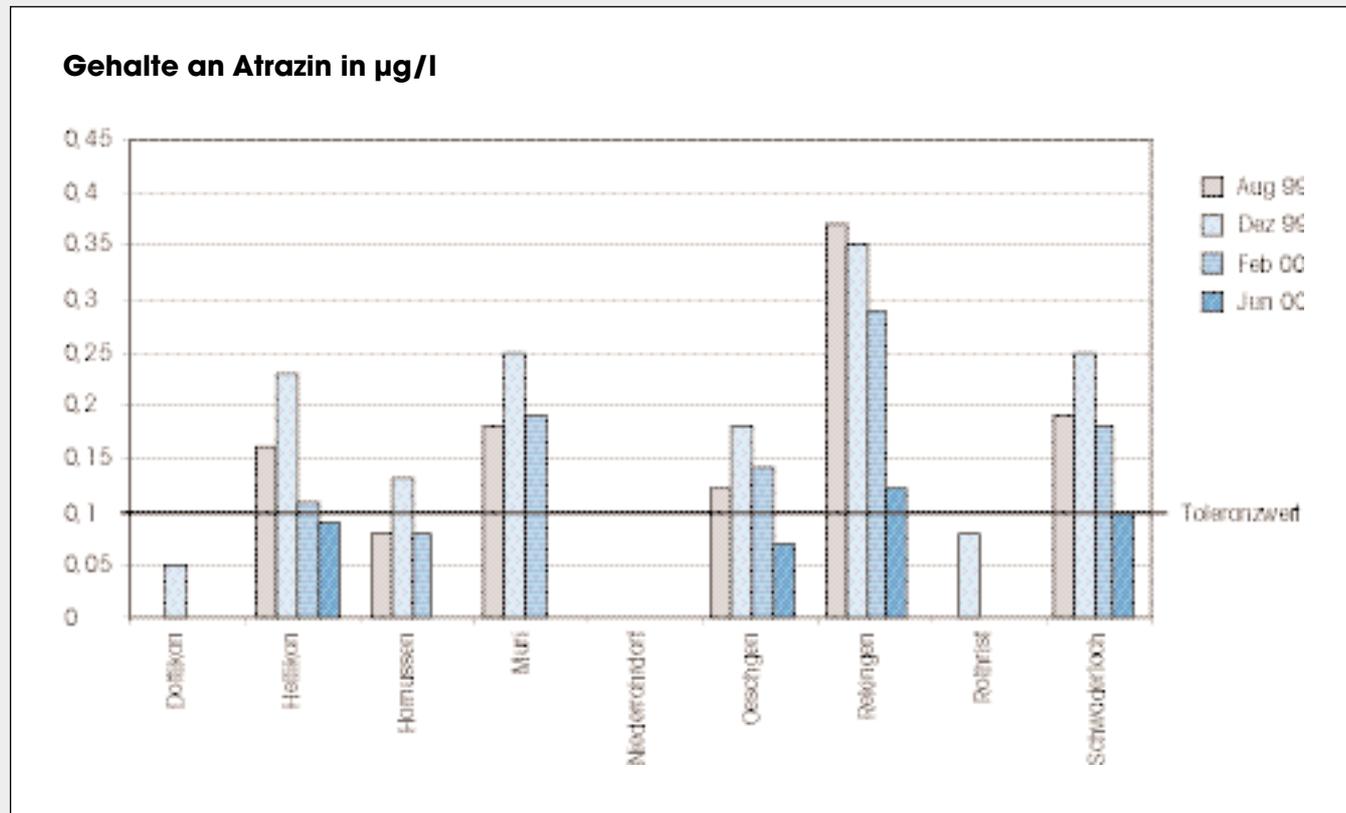


Abb. 4.1: Die Konzentrationen an Atrazin waren im Dezember meist höher als in den anderen Monaten.

Gehalte an Desethylatrazin in µg/l

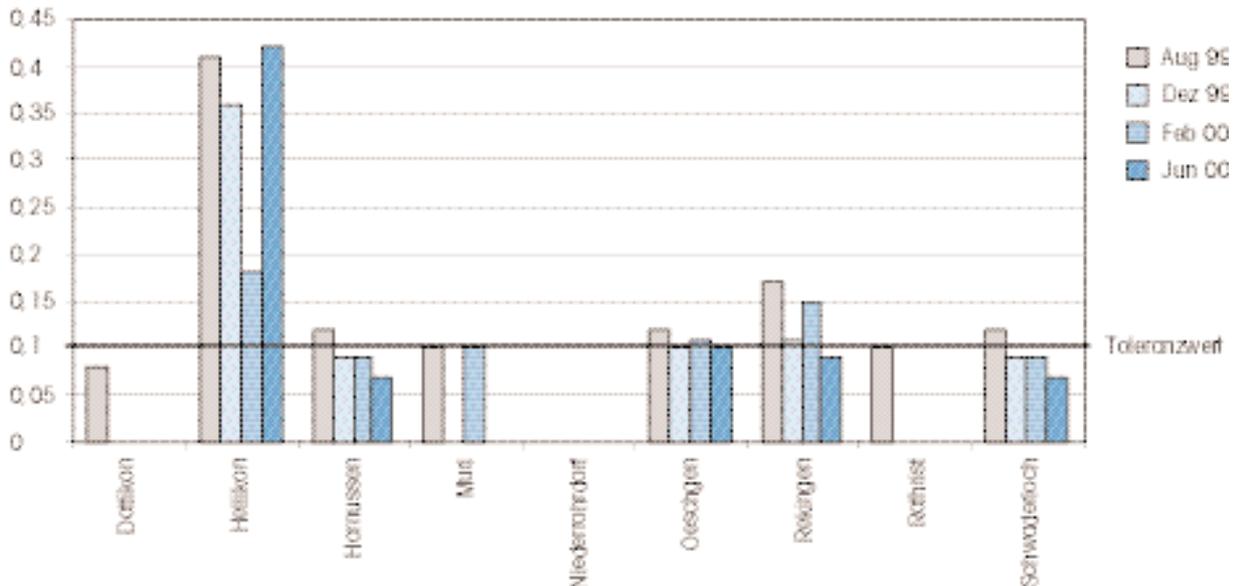


Abb 4.2: Im Vergleich zu Atrazin sind bei Desethylatrazin die Schwankungen der einzelnen Messwerte kleiner.

Tabelle 4.2: Gehalte an Desethylatrazin in µg/l

| | Aug 99 | Dez 99 | Feb 00 | Jun 00 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|
| Dottikon | 0,08 | nb | nb | nb |
| Hellikon | 0,41 | 0,36 | 0,18 | 0,42 |
| Hornussen | 0,12 | 0,09 | 0,09 | 0,07 |
| Muri | 0,1 | nb | 0,1 | – |
| Niederrohrdorf | nb | nb | nb | nb |
| Oeschgen | 0,12 | 0,1 | 0,11 | 0,1 |
| Rekingen | 0,17 | 0,11 | 0,15 | 0,09 |
| Rothrist | 0,1 | nb | nb | nb |
| Schwaderloch | 0,12 | 0,09 | 0,09 | 0,07 |

nb: unterhalb Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l

–: keine Messung

Tabelle 4.3: Gehalte an Metribuzin in µg/l

| | Aug 99 | Dez 99 | Feb 00 | Jun 00 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|
| Dottikon | nb | nb | nb | nb |
| Hellikon | nb | nb | nb | nb |
| Hornussen | 0,14 | 0,05 | nb | nb |
| Muri | nb | nb | nb | – |
| Niederrohrdorf | 0,11 | nb | nb | nb |
| Oeschgen | nb | nb | nb | nb |
| Rekingen | nb | nb | nb | nb |
| Rothrist | nb | nb | nb | nb |
| Schwaderloch | nb | nb | nb | nb |

nb: unterhalb Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l

–: keine Messung



Tabelle 4.4: Ergebnisse von Atrazinmessungen früherer Untersuchungen (zu unterschiedlichen Zeitpunkten, in µg/l)

| | | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|
| Hellikon (Moosmatt) | 1. Messung | 0,20 | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,10 | 0,13 |
| | 2. Messung | | 0,19 | 0,11 | 0,14 | | 0,10 |
| | 3. Messung | | | 0,16 | | | |
| Hornussen (Zwimatt) | 1. Messung | 0,09 | – | – | – | – | – |
| | 2. Messung | 0,13 | | | | | |
| Muri (Lippertswiese) | 1. Messung | – | 0,18 | 0,15 | 0,17 | 0,17 | 0,14 |
| | 2. Messung | | | 0,20 | 0,22 | 0,15 | 0,13 |
| | 3. Messung | | | 0,23 | | | 0,15 |
| Oeschgen (Langenfeld) | 1. Messung | 0,22 | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,10 |
| | 2. Messung | 0,19 | 0,16 | | | 0,13 | 0,11 |
| Rekingen (Rheinacker) | 1. Messung | 0,46 | 0,31 | 0,23 | 0,18 | 0,39 | 0,37 |
| | 2. Messung | | 0,21 | 0,25 | 0,25 | 0,33 | 0,23 |
| | 3. Messung | | 0,23 | 0,36 | 0,32 | 0,31 | 0,16 |
| | 4. Messung | | | 0,25 | 0,32 | 0,38 | 0,23 |
| | 5. Messung | | | 0,35 | | | 0,19 |
| Schwaderloch (Schulhaus) | 1. Messung | 0,30 | 0,23 | 0,14 | – | – | – |
| | 2. Messung | | 0,27 | | | | |

–: keine Messung

4.1.1.2 Ergebnisse bisheriger Untersuchungen

Das Kantonale Labor sowie das Institut Bachema haben in früheren Jahren im Auftrag von Wasserversorgungen Trinkwasser auf Triazine untersucht. In der Tabelle 4.4 sind die Ergebnisse der Atrazingehalte der in dieser Untersuchung beprobten Wasserfassungen dargestellt.

Die Ergebnisse unserer Untersuchung bestätigen die Resultate der früheren Messungen. Sie liegen alle im selben Konzentrationsbereich. Ersichtlich ist, dass die Atrazingehalte im Grundwasser grossen saisonalen Schwankungen unterworfen sind.

4.1.2 Harnstoffe

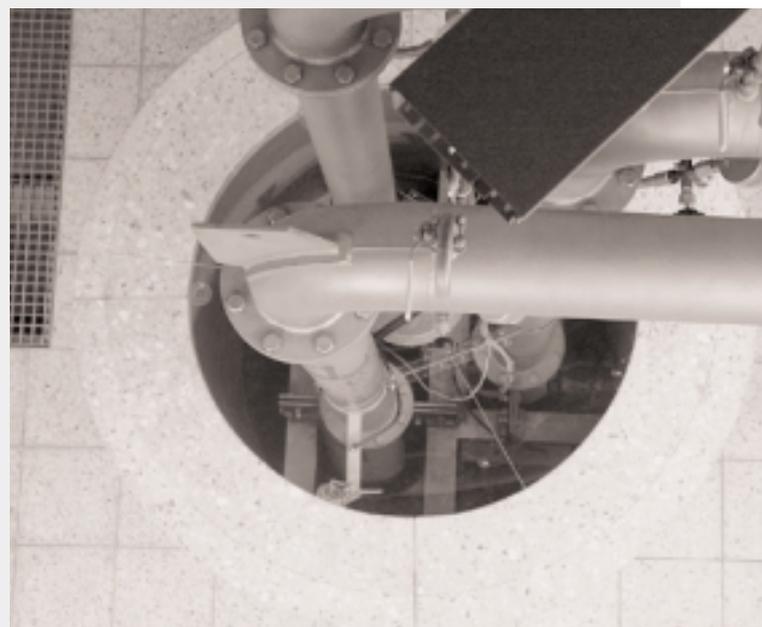
In keiner Probe konnten die gesuchten Harnstoffe (Amidosulfuron, Isoproturon, Diflufenican, Thifensulfuron-methyl) festgestellt werden. Isoproturon (IPU) ist ein im Getreidebau stark verbreitetes Pflanzenschutzmittel. Trotz der weiten Verbreitung konnte es in den Proben nicht festgestellt werden.

4.1.3 Carbonsäuren

Carbonsäuren (2,4-D, Dicamba, MCPA, MCPB, Mecoprop) konnten in keiner Probe festgestellt werden. Einzige Ausnahme bildet die Probe vom Dezember 1999 aus der Grundwasserfassung in Schwaderloch, bei der 0,09 µg/l des Wirkstoffes Mecoprop festgestellt wurden.

4.1.4 Glyphosat

In allen Proben konnte Glyphosat nicht festgestellt werden. Dasselbe gilt für AMPA, ein Abbauprodukt von Glyphosat. Glyphosat findet grosse Verwendung bei pfluglosen Anbauverfahren (z. B. Direktsaat). Bei Bahnanlagen ist es der einzig zugelassene Wirkstoff zur Unkrautbekämpfung.



5 Schlussfolgerungen

Ziel dieser Untersuchung war, das Auftreten verschiedener Pflanzenschutzmittel im Grundwasser festzustellen. Mit der verwendeten Versuchsanordnung liefern die Ergebnisse Momentaufnahmen des Zustands des Grundwassers, es können keine Trends festgestellt werden. Auch hängen die festgestellten Gehalte an Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser vom Zeitpunkt des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes und der Witterung ab. So ist nicht sichergestellt, dass z. B. Frachtspitzen nach starken Niederschlagsereignissen erfasst werden. Mit den Ergebnissen erhält man dennoch einen Überblick über die Pflanzenschutzmittel, die im Grundwasser festgestellt werden können und die bei weiteren Untersuchungen vertieft beobachtet werden sollten.

Positiv aus Sicht des Grundwasserschutzes ist, dass insgesamt wenig Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe im Grundwasser festgestellt werden konnten. Ausser den Triazinen wurden bis auf eine Ausnahme (Mecoprop, Schwaderloch im Dezember 1999) keine weiteren Pflanzenschutzmittel in den Proben gefunden. Die Gründe dafür können vielfältig sein. Bodenbeschaffenheit und hydrogeologische Faktoren wie Flurabstand, Beschaffenheit des Grundwasserleiters oder Grundwassermächtigkeit spielen eine Rolle für Eintrag und Verhalten von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser. Mit unserer Versuchsanordnung, bei der un-

terschiedliche Bodenarten, Grundwasserleiter und Bewirtschaftungsformen berücksichtigt wurden, wurden diese verschiedenen Einflüsse abgedeckt. Einzige Variable bildete die Jahreszeit. Dennoch waren die meisten Pflanzenschutzmittel nicht nachweisbar.

Nach wie vor gehören die Triazine zu den problematischen Stoffen bei den Pflanzenschutzmitteln. Von 35 Proben der untersuchten Fassungen wiesen 17 (49%) einen Gehalt an Atrazin von mehr als 0,1 µg/l auf und überschritten damit den Toleranzwert für Trinkwasser. Beim Abbauprodukt von Atrazin, Desethylatrazin, waren es bei 35 Proben, 11 Toleranzwertüberschreitungen (30%) und bei Metribuzin 2 (6%).

Auf die Probleme mit den Triazinen – hohe Mobilität und schlechte Abbaubarkeit – wurde in der Vergangenheit bereits reagiert: Auf Bahnanlagen ist die Unkrautbekämpfung mit Triazin seit 1988 verboten, in Karstgebieten ist mit der Änderung der Pflanzenschutzmittelverordnung seit 1999 der Einsatz von Triazinen untersagt; die Aufwandmengen wurden reduziert, der Anwendungszeitpunkt verkürzt und der Einsatz auf bestimmte Kulturen beschränkt. Unsere Resultate bestätigen, dass die Absicht der Vollzugsbehörde, an Stelle von Triazinen Ersatzprodukte zu verlangen, in die richtige Richtung weist.

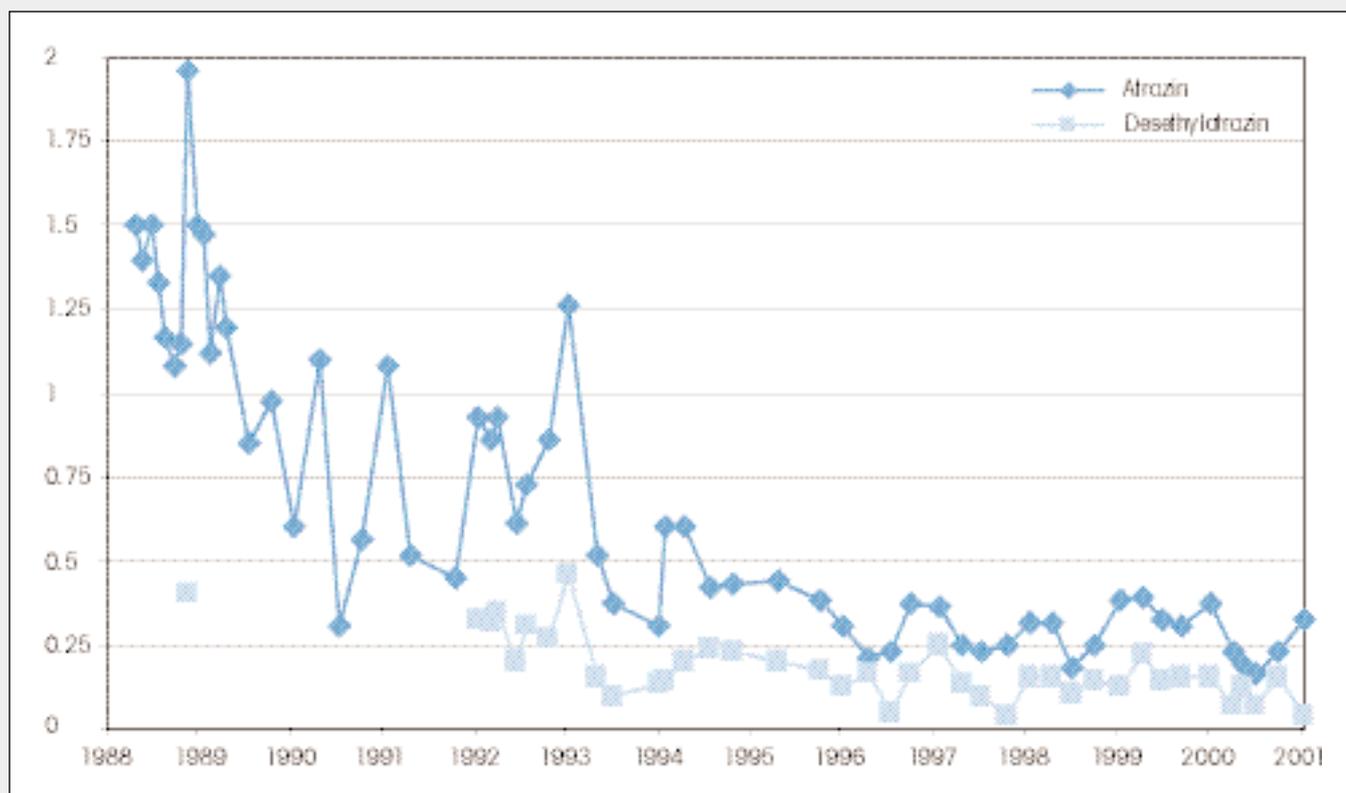


Abb. 5.1: Gehalte an Atrazin und Desethylatrazin (in µg/l) im Trinkwasser der Grundwasserfassung «Rheinacker» in Rekingen

Es ist zu erwarten, dass die Atrazingehalte im Grundwasser in Zukunft rückläufig sein werden [BUWAL 1993], die Gehalte des Abbauprodukts Desethylatrazin aber eher zunehmen werden. Atrazin kann an der Bodenmatrix anlagern und Depots bilden. Dies führt dazu, dass Atrazin weiterhin ins Grundwasser gelangt, auch wenn es nicht mehr eingesetzt wird. In der vorseitigen Abbildung ist als Beispiel der Atrazin- und Desethylatrazingehalt früherer Messungen der Grundwasserfassung «Rheinacker» in Rekingen dargestellt. Regelmässige Messungen von Desethylatrazin sind erst seit 1992 vorhanden.

Überraschend ist, dass das sehr häufig eingesetzte Pflanzenschutzmittel Glyphosat, das mit dem zunehmenden Einsatz von pfluglosen Anbauverfahren (z. B. Direktsaat) und mit dem Verbot von Atrazinen zur Behandlung von Gleisanlagen immer häufiger verwendet wird, und dessen Abbauprodukt AMPA nie festgestellt werden konnte. Auch das Herbizid Isoproturon, das seit 20 Jahren sehr häufig im Getreidebau zur Anwendung kommt, konnte im Grundwasser nicht nachgewiesen werden. Die Resultate bestätigen die Ergebnisse früherer Untersuchungen des Kantonalen Laboratoriums des Kantons Aargau, bei denen Glypho-

Auf Grund der Ergebnisse dieser Untersuchung ziehen wir folgendes Fazit:

- Von den untersuchten Pflanzenschutzmitteln konnten nur wenige festgestellt werden.
- Die Triazine sind nach wie vor problematische Pflanzenschutzmittel.
- Die Mehrzahl der Landwirte geht sorgfältig mit Pflanzenschutzmitteln um.

5.1 Weiteres Vorgehen

In Zukunft muss die Beobachtung des Grundwassers in Bezug auf Pflanzenschutzmittel weitergeführt werden. Sinnvoll wäre ein Monitoringprogramm an ausgewählten Fassungen, die periodisch beprobt werden. Dabei sollte der Fokus nicht wie bisher nur auf Triazine gerichtet sein, sondern es sollten weitere, häufig eingesetzte Pflanzenschutzmittel in die Beobachtung mit einbezogen werden. Mit einem Überwachungsprogramm könnten Entwicklungen festgestellt werden, deren Resultate bei Bedarf für einzelne Pflanzenschutzmittel vertieft werden könnten.



Foto: Stefan Binder

sat ebenfalls nie festgestellt werden konnte. In Untersuchungen anderer Kantone wurden Toleranzwertüberschreitungen von Glyphosat und IPU hingegen festgestellt [BUWAL 1993].

Wir gehen davon aus, dass dieses positive Resultat auch darauf zurückzuführen ist, dass die Mehrzahl der Landwirte mit Pflanzenschutzmitteln sorgfältig umgehen und die Einsatzmengen auf den tatsächlichen Bedarf abstimmen.

Gefordert dabei sind nicht nur die kantonalen Behörden, sondern auch die regionalen und kommunalen Wasserversorgungen, die als Abgeber von Trinkwasser für die Qualität ihres Produktes verantwortlich sind.

Das Kantonale Laboratorium wird wie bisher die Trinkwasserfassungen, in denen Triazin-Konzentrationen über dem Toleranzwert festgestellt wurden, regelmässig beproben. Zu einem späteren Zeitpunkt (z. B. in vier Jahren) soll das Grund- beziehungsweise Trinkwasser mit einer gross angelegten Untersuchung auf weitere Pflanzenschutzmittel untersucht werden.

6 Literatur

BUWAL 1993. Situation der Trinkwasserversorgung, Schriftenreihe Umwelt Nr. 212, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 128 S.

BUWAL, 1989. Fachtagung «Atrazin in der Umwelt», Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 109, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, Bern. 90 S.

FAW, 2000. Pflanzenschutzmittelverzeichnis 2000, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau und Bundesamt für Landwirtschaft, Internet.

KANTON AARGAU, «Umwelt Aargau» Nr. 5, 1999. Neue Vorschriften bei der Verwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln, Abteilung Umweltschutz, Aarau.

KANTON AARGAU, «Umwelt Aargau» Nr. 10, 2000. Verbesserter Schutz des Karstgrundwassers, Abteilung Umweltschutz, Aarau.

LBL 2000. Pflanzenschutzmittel im Feldbau, Fachstelle für Pflanzenschutz und Ökologie Arenenberg und Kantonale Zentralstelle für Pflanzenschutz LIB-Strickhof, Separatdruck aus «Thurgauer Bauer» vom 11.2.2000, Lindau. 80 S.

MILDE, G., MÜLLER-WEGENER U., 1989. Pflanzenschutzmittel im Grundwasser, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart und New York. 702 S.

MULL R., NORDMEYER H., 1995. Pflanzenschutzmittel im Grundwasser; Springer-Verlag, Berlin. 196 S.

RCC, 2000. Mündliche Mitteilung RCC Ltd., Itingen.

UVEK, 1999. Verbot von Pflanzenbehandlungsmitteln in der Nähe von Trinkwasserfassungen (Medienmitteilung), Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.



Foto: Stefan Binder

Anhang

Anhang 1 Wiederfindung

Als Mass für den Fehler der Analysen, also als Mass für die Genauigkeit der Messungen, gilt gemäss dem analysierenden Labor die Wiederfindungsrate. Liegt diese zwischen 70 und 110%, kann die Messung als genau bezeichnet werden [RCC 2000].

Als Grundlage für die Wiederfindung dienen einerseits die wiedergefundenen Anteile der aufgestockten Wirkstoffe, andererseits die vom Labor angegebenen Wiederfindungen, die es auf Grund eigener Eichmessungen angegeben hat.

Tabelle A1.1: Wiederfindungsraten der Aufstockung für die untersuchten Wirkstoffe (in %)

| Wirkstoff | Aug 99 | Dez 99 | Feb 00 | Jun 00 | Durchschnittliche Wiederfindungsrate |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------|
| Glyphosat | 65,2 | 71,4 | 40,4 | 75,0 | 63,0 |
| Mecoprop | 70,0 | 107,7 | 104,5 | 86,7 | 92,2 |
| MCPA | 90,0 | 101,5 | 128,6 | 95,5 | 103,9 |
| Atrazin | 70,0 | 373,1 | 161,8 | 90,0 | 173,7 |
| Desethylatrazin | 80,0 | 119,4 | 115,9 | 133,3 | 112,2 |
| Isoproturon | 80,0 | 73,5 | 102,9 | – | 85,5 |
| Thifensulfuron-methyl | 54,6 | 71,4 | 76,1 | 64,6 | 66,7 |

–: keine Messung

Tabelle A1.2: Wiederfindungsraten nach Angaben des Labors für ausgewählte Wirkstoffe (in %)

| Wirkstoff | Aug 99 | Dez 99 | Feb 00 | Jun 00 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Glyphosat | 98 | – | 84 | 81 |
| Atrazin | – | 94 | 124 | – |
| Desethylatrazin | – | 115 | 105 | – |
| Isoproturon | 87 | 103 | 107 | – |
| Thifensulfuron-methyl | 99 | 83 | 87 | 95 |

–: keine Messung

Bei den Wiederfindungsraten erstaunen bei einigen Wirkstoffen zum einen die grosse Streuung, zum anderen die teilweise hohen Abweichungen vom Idealwert (70 bis 110%). Gerade für Atrazin, dessen Analytik sich bereits seit langem bewährt, streuen die Wiederfindungsraten stark (von 70 bis 373%).

Zu beachten gilt, dass bei Spurenanalytik, wie sie hier vorliegt, Grössen im Bereich von millionstel Gramm (μg) gemessen werden und die Konzentrationen alle in derselben Grössenordnung liegen. Die Wiederfindungsraten von Atrazin und Glyphosat weichen teilweise von den Kriterien einer zuverlässigen Messung ab und sind deshalb vorsichtig zu interpretieren. Die übrigen Messungen decken sich mit unseren Erwartungen bezüglich Genauigkeit und sind nicht weiter auffällig.

Anhang 2

Erhebung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel

Beispiel für eine Erhebung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel (anonymisiert).

Gemeinde Y

Herbst: Herbstbehandlung in Hauptkultur des nächsten Jahres

| analysierte Wirkstoffe | 2000 | | 1999 | | 1998 | |
|-------------------------------------|--------|---|--------|---|--------|---|
| | Herbst | | Herbst | | Herbst | |
| Atrazin | | X | | X | | X |
| Isoproturon | X | X | X | X | X | X |
| Metribuzin | | X | | | | |
| Diflufenican | | X | X | X | X | X |
| Dicamba | | | | O | | |
| MCPA | | O | | | | |
| MCPB | | O | | | | |
| MCPP | | X | | X | | X |
| 2,4-D | O | O | | O | | |
| Amidosulfuron | | O | | X | | X |
| Thifensulfuron-methyl | | O | | X | | |
| Glyphosat | | | X | | | |
| nicht analysierte Wirkstoffe | | | | | | |
| Bromoxynil | X | X | | X | | X |
| Butralin | | | | X | | |
| Clomazone | | | X | | X | |
| Dinoseb | | X | | | | |
| Ethofumesate | | | | | | X |
| Fluroxypyr | | | | X | | X |
| Ioxynil | X | X | | X | | X |
| Metamitron | | | | X | | X |
| Metazachlor | | | X | | X | |
| Metolachlor | | X | | X | | X |
| Metsulfuron | | | | X | | |
| Monolinuron | | | | X | | |
| Pendimethalin | | X | | X | | X |
| Phenmedipham | | | | X | | X |
| Pyridate | X | | | | | |
| Sulcotrione | | X | | X | | |

o: in der ganzen Schutzzone «X» (Gemeinde Y) von 1998 bis 2000 nicht eingesetzt, im Einzugsgebiet hingegen schon

x: im Einzugsgebiet verwendet.