Der Grundwasserstrom Kaltenstein

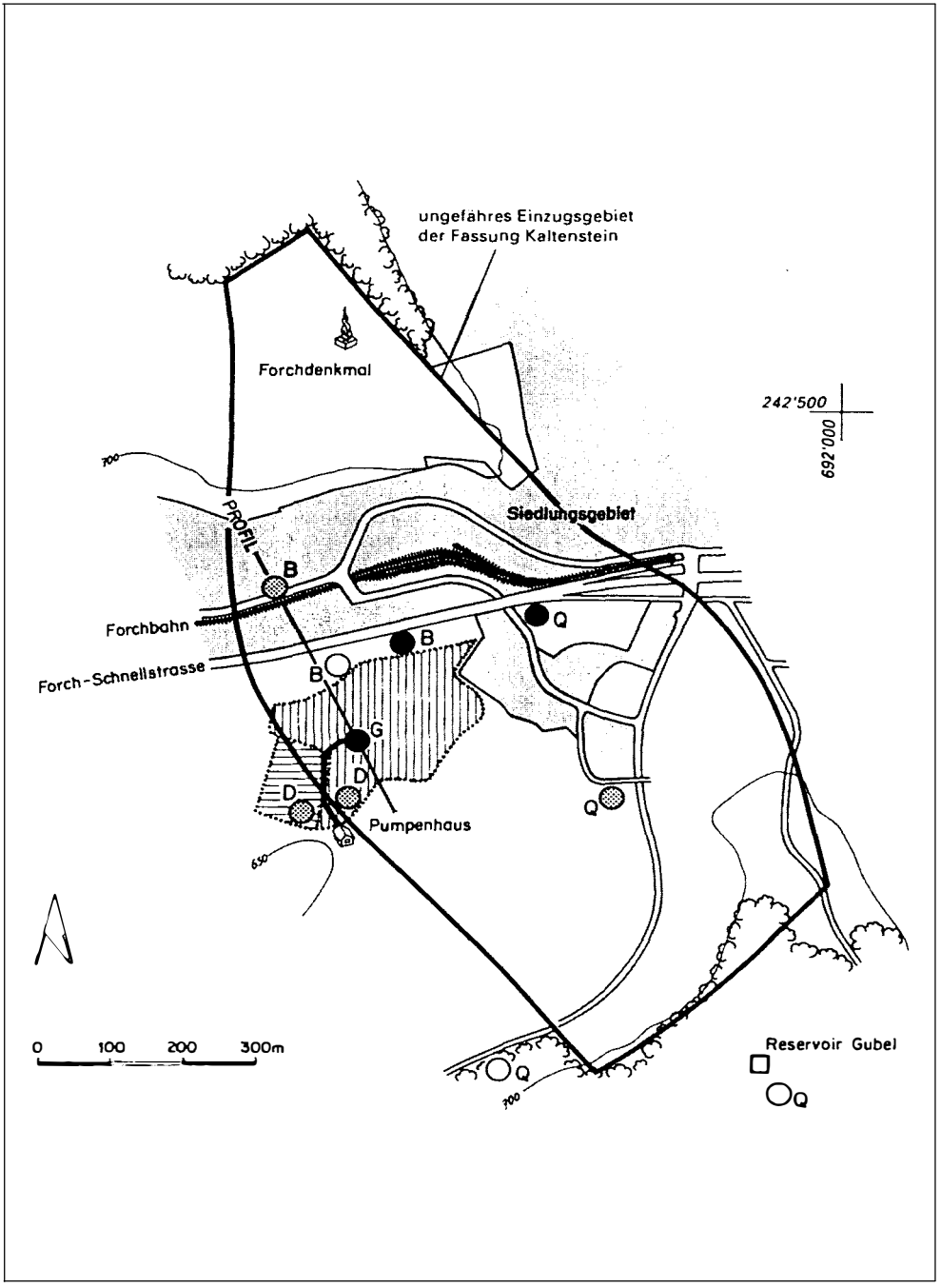
Einleitung

In Küsnacht werden pro Kopf täglich rund 380 Liter Wasser verbraucht. Das aus dem Hahnen sprudelnde Trinkwasser findet dabei nur zum kleinsten Teil als Lebensmittel Verwendung, nur rund 24 Liter werden zum Trinken und in der Küche benutzt. Zumeist dient es zur Körperpflege, zum Waschen, zur Toilettenspülung und zur Bewässerung. Die Gemeinde Küsnacht sichert ihren Wasserbedarf zu drei Vierteln durch ein modernes Werk, das Wasser aus dem Zürichsee zu Trinkwasser aufbereitet. Ein Viertel kommt aus zahlreichen ergiebigen Quell- und Grundwasserfassungen, wo das in den Erdschichten zirkulierende Grundwasser gefasst und dem Versorgungsnetz zugeleitet wird. Auf die ganze Schweiz bezogen, deckt die Nutzung von Grund- und Quellwasser sogar rund 80% des Bedarfs der öffentlichen Wasserversorgungen. Mit strengen Kontrollen stellen die Kantonslaboratorien sicher, dass nur einwandfreies Trinkwasser an die Bevölkerung abgegeben wird.

Die Wasserversorgung von Küsnacht stützt sich seit 1934 auch auf das Grundwasser in der Mulde von Kaltenstein. Dieser kleine Grundwasserstrom auf dem Küsnachter Berg ist seit einigen Jahren in Fachkreisen weitherum bekannt geworden. Das kam so:

Im Herbst 1988 stellte das Kantonale Labor Zürich in Wasserproben der Grundwasserfassung Kaltenstein hohe Gehalte an Atrazin fest. Mit etwa 20 Millionstel Gramm pro Liter wurde der Toleranzwert von 0,1 Millionstel Gramm pro Liter für Pflanzenschutzmittelrückstände um das 200fache überschritten. Darum musste die Gemeinde Küsnacht die Nutzung dieses Grundwasservorkommens einstellen. Darüber wurde an einer Bevölkerungsorientierung im Küsnachter Berg und in der Presse ausführlich berichtet. Seither sind die Konzentrationen zwar stark gesunken, liegen aber immer noch über dem sehr niedrigen Toleranzwert für Trinkwasser. Das Wasser darf deshalb noch nicht ins Netz eingespeist werden. Sehr schade, könnte doch alleine dieses mit durchschnittlich 93 l/min nach dem Heberprinzip, also ohne Energieaufwand, an die Oberfläche geförderte Grundwasser den Wasserbedarf von 350 Einwohnern decken.

Kurz nach den Atrazinfunden nahmen, unter Leitung des Geologischen Büros Dr. von Moos AG Zürich, der Kanton Zürich (AWEL, Kantonslabor, Zentralstelle für Pflanzenschutz), die Gemeinde Küsnacht und die Firma Novartis AG Basel (damals Ciba-Geigy AG, Hauptherstellerin von Atrazin) umfangreiche Untersuchungen auf mit dem Ziel, die Herkunft des Atrazins im Grundwasser abzuklären. Schon bald zeigte sich, dass die – damals gesetzeskonforme – Anwendung des Produktes zur Unkrautbekämpfung im Bahnunterhalt zu den hohen Rückständen führt. Anders als in landwirtschaftlich genutzten Böden wird nämlich Atrazin im wenig belebten Gleisunterbau nur langsam abgebaut und versickernder Regen kann die Rückstände von Atrazin ins Grundwasser auswaschen. Ähnliches Verhalten zeigen auch Ersatzprodukte. Mit der Forchbahn AG konnten einvernehmliche Lösungen zur



Figur 1: Einzugsgebiet der Fassung Kaltenstein (stark vereinfacht) mit Fassung, Begrenzung des hydrologischen Einzugsgebietes und dem drainierten Gebiet in der Kaltensteiner Mulde. Schematisch dargestellt sind auch die Probenahmestellen im Untersuchungsgebiet (Q: Quellfassung, G: Grundwasserfassung Kaltenstein, B: als Messstelle ausgebaute Bohrung) mit den aktuellen Atrazingehalten im Grundwasser (ausgefülltes Symbol: Toleranzwert überschritten; gerastert: Atrazin-Spuren unterhalb Toleranzwert, leeres Symbol: Atrazin nicht nachweisbar).

Die flache Beckenlandschaft zwischen Forch und dem bewaldeten Pfannenstielrücken bildet die Grundlage für die Gewinnung von sehr reichlich fliessendem Grundwasser. Seit der Entdeckung einer massiven Verunreinigung durch Atrazin kann dieses ausgezeichnete Wasservorkommen seit 1988 nicht mehr genutzt werden. In der Bildmitte das kleine Pumpenhaus. Foto: A. Egli

Vermeidung zukünftiger Grundwasserverschmutzungen gefunden werden. Obwohl noch keine rechtskräftigen Schutzzonen für die Grundwasserfassung Kaltenstein ausgeschieden sind, verzichtet die Bahn, abgesehen von anfänglichen Versuchen mit Ersatzprodukten, seither auf chemische Unkrautbekämpfung im kritischen Bereich der Bahnstrecke. Auch die ansässigen Landwirte haben im Gebiet Kaltenstein kein Atrazin mehr verwendet.
Über die Ermittlung der Ursachen hinaus konnten im Rahmen der Untersuchungen auch Erkenntnisse über den landwirtschaftlichen Einsatz von Herbiziden gewonnen werden, die dazu beigetragen haben, die Anwendungsempfehlungen zu verbessern.
Die folgenden Abschnitte vermitteln zusätzliche Informationen über den Wirkstoff Atrazin, die Bedeutung der verschiedenen Toleranz- und Grenzwerte, die Untersuchungen im Küsnachter Berg und die Resultate nach zehnjähriger Beobachtungszeit. Den Abschluss bildet ein Ausblick auf den Modellcharakter des Grundwasserstroms Kaltenstein und die Bedeutung von Grundwasserschutzzonen.

Der Wirkstoff Atrazin

1958 wurde durch die J.R. GEIGY AG der Wirkstoff Atrazin auf den Markt gebracht. In den folgenden Jahrzehnten fand dieser Stoff in verschiedenen Produkten zur Unkrautbekämpfung weltweit erfolgreiche und zunehmende Verwendung,

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

insbesondere im Bahnbetrieb und in der Landwirtschaft. Nach Schätzungen betrug der Verbrauch 1986 in der Schweiz rund 120 Tonnen. Seither hat sich der Verbrauch auf weniger als die Hälfte reduziert, als Folge der zielgerichteteren Anwendungen und der Beschränkung auf den Einsatz in der Landwirtschaft.
Atrazin ist ein Vertreter der Klasse der Triazine, sein genauer chemischer Name ist 6-Chlor-N-ethyl-N'-isopropyl-1,3,5-triazin-2,4-diamin. Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass Atrazin, vorschriftsmässig verwendet, ungiftig ist, sowohl für Menschen als auch für Tiere. Seine Wirkung beschränkt sich auf Pflanzen. Im belebten Boden wird Atrazin recht gut an die Bodenteilchen fixiert und abgebaut, so dass nach einigen Monaten keine nennenswerten Rückstände mehr vorhanden sind[1]. Starke Regenfälle kurz nach der Ausbringung können aber bewirken, dass kleine Mengen von Atrazin in tiefere Bodenschichten ausgewaschen werden, von wo Anteile bis ins Grundwasser gelangen können. In nicht oder wenig belebtem Boden, wie er beispielsweise im Gleisunterbau vorliegt, ist das Rückhaltevermögen geringer und der Abbau langsamer; dementsprechend steigt hier das Risiko einer Verfrachtung ins Grundwasser.
In den siebziger und achtziger Jahren haben die Chemiker analytische Methoden entwickelt, die gestatten, Spuren von Atrazin (und anderen Pflanzenschutzmitteln) von bis zu einem Milliardstel Gramm pro Liter Wasser nachzuweisen[2].
Die Analytik in diesem tiefen Spurenbereich erfordert grosse Erfahrung und Sachkenntnis. Sehr leicht werden falsche Resultate erhalten, sei es, dass scheinbare Rückstände gefunden werden, wo keine vorhanden sind, sei es, dass tatsächlich vorhandene Rückstände nicht erfasst werden. Zudem ist die Bestimmung von solchen Spuren unvermeidlicherweise recht ungenau: Unsicherheiten von ± 20% sind normal, von ± 50% nicht aussergewöhnlich, insbesondere beim Vergleich von Werten aus verschiedenen Labors. Die Interpretation der Resultate muss diesem Umstand Rechnung tragen und hat dementsprechend mit kritischer Vorsicht und Sachkenntnis zu erfolgen.

Toleranzwerte – Grenzwerte

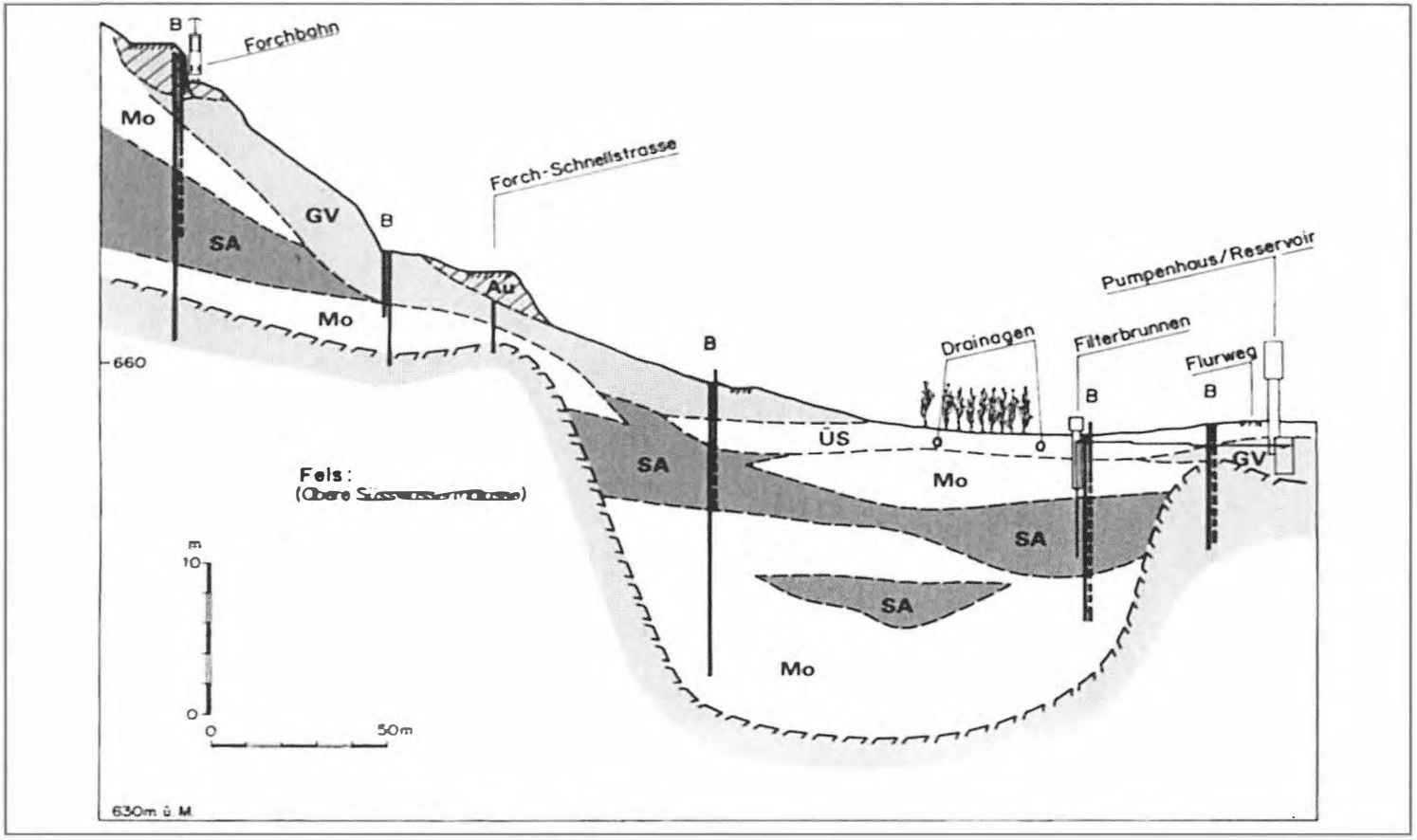
Pflanzenschutzmittel (Herbizide, Insektizide, Fungizide und ähnliche Produkte) werden vor ihrer Zulassung eingehend untersucht, insbesondere auch auf ihre Giftigkeit bei einmaliger Aufnahme grösserer Mengen sowie bei dauernder Aufnahme

---

[1] Der Abbau erfolgt vor allem durch biologische Prozesse und führt über dealkylierte und Hydroxymetaboliten zur natürlich vorkommenden Cyanursäure, die schliesslich mineralisiert wird. Ein Teil der Metaboliten (d. h. Abbauprodukte) wird in die organische Bodenmasse eingebaut. Die Halbwertszeit von Atrazin in belebtem Boden beträgt 30 bis 60 Tage.

---

[2] Die Nachweismethoden beruhen meistens auf Anreicherungsschritten, gefolgt von solchen zur Abtrennung von Begleitstoffen zumeist natürlicher Herkunft. Die quantitative Bestimmung erfolgt mittels Gas- oder Flüssigchromatographie mit geeigneten Detektoren, heute vorzugsweise Massenspektrometer.



Figur 2: Hydrogeologisches Profil durch die Mulde von Kaltenstein (fünffach überhöht, zur Lage des Profils vgl. Figur 1); gerastert sind Grundwasser führende Schichten (Gehängelehm und Verwitterungsschutt, Molassefels, eiszeitliche Schmelzwasserablagerungen), weiss sind die für das Grundwasser praktisch undurchlässigen Schichten (Moräne, Überschwemmungs- und Sumpfablagerungen). B: Sondierbohrungen.

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

kleinster Spuren. In den umfangreichen Langzeituntersuchungen mit Atrazin konnten die Toxikologen keine Wirkung beobachten nach Aufnahme von Mengen, die einer Konzentration von 15 Milligramm Atrazin pro Liter Trinkwasser bei lebenslanger Aufnahme entsprechen würden. Dieser Wert hat also die Bedeutung 3 einer experimentellen «Wirkungsschwelle»[3].

Verschiedene Länder legen aufgrund dieser toxikologischen Wirkungsschwelle und unter Berücksichtigung von grossen Sicherheitsfaktoren Grenzwerte für Rückstände von Pflanzenschutzmitteln fest. Diese Grenzwerte liegen für Atrazin zwischen 2 Millionstel Gramm pro Liter (Sicherheitsfaktor 7'500, das heisst 7'500 Mal weniger als die Wirkungsschwelle) und 20 Millionstel Gramm pro Liter (Sicherheitsfaktor 750). Eine Zusammenstellung verschiedener Grenzwerte findet sich in Tabelle 1.

In der Europäischen Union liegt der Grenzwert für alle Pflanzenschutzmittel, unbesehen ihrer toxikologischen Eigenschaften und Wirksamkeit, bei 0,1 Millionstel Gramm pro Liter, das heisst für Atrazin also 150 000 Mal tiefer als die Wirkungsschwelle. Dieser sehr tiefe Wert ist nicht toxikologisch begründet, sondern orientiert sich an den tiefsten analytischen Erfassungsgrenzen in den achtziger Jahren. Er ist also ein «Quasi-Nullwert» und damit Ausdruck des politischen Willens, dass Rückstände von Pflanzenschutzmitteln im Trinkwasser überhaupt nicht vorkommen dürfen.

In der Schweiz wurden keine Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel festgelegt, sondern ein für alle Pflanzenschutzmittel gültiger «Toleranzwert» von 0.1 Millionstel Gramm pro Liter. Im Falle eines Überschreitens sind die Behörden zu Verbesserungsmassnahmen verpflichtet. Diese können bis zur Ausserbetriebnahme einer Wasserversorgungsanlage führen. Toleranzwerte sind also flexibler und erlauben ein angemessenes Handeln im Rahmen der Vorsorgepolitik der schweizerischen Behörden.

	Konzentration in Millionstel Gramm pro Liter	Faktor unter Wirkungsschwelle
Wirkungsschwelle	15 000	–
Grenzwert Australien	20	750
Grenzwert USA	3	5 000
Empfohlener Wert WHO[4]	2	7 500
Grenzwert Europa	0,1	150 000
Toleranzwert Schweiz	0,1	150 000
Höchste Werte Kaltenstein	18–20	750–850
Aktuelle Werte (1999) Kaltenstein	0,3–0,7	20 000–50 000

Tabelle 1: Atrazinkonzentrationen in Kaltenstein und die verschiedenen Grenzwerte.

[3] Der NOEL (No observable effects level) für lebenslange Einnahme ist 0,5 mg pro Kilogramm Körpergewicht und Tag. Annahme eines Körpergewichts von 60 kg und eine Aufnahme von täglich 2 Liter Wasser ergeben die angegebene Wirkungsschwelle von 15 mg Atrazin im Liter Wasser.

[4] WHO = Weltgesundheitsorganisation

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

Blick vom Weiler Wangen über die unterhalb der Forch gelegene wasserreiche Mulde von Kaltenstein. Foto: A. Egli

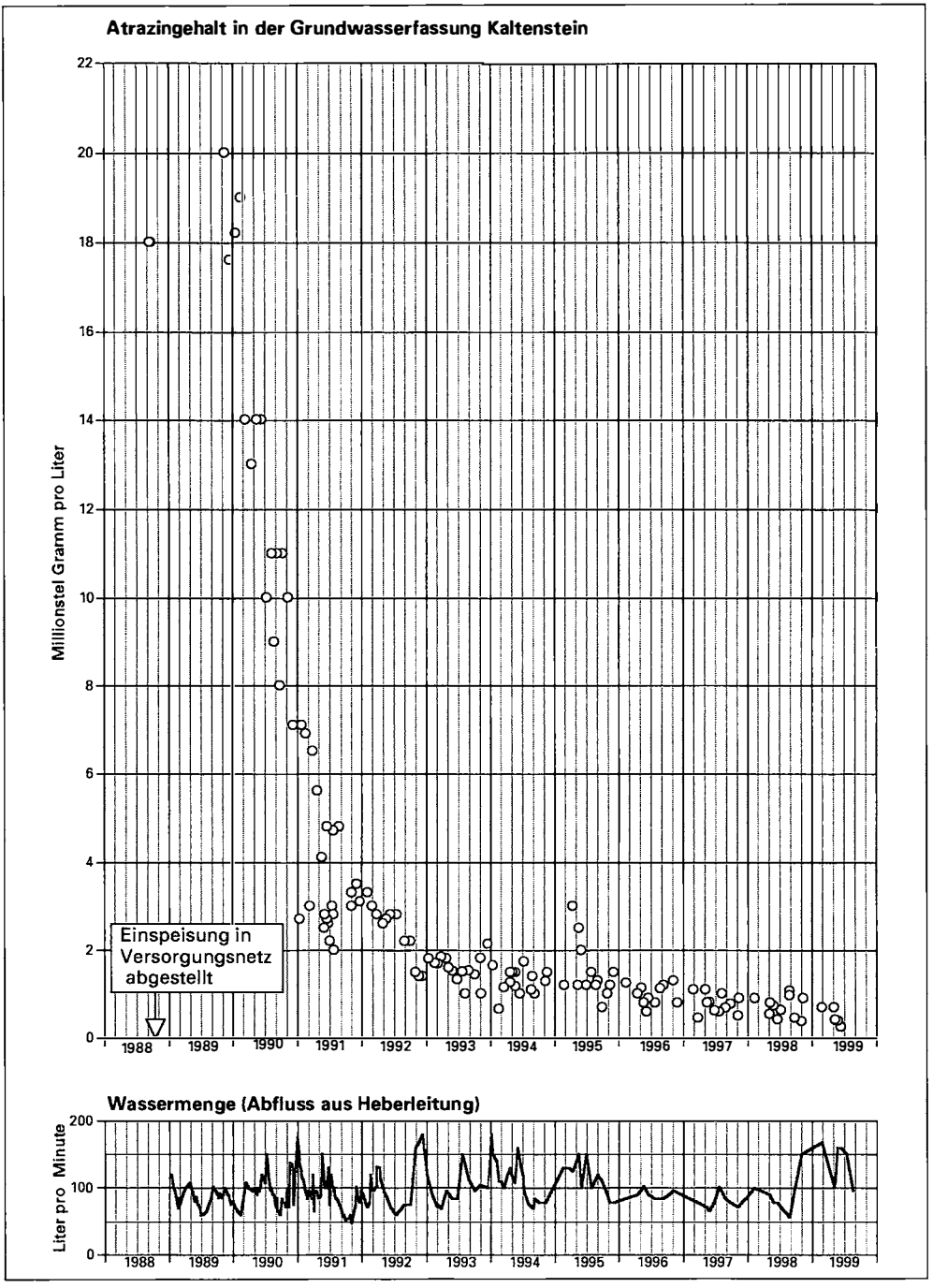
Die Zusammenstellung in Tabelle 1 zeigt in einem Vergleich, wie weit unterhalb der Wirkungsschwelle die festgelegten Grenz- und Richtwerte liegen, welch grosse Sicherheitsfaktoren also enthalten sind. Zudem wird deutlich, dass die Küsnachter Bevölkerung nie einem gesundheitlichen Risiko ausgesetzt war, auch in jener Zeit nicht, als die Verunreinigung des Kaltensteiner Grundwassers mit Atrazin festgestellt und die Einspeisung ins Versorgungsnetz geschlossen wurde.

Die Untersuchungen

Seit 1988 laufen Untersuchungen im Einzugsgebiet des Grundwasservorkommens Kaltenstein: Anfänglich stand die Abklärung der Ursache für die Atrazinbelastung im Vordergrund, später war das Hauptziel, die Konzentrationen im Grundwasser zu beobachten. Der Komplexität der Aufgabe entsprechend kamen und kommen folgende verschiedenen Techniken zum Einsatz:

- Kernbohrungen (gegen 20 m tief) zur Gewinnung von Bodenproben und zur Einrichtung von Messstellen im Grundwasser.
- Färbversuche zur Überprüfung von Fliesswegen und -geschwindigkeiten im Grundwasser.
- Chemische Analytik zur Bestimmung von Pflanzenschutzmitteln und ihren Abbauprodukten im Boden, im Grund- und Quellwasser sowie im Wasser von Drainagen.
- Chemische Analytik zur Bestimmung des Mineralgehalts im Grund- und Quellwasser.

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch



Figur 3: Ganglinie des Gehalts an Atrazin in der Grundwasserfassung Kaltenstein 1988–1999 (Analysenwerte des Kantonalen Labors, Zürich, und der Novartis AG, Basel). Das Grundwasser fliesst aus der Heberleitung frei aus (ohne Pumpen), bei einem mittleren Abfluss von 93 Litern pro Minute. Die Ergiebigkeit hängt mit der Lage des Grundwasserspiegels zusammen, dieser reagiert auf die Niederschläge.

- Auswertung von Niederschlägen bezüglich Einfluss auf Grundwasserspiegellage, Quellerträge und Abfluss aus Drainagen.
- Erhebungen über den Einsatz von atrazinhaltigen Produkten und anderen Pflanzenschutzmitteln.

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchungen in den letzten zehn Jahren mehr als 600 Wasserproben analysiert. Die Messungen erfolgten nicht nur an verschiedenen Stellen im Quell- und Grundwasser selbst, sondern auch direkt unter den Äckern und Wiesen in Sammelschächten des feinverästelten Drainagesystems. Dank der Bereitschaft der ansässigen Landwirte, bei der Untersuchung mitzuarbeiten, flossen sehr wertvolle Informationen über den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und andere lokale landwirtschaftliche Aspekte ein. Zudem konnten Ersatzprodukte für Atrazin unter kontrollierten Bedingungen eingesetzt und ihr Auswaschverhalten unter Praxisbedingungen beobachtet werden.
So konnte ein detailliertes Bild der hydrogeologischen Rahmenbedingungen gewonnen, die Herkunft des Atrazins ermittelt und konnten die Prozesse seiner Verfrachtung ins Grundwasser erhellt werden. Gleichzeitig wurden auch die Erkenntnisse über das Auswaschverhalten unter realistischen Bedingungen bedeutend erweitert.

Der Grundwasserstrom Kaltenstein

In einer von Südwest nach Nordost streichenden sanften Mulde auf dem Küsnachter Berg liegt auf rund 655 m über Meer das Grundwasser-Pumpwerk Kaltenstein. Hier wird seit 1934 Trinkwasser durch einen Vertikalfilterbrunnen mit nachgeschalteter Heberleitung[5] aus einem lokalen Grundwasservorkommen gefördert. An der nördlichen Talflanke befinden sich (im Abstand zwischen 150 und 400 m zur Fassung) die kantonale Forch-Schnellstrasse, die Trasse der Forchbahn sowie Teile der Ortschaft Forch. Die Mulde von Kaltenstein und das Gebiet um das Forchdenkmal sind landwirtschaftlich genutzt. Eine vereinfachte Darstellung des rund 1 km^2 grossen Einzugsgebietes der Fassung Kaltenstein gibt Figur 1.
Das Einzugsgebiet wird im Norden durch die Wasserscheide des Pfannenstielrückens begrenzt, welche in rund 600 m Entfernung zur Fassung in einem NW-SSO geschwungenen Bogen die Täler des Greifen- und des Zürichsees voneinander trennt. Auf den seitlichen Talflanken der Mulde von Kaltenstein liegt der Fels (Obere Süsswassermolasse) meist nur unter einer dünnen Decke von verwittertem Fels, Hangschutt oder aufgeweichter Moräne. An der Nordflanke wurde er stellenweise durch künstliche Eingriffe angeschnitten und blossgelegt, insbesondere im Bereich der kantonalen Forch-Schnellstrasse sowie der Forchbahn.
Die Felsoberfläche im Gebiet des Küsnachter Berges weist ein ausgeprägtes, vom würmeiszeitlichen Rhein-Linthgletscher überformtes Relief auf, was im geologischen Profil in Figur 2 schön zu sehen ist. Auf dem alten Felsrelief liegen Gletscherablagerungen, d.h. Moränen, die in die Rinnen und Linsen von grundwasser-

[5] Durch dieses geschlossene Leitungssystem fliesst das Wasser, ohne dass Pumpen nötig sind, in die tiefer gelegene Wasserfassung.

führenden Schmelzwassersedimenten eingeschaltet sind. Bedeckt wird der Grundwasserleiter von schlecht durchlässiger Moräne und nacheiszeitlichen Überschwemmungs- und Sumpfablagerungen. Er steht jedoch randlich mit dem geklüfteten Molassefels in hydrologischer Verbindung. Das ganze Gebiet der zu Vernässungen neigenden, schlecht durchlässigen Deckschichten in der Kaltensteiner Mulde wurde um 1920 drainiert.
Das durch die Heberleitung der Fassung Kaltenstein fliessende Wasser weist – bei einem mittleren Flurabstand des Grundwassers in Fassungsnähe von ca. 4 m – eine relativ ausgeglichene Durchschnittstemperatur von 11 °C auf. Das Grundwasser reagiert jedoch in seinen Druckspiegelschwankungen schnell und stark auf Niederschläge. In gedämpfter Form paust sich – dank dem Heberprinzip – die Druckveränderung auch auf den Abfluss aus der Heberleitung, d.h. die «geförderte» Grundwassermenge, durch. Basierend auf hydrologischen Untersuchungen sowie ergänzend angesetzten Markierversuchen ergibt sich eine Hauptzuflussrichtung zum Vertikalfilterbrunnen aus der Achse der Mulde von Kaltenstein, wobei auch Zuflüsse von Hangwasser aus nordwestlicher Richtung sowie von Kluftwasser aus dem Molassefels nachgewiesen sind. Wie bei der vorherrschenden Geologie zu erwarten ist, sprudelt aus dem Vertikalfilterbrunnen ein hartes Grundwasser[6], an dem leider auch eine menschliche Beeinflussung bemerkbar ist (z.B. Düngung, Tausalz, Herbizideinsatz). Was die Gesamtmineralisation anbetrifft, zeigt das Grundwasser Kaltenstein eine grosse Konstanz. Kleinere zeitliche Schwankungen treten – je nach Stoffeintrag – bei Chlorid und Nitrat auf.

Atrazingehalt im Grundwasser

Die Wasseranalysen aus verschiedenen Quellen, Bohrungen und Drainagen haben eindeutig gezeigt, dass die Hauptmenge von Atrazin von den Gleisanlagen her kommt. Eine eindrückliche Bestätigung hat dieser Schluss dadurch erfahren, dass in Bodenproben aus einer Kernbohrung Atrazin-Rückstände auch in vom Grundwasser durchflossenen Schichten (in Tiefen bis 12 m unter Terrain) nachgewiesen werden, selbst wenn die Deckschichten darüber frei von Atrazin sind. Es konnten sich demnach – zumindest bei den hier herrschenden Bedingungen (u.a. kleine Fliessgeschwindigkeiten) – lokal depotartige Anreicherungen bilden. Die Rückstände bewegen sich im Grundwasserleiter langsam fort, werden also ausgewaschen, wobei ständig Austauschreaktionen mit den Feinanteilen des Grundwasserträgers ablaufen.
Die seit 1988 regelmässig durchgeführten Analysen haben gezeigt, dass der Gehalt an Atrazin in den letzten zehn Jahren um 95 Prozent auf zur Zeit etwa 0.5 Millionstel Gramm pro Liter gesunken ist (vgl. Figur 3). Diese Abnahme ist sowohl auf die erwähnte Auswaschung des noch im Grundwasserleiter befindlichen Atrazins als auch auf dessen Abbau zurückzuführen. Ein Konzentrationsrückgang wird auch bei den Abbauprodukten des Atrazins (Desethylatrazin und Desisopropyl-

---

[6] Die hauptsächlich gelösten Mineralstoffe sind Calcium und Hydrogenkarbonat, der hydrochemische Typus ist Ca-Mg-HCO_3-Cl.

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch

atrazin) beobachtet. Dieser ist aber schwächer als für Atrazin selbst, was darauf zurückzuführen ist, dass Atrazin weiterhin abgebaut wird, Abbauprodukte also immer noch entstehen. Während die Abnahme anfänglich rasch war, verläuft sie heute nur noch langsam. Daraus lässt sich schliessen, dass die letzten Reste des noch im Untergrund vorhandenen Atrazins nur noch langsam ausgewaschen und abgebaut werden.
Die heutigen Konzentrationen liegen deutlich unter dem von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Atrazin empfohlenen Richtwert. Das Grundwasser darf aber noch nicht ins Trinkwassernetz eingespeist werden, weil die Konzentrationen noch immer über dem in der Schweiz geltenden Toleranzwert von 0.1 Millionstel Gramm pro Liter liegen.
Ersatzprodukte für Atrazin, die eine Zeit lang bei der Behandlung der Gleisanlagen eingesetzt wurden, traten ebenfalls im Grundwasser auf, was belegt, dass dafür nicht die Eigenschaften von Atrazin, sondern das geringe Rückhalte- und Abbauvermögen der Böden im Gleisbereich verantwortlich sind.

Ausblick

Der Grundwasserstrom Kaltenstein ist gut überschaubar und mittlerweile hydrogeologisch so gut erforscht, dass er für weitergehende Untersuchungen über das Auswaschverhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln unter Praxisbedingungen genutzt wird. Die Erkenntnisse, die sich daraus ergeben, sind nicht nur lokal für Küsnacht gültig. Sie sind von allgemeiner Bedeutung und daher geeignet, die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln so zu optimieren, dass sich daraus keine Beeinträchtigungen des Grundwassers mehr ergeben. Sie fliessen deshalb ein in die Beratung der Landwirte und in Anwendungsempfehlungen und -vorschriften.
Gestützt auf die in Kaltenstein (Gemeinde Küsnacht) und anderswo gemachten Erfahrungen wurden die Vorschriften für Atrazin und gleichartige Produkte so geändert, dass sie nur noch in der Landwirtschaft (nicht mehr auf Gleisen, Strassen, in Hausgärten) verwendet werden dürfen; des weiteren wurde die Aufwandmenge reduziert und der Einsatz auf Frühjahr/Frühsommer beschränkt. Dies hat generell zu einer deutlichen Abnahme der Rückstände im Grundwasser geführt. Weitere Anstrengungen sind nötig und im Gange; die Untersuchungen in Kaltenstein sind ein Teil davon.
Atrazin ist durch sein gehäuftes Auftreten im Grund- und Trinkwasser in Verruf gekommen. Wie gerade die Untersuchungen in Kaltenstein gezeigt haben, lag der Grund dafür in den früheren, nun verbesserten Anwendungsvorschriften. Die moderne Analytik erlaubt heute eine gute Kontrolle über die Einhaltung der Vorschriften, und die Fragen nach dem langfristigen Verhalten dieses Stoffes in der Umwelt können zunehmend erhellt werden. Die Untersuchungen belegen auch deutlich, dass allein durch das Umstellen auf ein anderes Produkt dem Problem einer Grundwasserbeeinträchtigung nicht wirksam begegnet werden kann. Dazu ist die Gesamtheit der massgebenden Faktoren (u. a. Anwendungstechnik, chemisch-physikalisches Verhalten der Wirkstoffe, hydrogeologisches Umfeld) in die Überlegungen mit einzubeziehen.

Das Gewässerschutzgesetz fordert seit 1971, dass für Quellen und Grundwasserfassungen nach hydrogeologischen Kriterien Schutzzonen ausgeschieden werden müssen. Der rechtliche Vollzug dieser Schutzzonenausscheidung ist in der Vergangenheit leider nur sehr langsam vorangeschritten, fehlten doch nach 20 Jahren gesamtschweizerisch immer noch für rund 45% des zur öffentlichen Trinkwasserversorgung genutzten Grundwassers rechtsgültige Schutzzonen. Auch in der Gemeinde Küsnacht ist die Schutzzonenausscheidung noch nicht abgeschlossen, wobei vielerorts bereits bestehende Nutzungskonflikte die Festsetzung erschweren (z. B. Einzugsgebiet bereits intensiv überbaut). Aus diesem Grund musste z. B. das Grundwasserpumpwerk Heslibach, welches lange Jahre als wichtiger Trinkwasserlieferant diente, ausser Betrieb genommen werden. Es dient heute nur noch als Reserve für die Notwasserversorgung.
Gerade das Beispiel des Grundwasserstroms Kaltenstein macht aber deutlich, dass herkömmliche Grundwasserschutzzonen allein nicht genügen, die Fassung vor den Gefährdungen durch gelöste Stoffe wirksam zu schützen. Sie erfüllen jedoch ihren primären Zweck eines Schutzes vor bakteriellen Verunreinigungen und verhindern schädigende Eingriffe in den fassungsnahen Grundwasserträger. Für einen wirksamen Schutz des Grundwassers zur Sicherstellung seiner zukünftigen Nutzung als Trinkwasser ohne aufwendige Aufbereitung sind weitere Anstrengungen nötig.
Die natürlichen Voraussetzungen für ein ergiebiges und gutes Grundwasservorkommen wurden über Jahrtausende geschaffen. Alle an der Nutzung eines Planungsgebietes interessierten Kreise, d. h. Behörden, Industrie, öffentlicher und privater Verkehr, Landwirte, Erholungssuchende etc., entscheiden heute gemeinsam darüber, ob diese natürliche Ressource auch in Zukunft als hochwertiges Trinkwasser genutzt werden kann.

Beat Rick, Hans Egli

Weitere Informationen auf www.ortsgeschichte-kuesnacht.ch