

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 88 (1990)

Heft: 3

Artikel: Erfolge mit der Düngerberatung und den Nitrat-Schutzonen

Autor: Baumann, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234319>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

mentation comme le Léman ne pourra se faire que de manière très lente et très partielle.

Enfin, et pour conclure, on peut affirmer que l'eau et les sédiments sont intimement liés dans les différentes phases d'érosion, de ruissellement, de transport et de sédimentation. Il y a interaction quasi-permanente entre l'eau et les sédiments au gré des changements physico-chimiques du milieu, de la roche mère au bassin de sédimentation et jusqu'au sein même des dépôts par l'intermédiaire de l'eau interstitielle.

Tchernobyl, specte et outil

Les essais nucléaires atmosphériques dans les années soixante, ainsi que la catastrophe nucléaire de Tchernobyl en 1986, sont les causes des pollutions les plus graves à l'échelle de la planète. En effet, les retombées radioactives provoquées par ces événements sont amenées au système lacustre soit directement par les apports atmosphériques, soit indirecte-

ment par les eaux de ruissellement et les eaux fluviales. Elles sont ensuite enregistrées dans les sédiments lacustres (figure 3). Nous leur devons cependant aujourd'hui de disposer d'un excellent outil de travail pour déterminer l'âge des sédiments récents: les éléments radioactifs (^{134}Cs , ^{137}Cs). Ces éléments artificiels, ainsi que les éléments naturellement radioactifs, (^7Be , ^{210}Pb , ^{234}Th) nous permettent également d'estimer l'importance de l'érosion des sols par les eaux de ruissellement, d'apprécier la cinétique des coagulations des particules dans l'eau et de calculer les taux de sédimentation des particules dans le bassin.

Eléments indissociables

Les sédiments sont un des vecteurs de transport préférentiel des éléments contaminants du fait de leur grande capacité d'ad- et d'absorption. Ils sont aussi la mémoire de l'histoire du bassin, tant au point de vue sédimentologique que géochimique, permettant de reconstituer la

chronologie des contaminations de l'eau et des changements climatiques. Ils sont de plus une zone de stockage temporaire de nombreux éléments et sont susceptibles, dans certaines conditions, de devenir une source interne de contamination et d'eutrophisation des eaux.

On est loin, comme on le voit, de la notion d'un sédiment inerte ne jouant que peu ou pas de rôle dans les problèmes d'environnement. L'eau, les sédiments, la flore et la faune sont autant d'éléments réactifs les uns avec les autres et leur dissociation n'est pas souhaitable.

Adresse des auteurs:
D. Arbouille et
J.-P. Vernet, professeur
Institut F.-A. Forel
Université de Genève
CH-1211 Genève

Erfolge mit der Düngerberatung und den Nitrat-Schutzzonen

P. Baumann

Der Artikel gibt einen Überblick über die Entstehung, den Kreislauf und die Wirkung der Nitrate und schildert die Entwicklung insbesondere im nördlichen Teil des Kantons Luzern: das Erkennen der Ursachen, die richtige Vorgehensweise, die Massnahmen zur Reduktion der Nitrate im Wasser und die ersten Erfolge.

L'article donne un aperçu sur la formation, la circulation et les effets des nitrates; il en décrit le développement, en particulier dans la partie nord du canton de Lucerne: la reconnaissance de l'origine, la méthode exacte à utiliser et les mesures à prendre pour la réduction des nitrates dans l'eau et les premiers succès.

1. Nitrat – ein Stoff im Widerstreit der Meinungen

1.1 Stoffkreisläufe geraten ausser Kontrolle

Seit Milliarden Jahren beherrschen physikalische und biologisch bedingte Kreislaufsysteme den Planeten Erde. Es ist nun ein Merkmal unserer Zeit, dass die anthropogenen Einflüsse eine Grössenordnung erreicht haben, die sie in die Lage versetzen, die natürlichen Kreisläufe nachhaltig

zu beeinflussen und soweit zu stören, bis sie aus dem Gleichgewicht geraten. Berichte, die darauf hinweisen, dass allein im Rhein, aus dem immerhin mehr als zehn Millionen Menschen das Trinkwasser beziehen, über 1500 Schadstoffe zu identifizieren sind, vermitteln ein bedenkliches Bild über unsere Fähigkeit, künstlich in Umlauf gesetzte Stoffe unter Kontrolle zu halten. Von tragischer Bedeutung ist es, wenn an sich lebenswichtige Nährstoffkreisläufe, wie diejenigen der Phosphate und der Nitrate, mit einem Mal überborden und entweder in stehenden Gewässern ein abnormes Algenverhalten auslösen oder ganze Grundwasserströme verunreinigen. Besonders unheilvoll wird es aber, wenn von ihrer Wirkung her hochgepreisene Herbizide wie das Atrazin mit ihren

Rückständen nach jahrelangem Einsatz plötzlich eine gefährliche Präsenz in den aquatischen Systemen manifestieren. Für uns alle stellt sich heute allen Ernstes die Frage, ob wir beim üblicherweise intensiven Einsatz der Agrochemikalien und der angeblich pflanzenschützenden Biozide aller Art in Zukunft vor Überraschungen bewahrt sind, oder ob wir bei den bereits zu Tage getretenen Verunreinigungen nur die Spitze eines Eisberges erkennen.

1.2 Formen und Herkunft der Nitrate

Nitrate sind wasserlösliche Stickstoffverbindungen, grundsätzlich ungiftig und als Salze der Salpetersäure vergleichbar mit Kochsalz. Das Element Stickstoff ist Hauptbestandteil der Luft und ein wesentlicher Baustein des Eiweisses aller Lebewesen. Die meisten Pflanzen nehmen Stickstoff in der mineralischen Form als Nitrat (auch Salpeter genannt) oder als Ammonium auf.

Neben den eiweissartigen Stoffen bilden die Pflanzen mit Stickstoff auch noch Blattgrün (Chlorophyll), Vitamine und Fermente [1]. Als Nährelement gehört Stickstoff zu den Hauptnährstoffen, ist für das Wachstum und die normale Entwicklung der Pflanzen unentbehrlich und kann auch nicht durch ein anderes Element ersetzt werden. Daraus ergibt sich die grosse Bedeutung des Nitrats im landwirtschaftlichen Pflanzenbau. Als Bestandteil eines natürlichen Nährstoffkreislaufes zirkuliert der Stickstoff über verschiedene elemen-

Gekürzte Fassung eines an der «Pro aqua – pro vita» 1989 gehaltenen Vortrages.

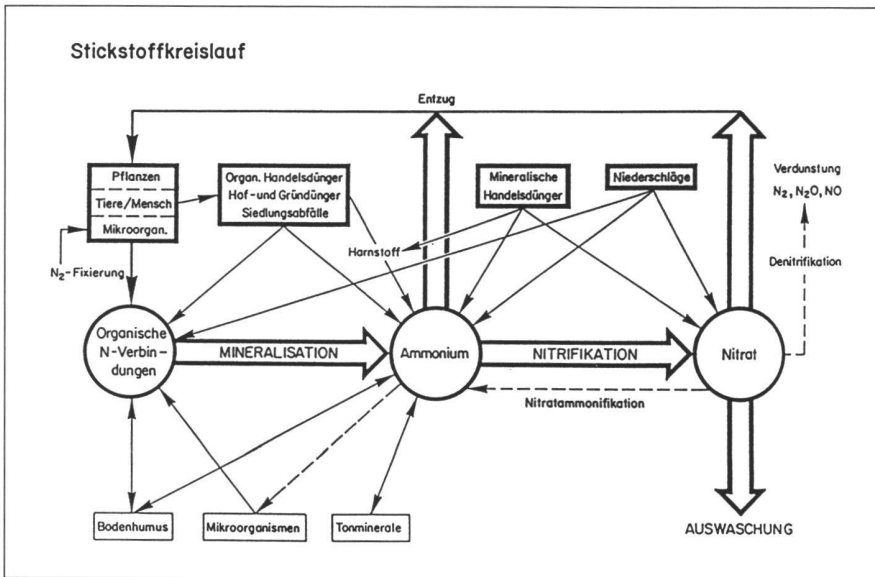


Abb. 1: Schematische Darstellung des Stickstoff-Kreislaufes.

tere organische und anorganische Formen durch Luft, Boden, Gewässer und Organismen aller Art. Mit einer Stickstoffdüngung (Mist, Gülle, Handelsdünger) kann der Nitratgehalt des Bodens erhöht werden. Die leicht wasserlöslichen Nitrate werden aber im Boden nur schwach gebunden und können daher auch leicht wieder ausgewaschen werden [2].

Als wichtige Spezialität wäre noch zu erwähnen, dass die Leguminosen (Klee) besonders ergiebige Lieferanten von organischem Stickstoff sind. Zusammen mit symbiotisch lebenden Bakterien bilden sie Wurzelknöllchen. Diese sind fähig, pro Jahr 50 bis 300 kg Luftstickstoff pro Hektare zu fixieren, das heisst in organische Verbindungen einzubauen.

1.3 Sind Nitrate gesundheitsgefährdend?

Die Diskussionen über die möglichen Auswirkungen der Nitrate auf die menschliche Gesundheit sind noch im vollen Gange. Wie bereits erwähnt, ist Nitrat selbst, das Salz der Salpetersäure, kaum giftig. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) kam zum Ergebnis, dass bei lebenslänglicher, täglicher Aufnahme von 3,65 mg Nitrat pro Kilogramm Körpergewicht – was etwa 275 mg bei einem 75 kg schweren Menschen entspricht – keine Schädigungen zu erwarten sind. Primärwirkungen treten folglich auch bei Aufnahme grosser Mengen praktisch nicht auf und die sogenannte letale Dosis ist weitaus grösser als die von Kochsalz.

Unter Sekundärwirkungen sind solche zu verstehen, die sich aus Folgeprodukten des Nitrates entwickeln können. Im Stoffwechsel des Menschen kann sich aus Nitrat unter Einwirkung von reduzierenden Bakterien Nitrit bilden. Nitrit ist nun in zwei-

erlei Hinsicht bedenklich. Es oxidiert im Blut den Farbstoff Hämoglobin zu Methämoglobin, das in der Folge nicht mehr in der Lage ist, Sauerstoff aufzunehmen und das Gewebe mit dem lebenswichtigen Element zu versorgen. Sauerstoffmangel, äusserlich erkennbar als sogenannte «Blausucht», kann die Folge sein. Sie gefährdet Säuglinge in den ersten drei Lebensmonaten, weil bis zu diesem Alter deren Hämoglobin- und Enzymsystem noch nicht ausgereift ist und kann in dieser Situation lebensbedrohend sein. Als Tertiärwirkung wird die Bildung von Nitroso-Verbindungen verstanden. Durch die Umsetzung von Nitrit mit in der Nahrung enthaltenen oder im Stoffwechsel sich bildenden Aminen können als neue Verbindungen Nitrosamine entstehen, die zu den potenten

krebsauslösenden Substanzen gehören [3] [4].

Aus Gründen einer verantwortungsbewussten Vorsicht und aus Vorsorge ist es deshalb angezeigt, das Nitratangebot mit der Nahrungsaufnahme auf ein ausgewogenes Mass zu beschränken. Erhebungen haben ergeben, dass die tägliche Nitrataufnahme im Schnitt etwa 90 mg Nitrat pro Person beträgt, davon stammen ungefähr 70 mg vom Gemüse (vor allem aus Blattsalaten) und 20 mg vom Trinkwasser. In ländlichen Gebieten kann die Nitrataufnahme aus dem Trinkwasser allerdings stark ansteigen. Auf diese Weise kann die von der WHO festgelegte maximalzulässige Tagesdosis (ADI-Wert: acceptable daily intake) von 220 mg Nitrat pro Person (die 60 kg wiegt) leicht erreicht werden. Eine Verminderung der Nitrataufnahme ist deshalb sehr ratsam, und eine entsprechende Beschränkung sollte bei vermehrter pflanzlicher Ernährung vor allem beim Trinkwasser angestrebt werden.

Am Rande sei noch erwähnt, dass die enorme Stickstoffdüngung, die den Kulturen durch Hof- und Handelsdünger, aber auch durch Luftschadstoffe zugeführt wird, pflanzensoziologisch bereits negative Auswirkungen ausgelöst und das Aussterben einer grossen Anzahl Pflanzen bewirkt hat. Die Pflanzenverarmung durch Stickstoffdünger ist zu einer Tatsache geworden.

1.4 Toleranz- und Grenzwerte werden in Frage gestellt

Trinkwasser ist ein Lebensmittel. Demzufolge untersteht es der Lebensmittelgesetzgebung, insbesondere der Lebensmittelverordnung. Diese schreibt vor, dass Trinkwasser bezüglich Aussehen, Geruch und Geschmack sowie in chemischer und bakteriologischer Hinsicht den allgemei-

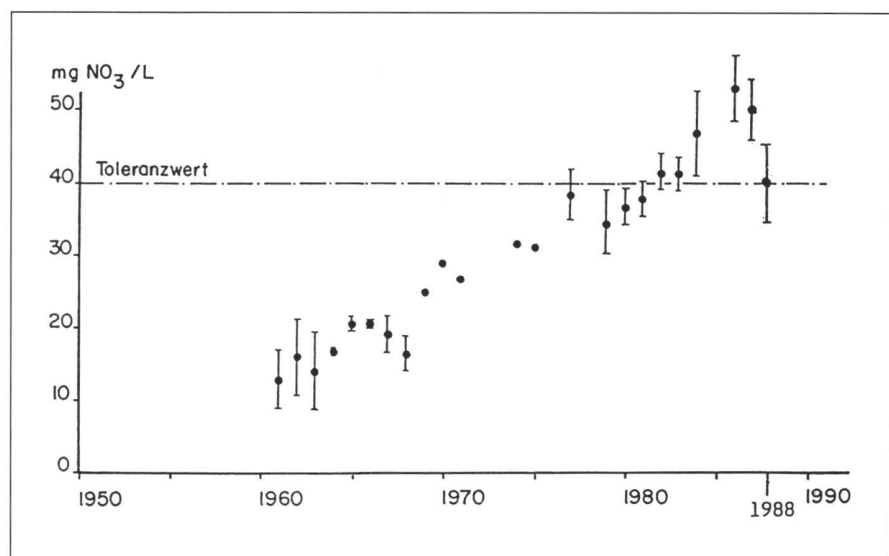


Abb. 2: Entwicklung der Nitratbelastung in einem Pumpwerk der Wasserversorgung Hochdorf [16].

	Qualitätsziel	Toleranzwert	Grenzwert
– Schweiz. Lebensmittelbuch	< 25 mg/l		
– Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln			
– allgemein		40 mg/l	
– Säuglingsnahrung			40 mg/l

Tab. 1: Einschränkungen des Nitratgehaltes im Trinkwasser.

nen hygienischen Anforderungen und im besonderen denjenigen des Schweizerischen Lebensmittelbuches entsprechen muss [5]. Für die Schweiz gelten deshalb in bezug auf die Nitrate im Trinkwasser die Festlegungen gemäss Tabelle 1.

Es besteht also ganz eindeutig die qualitative Zielsetzung, dass gutes Trinkwasser weniger als 25 mg Nitrat pro Liter enthalten soll. Aber auch der Toleranzwert von 40 mg Nitrat pro Liter ist noch als Qualitätsziel zu verstehen. Wird dieser Wert überschritten, muss dies nicht zwingend zu einer Erkrankung führen. Eine Toleranzwertüberschreitung bedeutet nun aber, dass das Trinkwasser beanstandet werden muss, weil die «gute Herstellungspraxis» verletzt wurde. Anders verhält es sich hingegen mit dem Grenzwert von 40 mg Nitrat pro Liter Säuglingsnahrung. Ist in einem Lebensmittel der Grenzwert für einen bestimmten Wirkstoff überschritten, so kann der Konsument (Säugling) krank werden, denn der Grenzwert leitet sich ab aus der geringsten Menge eines Stoffes, die man aufnehmen muss, um zu erkranken. Es zeigt sich nun, dass auch im EG-Raum eine Herabsetzung der wünschbaren und der höchstzulässigen Konzentration angestrebt wird. Eine Harmonisierung mit den schweizerischen Werten rückt in die Nähe. Zwei wichtige Fragen scheinen heute beantwortet zu sein:

- der zulässige Höchstwert für Säuglinge: ein Wert grösser als 50 mg/l ist als unannehmbar anzusehen, und

- ein für Erwachsene als tolerierbar festgelegter Wert von 100 mg/l Nitrat im Trinkwasser.

Offen bleibt dagegen die Frage nach der Trinkwasserversorgung für werdende Mütter in Gebieten mit einem Nitratgehalt im Trinkwasser von über 50 mg/l.

1.5 Das Nitratproblem ist ein Gewässerschutzproblem

Selbstverständlich gibt es nun aber auch Kreise, die diese Schwellenwerte für das Trinkwasser als zu streng beurteilen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass auch die Gewässerschutzvorschriften Einschränkungen machen, denn aus der Sicht des Gewässerschutzes ist das Nitratproblem in erster Linie ein Verunreinigungsproblem und muss auch als solches beurteilt und behandelt werden.

Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung vom 8. Oktober 1971 [7] bezieht sämtliche Gewässer, also auch die Grundwasserträger und die Quellen in seinen Geltungsbereich ein. Zudem hält es in seinem Zweckartikel ganz eindeutig fest, dass der Schutz dieser Gewässer gegen Verunreinigung «im Interesse der Gesundheit von Mensch und Tier» und «der Sicherstellung der Trink- und Brauchwasserversorgung durch die Verwendung von Grund- und Quellwasser» erfolgt. In weiteren Bestimmungen des Gesetzes wird verlangt, dass jedermann verpflichtet ist, alle nach den Um-

ständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, und es wird ausdrücklich verboten, «verunreinigende Stoffe durch Versickern lassen in den Untergrund zu beseitigen». Mit einer Strafverfolgung hat zu rechnen, «wer widerrechtlich solche Stoffe ausserhalb der Gewässer ablagert oder versickern lässt». Das Bundesgericht hat 1985 bereits einmal in einem Fall, der sich im Kanton Luzern abspielte und in dem es um den Zusammenhang zwischen Gülleausbringen im Winter und der Nitratbelastung eines Grundwasserträgers ging, einen grundsätzlichen Entscheid gefällt und den Strafbestand der Verunreinigung durch Versickerung von Gülle zu ungünstiger Zeit bestätigt [8] [9].

In der Verordnung über Abwasserleitungen vom 8. Dezember 1975 [10] legt der Bundesrat die Qualitätsziele für Grundwasser fest. In bezug auf den Parameter Nitrat wird festgehalten, dass das Qualitätsziel für Fliessgewässer und Flussstau 25 mg Nitrat pro Liter beträgt. Wenn diese Forderung bereits für offene Fliessgewässer und Flussstau, die als Vorfluter von Kläranlagen auch gereinigte Abwässer aufzunehmen haben, gilt, umso mehr ist diese Zielsetzung bei den Grundwasserträgern und Quellen, die der Trinkwasserversorgung dienen, durchzusetzen. In der ganzen Diskussion um die Toleranz-, Grenz- oder andere Schwellenwerte ist es deshalb letztlich aus gewässerschützerischen Gründen unerheblich, auf welcher Höhe der oberste zulässige Wert für das Trinkwasser als Lebensmittel anzusetzen ist. Die Gewässerschutzgesetzgebung legt ganz klar und eindeutig die Qualitätsgrenze fest, und die liegt bei 25 mg Nitrat pro Liter. Wird dieser Wert überschritten, entsteht ein Gewässerschutzproblem.

1.6 Symptombekämpfungslösungen

Der Vollständigkeit halber soll es erwähnt werden, dass in letzter Zeit auch Lösungen zur Diskussion gestellt worden sind, die eine Trinkwasseraufbereitung zum Ziel haben. Drei Verfahren stehen heute im Vordergrund [11] [12] [13]:

- In einem biologischen Verfahren werden geeignete Mikroorganismen dafür verwendet, um in einem Denitrifikationsprozess das Nitrat im Trinkwasser in elementaren gasförmigen Stickstoff überzuführen und auf diese Weise zu entfernen. Für die Trinkwasseraufbereitung ist dieses Verfahren, das in der Abwasserreinigung bereits erfolgreich angewandt wird, eher noch neu.
- Als eigentliche technische Möglichkeiten bieten sich zwei Verfahren an. Mit der Ionenaustauschmethode wird bewirkt, dass die negativ geladenen Nitrationen an Kunstharze gebunden und auf diese Weise eliminiert werden. Bei der Umkehrosiose hingegen wird das Trinkwasser unter hohem Druck durch

	Qualitätsziel	Toleranzwert	Grenzwert	Bemerkungen
– WHO 1956		50 mg/l		Empfehlung
– WHO 1968		50 mg/l	100 mg/l	für Säuglinge für Trinkwasser
– BRD 1975			90 mg/l	
– WHO 1977				Arbeitsgruppe
– Bevölkerung		50 mg/l (annehmbar)	50–100 mg/l (zulässig)	
– Säuglinge			50 mg/l	
– EG 1980	25 mg/l		50 mg/l	Richtlinien des Rates der EG

Tab. 2: Internationaler Vergleich [6].

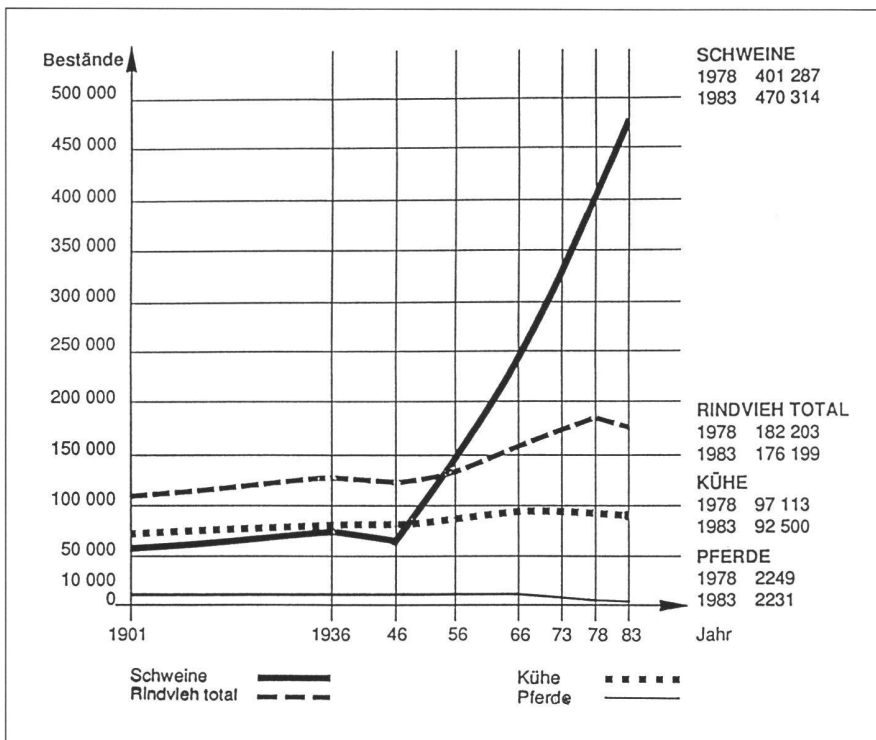


Abb. 3: Entwicklung der Tierbestände im Kanton Luzern.

eine äusserst feinmaschige Zellulose-Azetat-Membrane gepresst. Die Wassermoleküle können durchschlüpfen und die grösseren Nitrationen bleiben hängen.

Es ist klar, dass diese Verfahren nicht die eigentliche Ursache des Nitratproblems bekämpfen. Sie sind deshalb höchstens als Übergangslösungen in Betracht zu ziehen und dürfen nicht als ständige Einrichtungen etabliert werden. Dies käme einer Kapitulation gleich und würde bedeuten, dass eine ständige Verletzung der Gewässerschutzvorschriften in bezug auf das Qualitätsziel Nitrat in Kauf genommen würde.

2. Situation im Kanton Luzern

Einzelne höhere Nitratwerte im Trinkwasser sind bereits in den früheren Jahren gelegentlich festgestellt worden. Zu einem eigentlichen Problem ist die Nitratverunreinigung jedoch erst Mitte der Siebzigerjahre geworden. Offensichtlich gehört auch die Nitratbelastung in die Kategorie jener

Umweltprobleme, die längere Zeit un bemerkt heranwachsen, um dann plötzlich und auf breiter Basis auszubrechen. Die Öffentlichkeit ist erstmals 1977 aufgeschreckt worden, als in den Kantonen Bern und Schaffhausen verboten werden musste, Säuglingsnahrung mit Trinkwasser zuzubereiten. Einen ersten Lagebericht veröffentlichte das Eidg. Departement des Innern 1979 [14].

Die Entwicklung im Kanton Luzern kann stellvertretend für verschiedene andere Wasserfassungen am Beispiel der Wasserversorgung Oberkirch aufgezeigt werden (Tabelle 3).

Ab 1978 zeichnete sich in den beiden Fassungen bei Münigen ein dauernder Anstieg ab. Die Nitratbestimmungen wurden intensiviert, und es zeigte sich, dass im Pumpwerk Münigen I bei 9 Proben im Zeitraum vom 17.10.1978 bis 6.2.1979 kein einziger Wert mehr unter 70 mg/l lag. Nachdem der Höchstwert 82 mg/l erreicht hatte, wurde am 19.2.1979 das Pumpwerk geschlossen. Über die eingeleiteten Untersuchungen und Massnahmen ist ein ausführlicher Bericht verfasst worden [15].

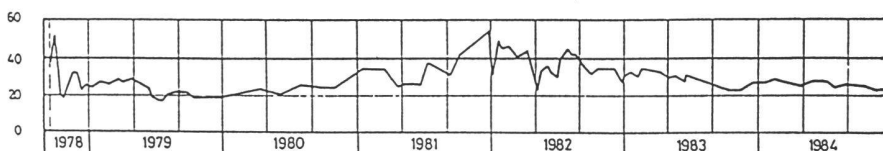


Abb. 4: Entwicklung des Nitratgehaltes in mg/l in der Grundwasserfassung Friesnau [15].

Die ersten Informationen an die Bevölkerung durch die Luzerner Presse erschienen 1978. Es wurde festgestellt, dass sich in verschiedenen Gebieten des Kantons Luzern – die Rede war vom Raum Sursee und dem unteren Seetal zwischen Baldegger- und dem Hallwilersee – der Nitratgehalt im Grundwasser seit 1959 mehr als verdoppelt hat. Im Jahresbericht 1979 des kantonalen Laboratoriums wird festgestellt, dass auch der Kanton Luzern von der unerfreulichen Nitratzunahme im Quell- und Grundwasser nicht verschont geblieben und dass während den wenigen letzten Jahren zum Teil ein sprunghafter Nitratanstieg zu verzeichnen sei. Gleichzeitig wird vermerkt, dass das, was den Böden vielerorts an Gülle zugemutet werde, nichts mehr mit Düngung zu tun habe. Im gleichen Jahr hat der Berner Grosse Rat gegen den Widerstand der Regierung eine Motion erheblich erklärt, die den Regierungsrat beauftragt, sich mit der Nitratverunreinigung des Trinkwassers durch die landwirtschaftliche Düngung zu befassen.

Bereits 1980 wird in einer Stellungnahme des Kantonschemikers das Nitratproblem zu einem zentralen Anliegen erklärt. Der zunehmende Nitratgehalt im Trinkwasser und die Verbreitung der Nitratverunreinigung über grössere Regionen des Kantons gäbe zu echter Besorgnis Anlass. Durch die einfache Anfrage im Grossen Rat kam das Thema 1981 erstmals in das kantonale Parlament. Der Regierungsrat zeigte in seiner Antwort die Entwicklung auf und stellte fest, dass die Nitratbelastung im Luzerner Grundwasser ohne Zweifel zunähme. Seither wurde das Nitratproblem zu einem ständigen Thema der Berichte des kantonalen Laboratoriums.

Im Jahre 1984 ist der Bundesrat in einem Postulat aufgefordert worden, wirksame Massnahmen gegen die in den vergangenen Jahren bedrohlich gestiegene Belastung der Gewässer mit Nitraten zu ergreifen. Im konkreten wurde der Bundesrat aufgefordert:

- das Qualitätsziel für Grundwasser sei eindeutig festzulegen, indem der erforderliche Grenzwert angeordnet werde,
- den Artikeln 13 (Sorgfaltspflicht) und 14 (Verbote) des Gewässerschutzgesetzes [7] sei strikte Nachachtung zu schaffen und
- es seien weitere Massnahmen zu ergreifen, die zur Verminderung des Nitratgehaltes in sämtlichen Gewässern beitragen würden.

Ein Jahr später, 1985, lautet der Befund, dass etwa 30 000 Einwohner der Schweiz Trinkwasser angeliefert erhalten, dessen mittlerer Nitratgehalt mehr als 40 mg pro Liter beträgt [2].

Im Jahresbericht 1986 des kantonalen Laboratoriums wird auf die besonders uner-

Probe	Grundwasserpumpe		
	Münigen I	Münigen II	Friesnau
26.09.1960	16		
04.05.1965	–	13	
06.11.1966	–	25	
13.05.1970	76	–	
24.09.1970	59	–	
07.01.1971	28	–	
07.11.1973	46	41	
16.11.1975	39	46	
10.06.1975	59	–	50
30.06.1975	–	39	50
01.06.1976	–	36	30
08.06.1976	65	–	–
29.03.1978	47	63	33

Tab. 3: Nitratgehalt im mg/l in den Grundwasserfassungen Oberkirch. Quelle: Kantonales Labor.

freuliche Situation bei den kleinen, privaten und Einzelwasserversorgungen hingewiesen. 40 von 217 Proben hätten einen Nitratwert von bis zum Dreifachen des Toleranzwertes aufgewiesen und es folgt die Bemerkung, dass einzelne Proben einer verdünnten Düngerlösung näher gestanden hätten als einem Trinkwasser (Landwirt, 3. April 1987).

Eine eingehende Beurteilung der Situation erfolgt auch im «Bericht über die Sicherstellung der Trink- und Brauchwasserversorgung im Kanton Luzern: 1985–2010 vom Dezember 1987 [16], aus dem Abbildung 2 stammt.

Zusammenfassend muss für den Kanton Luzern festgestellt werden, dass die Nitratverunreinigung des Grundwassers und der Quellen zum wichtigsten Gewässerschutzproblem geworden ist. Im Mittelland des Kantons, das heisst nördlich der Linie Napf-Rigi ist bereits ein grosser Teil der öffentlichen und privaten Wasserversorgungen davon betroffen. Wie durch zahlreiche Analysen belegt werden kann, ist die Tendenz weiterhin ansteigend. Es handelt sich im Kanton Luzern im wesentlichen um die gleiche Region, in der grosse Tierbestände vorherrschen, und in der die Mit-

tellandseen durch Phosphate überdüngt werden.

3. Ursachen, Vorgehen und Massnahmen

3.1 Ursachen

Es besteht kein Zweifel, dass die Ursache für die Nitratauswaschung in der Art der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung zu suchen ist. Die Nitratgehalte des Grund- und Quellwassers eines bestimmten Gebietes widerspiegeln dessen landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise. Bei Wiesen-, Weiden- und Waldnutzung liegt der durchschnittliche Nitratgehalt etwa bei 6 mg pro Liter, der indessen bei Acker- und Weinbau bis zu 24 mg pro Liter ansteigen kann [2].

Diese Situation kommt nicht von ungefähr. Der einseitige Futteranbau mit Mais, die Monokulturen mit Gemüse oder Reben (lange Winterbrache) sowie die intensive mechanische Bodenbearbeitung fördern die Bodenerosion und führen zu einer starken Nitratauswaschung. Die übermässige Hofdüngerbewirtschaftung (kleine Güllegruben, hohe Tierbestände) sowie die Überdüngung mit preisgünstigem Han-

deldünger belasten den Boden mit übersetzten Stickstoffmengen.

Diese Erkenntnis wurde auch in einem Natur-Nitratlabor erhärtet, das auf einem Hof in der luzernischen Gemeinde Müswangen auf dem Lindenberg während mehreren Jahren betrieben worden ist [17]. Das Verschieben eines Maisfeldes in die Nähe einer Quelle liess den Nitratgehalt innert zwei Jahren von 20 auf 39 mg pro Liter ansteigen. Je nach Niederschlagsmengen wurden unter Ackerflächen zwischen 70 und 130 kg, unter Natur- und Kunstwiesen hingegen jedoch lediglich 20 kg Stickstoff pro Hektare ausgewaschen.

Verschiedene Gutachten, die bei der Behandlung anstehender Probleme (Gemeinde Rickenbach, Gemeinde Oberkirch) erstellt worden sind, zeigen auf, dass die Grundursache der Nitratverunreinigung bei einer gestörten Nährstoffbilanz gefunden werden kann [18], [19], [20], [21]. So wird festgestellt, dass bezüglich der Nitratauswaschung insbesondere kritisch sind:

- brachliegende Felder im Herbst und Winter,
- im Frühjahr überdüngte Felder, die für die Aussaat von Gemüse, Mais und Hackfrüchten bestimmt sind sowie
- überdüngte Obstkulturen.

3.2 Vorgehen

In bezug auf das Vorgehen hat sich mit der Zeit ein «Muster» herausgebildet, das im 7-Punkte-Programm gemäss Tabelle 4 dargestellt ist.

3.3 Massnahmen

Aus heutiger Sicht scheint es, dass das Nitratproblem mit folgendem Massnahmenpaket angegangen werden muss:

- Wesentliche Verstärkung der Beratung,
- Verschärfung der Vorschriften für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft,
- Vollzug von planerischen Massnahmen (Schutzzonen, Nitrat-Schutzzonen) und
- Einleitung von strafrechtlichen Massnahmen.

3.3.1 Beratung

Die Beratung hat darauf auszugehen, die Landwirte über die wesentlichen Zusammenhänge zwischen ihrer Art der Bewirtschaftung und den Auswirkungen auf die nitratbelasteten Grundwasserträger aufzuklären, die Schwachstellen aufzuzeigen und Verbesserungsvorschläge durchzudiskutieren. Die Beratung im Kanton Luzern ist in erster Linie eine Aufgabe der Zentralstelle für Ökologie in der Landwirtschaft [22] und der landwirtschaftlichen Schulen. Im Rahmen seiner Tätigkeiten beteiligt sich aber auch das Amt für Umweltschutz an der Aufklärung und Bera-

Art der Nutzung	DGVE/ha
Natur- und Kunstwiesen bis 700 m.ü.M.	3
Natur- und Kunstwiesen 700 bis 900 m.ü.M.	2,5
Naturwiesen über 900 m.ü.M.	2
Naturwiesen über 1200 m.ü.M.	1,5
Offenes Ackerland	2,5
Intensiv-Obstanlagen	1

Tab. 5: Grenzwerte für die Belastbarkeit des Bodens mit betriebseigenem Hofdünger.

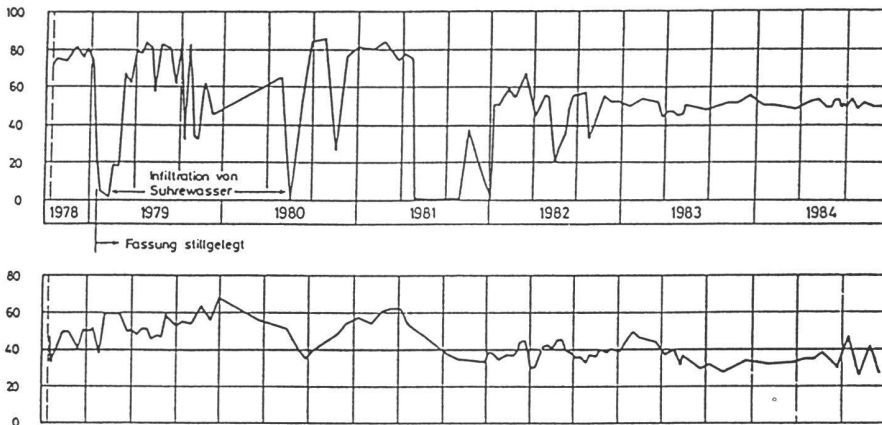


Abb. 5: Entwicklung des Nitratgehaltes in mg/l in den Grundwasserfassungen Münnigen I (oben) und Münnigen II (unten) [15].

tung. 1985 hat es beispielsweise eine Orientierungshilfe mit dem Titel «Merkblatt: Ausbringzeitpunkt für Gülle im Acker- und Futterbau» [23] erarbeitet, das seither bei jeder Gelegenheit an die Landwirte abgegeben wird.

Die Schwerpunkte der Beratung liegen in folgenden Bereichen:

- Die richtige Verwertung der Hofdünger entscheidet, ob es zur Nitratauswaschung kommt oder nicht. Das Ausbringen von Gülle auf die Brache im Herbst führt zwangsläufig zur Nitratauswaschung. Gülle ist deshalb nur auf bewachsenen Boden oder unmittelbar vor der Feldbestellung auszubringen.
- Winterbrachen sind zu vermeiden. Mit Ausnahme von Mais verbleibt praktisch nach jeder Kultur genug Zeit für den Anbau von Zwischenfutter. Grundsätzlich sollten jedoch im Einzugsgebiet von Grundwasserfassungen als Zwischenfutter keine reinen Kleearten angebaut werden, weil sie nach dem Umbruch im Frühjahr die Gefahr der Nitratauswaschung erhöhen.
- Maismonokulturen sind durch Maisanbau in Fruchtfolge zu ersetzen. Die massiven Nitratfrachten aus Mais in Monokulturen im Herbst, Winter und Frühjahr können kaum mit pflanzenbaulichen Massnahmen wesentlich vermindert werden.

Der Gemeinderat von Hochdorf hat 1984 die AGBA AG, Arbeitsgemeinschaft Beratender Agronomen, Ebikon, beauftragt, im nitratbelasteten Einzugsgebiet der Wasserversorgungen eine Beratung als Mittel zur Senkung der Nitratfrachten aus der Landwirtschaft durchzuführen. Über die Ergebnisse und die Schlussfolgerungen liegen zwei Berichte vor [24] [25]. Der Gutachter kommt unter anderem auch zu folgender Schlussfolgerung: «Es genügt wahrscheinlich nicht bei allen Betrieben, wenn man nur Kenntnisse vermittelt und an umweltkonformes Verhalten appelliert.

Um diese Problematik jedem Landwirt ständig präsent zu halten, empfiehlt sich eine Ausscheidung von Nitrat-Schutzgebieten mit entsprechenden Reglementen bzw. Anweisungen für eine dem Grundwasser angepasste Bodennutzung, Bewirtschaftung und Düngung.»

Als wirksamste Massnahmen werden empfohlen:

- Förderung der Standardbodenanalysen, um eine ausgeglichene Nährstoffverteilung innerhalb des Betriebes zu erreichen. Damit soll auch Einfluss auf eine gleichmässige Verteilung der Stickstoffdünger genommen werden;
- N_{min} -Bodenanalysen im Mais, mindestens stichprobenweise, um extreme Überdüngung solcher Felder zu erkennen und zu vermeiden;
- Förderung des Zwischenfutterbaus bzw. der Gründüngung;
- Striktes Verbot für das Ausbringen von Gülle auf brachliegende Felder im Herbst.

3.3.2 Verschärfung der Vorschriften für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft

Dieser Schritt ist im Kanton Luzern mit der Anwendung eines Merkblattes für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft (Stand 1. Januar 1988) [27] bereits erfolgt. Die Grenzwerte für die Belastbarkeit des Bodens mit betriebseigenem Hofdünger sind gemäss Tabelle 5 reduziert worden.

Weiter Vorschriften sind für die Abnahmeverträge erlassen worden:

- a. Wer für die Verwertung von Hofdünger über zuwenig landwirtschaftliche Nutzfläche verfügt, muss für die Überschüsse Abnahmeverträge abschliessen. Die Verträge bedürfen der Zustimmung des kantonalen Amtes für Umweltschutz.
- b. Die Zustimmung zu Abnahmeverträgen wird nur erteilt, wenn folgende Bedingungen und Auflagen erfüllt werden:

- Der Lieferantenbetrieb muss nachweisen, dass er ab 1. Januar 1992 für 50% des Tierbestandes die Verwertung auf eigenem und/oder gepachtetem Land sicherstellen kann.
- Die Fahrdistanz zwischen dem Lieferantenbetrieb und den Abnehmerbetrieben darf nicht grösser als 5 km sein.
- Der Lieferantenbetrieb hat nach den Weisungen des kantonalen Amtes für Umweltschutz eine Güllenlieferungskontrolle zu führen. Die Abnehmerbetriebe haben die Übernahme der vertraglich geregelten Güllenmengen zu quittieren.
- Der Lieferantenbetrieb und die Abnehmerbetriebe haben alle 5 Jahre nach den Weisungen des Umweltschutzamtes Bodenproben untersuchen zu lassen.

Diese einschneidenden Massnahmen wurden in Anbetracht der starken Zunahme der Schweinebestände (Abbildung 3) im Kanton Luzern ab Mitte dieses Jahrhunderts unumgänglich.

Die Reduktion der Belastbarkeit des Bodens mit Hofdünger auf 3 DGVE pro Hektare lässt sich aus der Sicht der Nitratauswaschung rechtfertigen. Versuche, die in Deutschland durchgeführt worden sind, zeigen nämlich auf, dass bei einer Stickstoffdüngung grösser als 200 kg N pro Hektare auch unter Wiesland die Nitratauswaschung beginnt [28]. 3 DGVE bringen nun aber gerade etwa eine Stickstoffdüngung von 240 kg N pro Hektare.

Der Vollzug der verschärften Vorschriften ist angelaufen, beansprucht jedoch naturgemäss einen recht grossen Zeitbedarf.

3.3.3 Planerische Massnahmen

Zu den planerischen Massnahmen gehört in erster Linie die konsequente Anwendung desjenigen Instrumentariums, das durch die Gewässerschutzgesetzgebung vorgeschrieben ist. Das Ausscheiden von Schutzzonen um Grundwasser- und Quelfassungen gehört als wesentliches Element dazu [29]. Man ist jedoch bei der Behandlung von Nitratproblemfällen bald zur Erkenntnis gelangt, dass die üblichen Grundwasserschutzzonen nicht ausreichen, um Wasserfassungen vor der Nitratbelastung abzusichern. Um auf die Nitratauswaschung wirksam Einfluss nehmen zu können, benötigt es wegen der Mobilität der Nitrate bedeutend grössere Schutzzonen, die Nitrat-Schutzzonen bezeichnet werden und in der Regel identisch sind mit dem hydraulischen Einzugsgebiet einer Wasserfassung.

In der Abteilung Umweltschutz des Kantons Aargau sind bei der Behandlung der Nitratprobleme in der Gemeinde Dotikon wesentliche Grundlagenarbeiten geleistet worden [30]. In einem Reglement erklärte der zuständige Gemeinderat die Nitrat-

Schutzzone als Schutzzone im Sinne des Gewässerschutzgesetzes [7]. Grundlage für die Errichtung bildeten verschiedene, umfangreiche geologische und hydrogeologische Abklärungen. Für vier Nitrat-Schutzzonen

- N 1: nicht belastbar
- N 2: sehr wenig belastbar
- N 3: wenig belastbar
- N 4: normal belastbar

werden differenzierte Bewirtschaftungs- und Düngungsbeschränkungen vorgeschrieben.

Im Kanton Luzern sind zwischenzeitlich ebenfalls ähnliche Bewirtschaftungsrichtlinien für Landwirte im Einzugsgebiet von Trinkwasserfassungen (Nitrat-Schutzzone) erarbeitet und in die Praxis eingeführt worden [31]. Sie beinhalten Informationen über:

- die Kulturen
- die Düngung mit Hinweis auf die Broschüre «Düngungsplanung im Acker- und Futterbau» der Landw. Beratungsstelle Lindau [32]
- die Umweltschutz- und Gewässerschutzbestimmungen mit speziellem Bezug auf die Stoffverordnung [33]:
Art 10: Massvolles Ausbringen in die Umwelt
Anhang 4.5: Verwendung: Grundsatz, Einschränkungen, Verbote.

Für die Wasserversorgungen der Gemeinde Oberkirch (Münigen I und II) sind die klassischen Schutzzonen (S I, S II, S III) um eine Nitrat-Schutzzone (Zone N) erweitert worden. Die Nitrat-Schutzzone geht dabei weit über das mutmassliche Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen hinaus.

3.3.4 Strafrechtliche Massnahmen

Strafrechtliche Massnahmen im Sinne der Gewässerschutzgesetzgebung sind bisher im Kanton Luzern im Zusammenhang mit der Nitratbelastung der Gewässer noch keine vorgenommen worden. Es wird nun aber unumgänglich, auch dieses Mittel vor allem uneinsichtigen Landwirten gegenüber zur Anwendung zu bringen. Wer in Zukunft nicht bereit ist, die Dienste der Beratung zu nutzen und umzusetzen, muss mit einer härteren Gangart rechnen.

4. Erfolge

Seit zehn Jahren befasst sich das Umweltschutzamt mit zunehmendem Aufwand mit der Nitratverunreinigung des Trinkwassers. Es wäre noch zu früh, bereits von eigentlichen Erfolgen bei der Bekämpfung des Nitratproblems sprechen zu wollen. Die wesentlichen Massnahmen (Beratung, Vorschriften für Nitrat-Schutzzonen) beinhalten naturgemäss mittel- bis langfristige Zielsetzungen. Trotzdem und obwohl

der eigentliche Durchbruch noch nicht erfolgt ist – die Entwicklung der letzten Jahre weist eher auf das Gegenteil hin und erweckt den Eindruck, dass das Nitratproblem noch nicht im Griff ist – darf auf einige Teilerfolge hingewiesen werden. Diese sind vermutlich vorwiegend auf die intensive Beratung der Landwirte in den betroffenen Regionen zurückzuführen. Im einzelnen handelt es sich um folgende Verbesserungen, die bereits eingetreten sind:

- In der Gemeinde Rickenbach sind die erhöhten Nitratwerte der Quellen durch eine Änderung der Bewirtschaftungsweise (kein Maisanbau), die allerdings entschädigt wird, wieder rückgängig gemacht worden.
- In der Gemeinde Oberkirch konnte für die Grundwasserfassung Friesnau eindeutig ein ähnliches Ergebnis erreicht werden (Abbildung 4).

Eine Verbesserung ist auch bei den beiden andern Grundwasserfassungen eingetreten. Wesentlich gesenkt werden konnte der Nitratgehalt bei der Fassung

Münigen I. Bei beiden Fassungen Münigen I und II pendelt nun der Nitratgehalt zwischen 40 und 50 mg/l (Abbildung 5).

Als positives Ergebnis darf sicher auch notiert werden, dass sich im Verlauf der letzten Jahre eine klare Vorgehensweise herauskristallisiert hat, die nun in Zukunft mit Konsequenz einzusetzen ist. Ein Grund zum Aufatmen und zur Feststellung, das Problem liege bereits hinter uns, besteht allerdings noch lange nicht. Es kann in diesem Zusammenhang nicht genug darauf hingewiesen werden, dass es letztlich Aufgabe der Landwirtschaft selbst ist, durch ihre Politik, ihre Strukturen und ihre Bewirtschaftungsweise dafür zu sorgen, dass die extreme Nitratauswaschung bald wieder der Vergangenheit angehört. Weil es sich hier eindeutig um eine Gewässerverunreinigung handelt, ist es Pflicht der Gewässerschutzfachstellen, einzuschreiten und die notwendigen Korrekturen zu verlangen. Es ist aber letztlich immer auch zu beachten, dass ein Umweltschutzamt eine Fachstelle und nicht die Reparaturtruppe unserer Gesellschaft ist.

Tab. 4: 7-Punkte-Programm.

Vorgehen	Zuständigkeit Fachberatung
1. Periodische Überwachung der Nitratgehalte in der Trinkwassererfassung und im Versorgungsnetz, evtl. Verbot zur Verwendung als Säuglingsnahrung.	Wasserversorgung Kant. Labor
2. Hydrogeologische Untersuchungen um die Wassererfassung und im weiteren Einzugsgebiet: – Ausscheiden der Grundwasserschutzzone – Nutzungsbeschränkungen (Genehmigung, Verfügung) – Abgrenzung des hydrologischen Einzugsgebietes	Wasserversorgung Umweltschutzamt Hydrogeologe
3. Orientierung der Landwirte über den Zusammenhang zwischen Düng- bzw. Anbaupraxis und Nitratauswaschung in das Grundwasser	Zentralstelle für Ökologie Landw. Schule Umweltschutzamt Gemeinde Wasserversorgung
4. Erfassen aller landwirtschaftlich genutzten Flächen im hydrologischen Einzugsgebiet. Erstellen eines Betriebskatalogs und einer Stickstoffbilanz (Tierbestand, Ausbringfläche). Sanierungsverfügungen, Kontrolle.	Umweltschutzamt
5. Beratung der Landwirte über eine umweltgerechte Düng- und Anbaupraxis. Überprüfen des umweltgerechten Verhaltens durch Bodenanalysen (N_{min} -Bestimmungen) und Erhebung der Brachflächen jedes Jahr.	Landw. Schule Zentralstelle für Ökologie Umweltschutzamt
6. Erstellen einer Bodenbelastbarkeitskarte mit den entsprechenden Nutzungsbeschränkungen und verbindlichem Sanierungsplan, insbesondere Düngung und Verminderung der Brachflächen. – Bewirtschaftungsreglement – Verfügung, Vollzug	Wasserversorgung Gemeinde Landw. Schule Zentralstelle für Ökologie Umweltschutzamt
7. Bei ungenügender Nitrat-Verminderung durch Ursachenbekämpfung, Abklärungen über neue Wasserbezugsmöglichkeiten oder Aufbereitung des Trinkwassers (Nitratentfernung).	Wasserversorgung Gemeinde

Literatur:

- [1] Sägesser H. / Clerc M. / Weber P. (1986): Grundlagen für den Pflanzenbau; landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale
- [2] Leu D. / Biedermann R. / Dettwiler J. / Hoigné J. / Stadelmann F.X. (1986): Bericht über Nitrate im Trinkwasser, Standortbestimmung 1985; Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 77, 227,315
- [3] Fachverband Stickstoffindustrie E.V. (1982): N-Information Nr. 4
- [4] WWF/SBN/SGU (1984): Biozid-Report Schweiz; Sauerländerverlag, Aarau
- [5] Sanitätsdepartement des Kantons Luzern/Kantonales Labor Luzern (1988): Mitteilung an die Gemeinderäte im Kanton Luzern
- [6] Coin L. (1980): Nitrate, Phosphate und Trinkwasserqualität – ihr Einfluss auf unsere Gesundheit; Gas-Wasser-Abwasser 1980/7
- [7] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung (Gewässerschutzgesetz) (vom 8. Oktober 1971), in Kraft seit dem 1. Juli 1972; 814.20
- [8] Urteil des Schweizerischen Bundesgerichtes Str. 407/85/we vom 21. Oktober 1985 in Sachen H.H. Oberkirch gegen Staatsanwalt des Kantons Luzern betreffend Widerhandlung gegen das Gewässerschutzgesetz
- [9] Baumann P. (1988): Weitergehende Gewässerschutzmassnahmen im Einzugsgebiet der luzernischen Mittellandseen im Bereich der Landwirtschaft; Gas-Wasser-Abwasser 1988/1
- [10] Verordnung über Abwassereinleitungen (vom 8. Dezember 1975), in Kraft seit dem 1. Januar 1976; 814.225.21
- [11] Griesser M (1981): Senkung des Nitratgehaltes im Wasser; Schweizer Maschinenmarkt 1981/24
- [12] Verschiedene Autoren (1981): Nitrat und seine Entfernung aus dem Trinkwasser. Eine Pilotanlage in Zollikofen bei Bern; Schweizer Ingenieur und Architekt 1981/40
- [13] Bösch-Billing H. (1981): Nitrat im Trinkwasser. Ein ungelöstes Problem unserer Kulturtechnik; Neue Zürcher Zeitung 20. Mai 1981, Nr. 65
- [14] Eidg. Departement des Innern: Nitrat im Trinkwasser, Lagebericht; November 1979
- [15] Verschiedene Autoren (1985): Nitratbelastung im Grundwasservorkommen der Gemeinde Oberkirch: Bericht der Untersuchungsperiode 1979–1984; Kantonales Amt für Umweltschutz Luzern
- [16] Verschiedene Autoren (1987): Bericht über die Sicherstellung der Trink- und Brauchwasserversorgung im Kanton Luzern, 1985–2010; Kantonales Amt für Umweltschutz Luzern
- [17] Bundesamt für Umweltschutz (1987): Nitrat-Untersuchung bei einer Hofquelle (Nitrat-Naturlabor); Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 78
- [18] AGBA AG (1981): Nitratbelastung der Trinkwasserfassungen Wesmeri und Buttenberg, Rickenbach (Luzern), durch die Landwirtschaft; Kantonales Amt für Umweltschutz Luzern
- [19] AGBA AG (1981): Belastung der Gewässer mit Stickstoff durch die Landwirtschaft im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen Oberkirch; Kantonales Amt für Umweltschutz Luzern
- [20] AGBA AG (1983): Untersuchung der Nitratverlagerung in landwirtschaftlich genutzten Böden im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen im Jahre 1982; Kantonales Amt für Umweltschutz Luzern
- [21] AGBA AG (1984): Untersuchung der Nitrat- und Ammoniumverlagerung in landwirtschaftlich genutzten Böden im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen Oberkirch im Jahre 1983; Kantonales Amt für Umweltschutz Luzern
- [22] Baumann P. (1987): Zusammenarbeit zwischen Gewässerschutzfachstelle und landwirtschaftlicher Beratung am Beispiel der Zentralstelle für Ökologie des Kantons Luzern; Gas-Wasser-Abwasser 1987/1
- [23] Kantonales Amt für Umweltschutz, Luzern (1985): Merkblatt: Ausbringzeitpunkt für Gülle im Acker- und Futterbau
- [24] AGBA AG (1985): Nitrat im Grundwasser von Hochdorf und Landschaft. Beratung einzelner Betriebe als Mittel zur Senkung der Nitratfrachten aus der Landwirtschaft. Zwischenbericht über die Tätigkeit im Jahre 1984; Gemeinderat Hochdorf
- [25] AGBA AG (1986): Nitrat im Grundwasser von Hochdorf und Landschaft. Phase II: Düngungsberatung einzelner Landwirte im Jahre 1985; Gemeinderat Hochdorf
- [26] Blum J. (1988): Die N_{min} -Untersuchung in Maisparzellen 1988; Landwirt 30. Dezember 1988/Nr. 52
- [27] Kantonales Amt für Umweltschutz, Luzern (1988): Merkblatt für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft
- [28] Walter W./Scheffer B. (1988): Ergebnisse langjährige Versuche zur Stickstoffauswaschung landbaulich genutzter Böden und Bedeutung für die Anlieferung an das Grundwasser; gwf Wasser-Abwasser 1988/12
- [29] Bundesamt für Umweltschutz (1977/82): Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzarealen
- [30] Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz (1986): Untersuchungen im Zusammenhang mit der Nitratbelastung des Grundwassers in Dottikon
- [31] Zentralstelle für Ökologie/Kantonales Amt für Umweltschutz, Luzern (1989): Bewirtschaftungs-Richtlinien für die Landwirtschaft im Einzugsgebiet von Trinkwasserfassungen (Nitrat-Schutz-zonen)
- [32] Landw. Beratungsstelle Lindau (1987): Düngungsplanung im Acker- und Futterbau
- [33] Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung, StoV) vom 9. Juni 1986, in Kraft seit dem 1. September 1986; 814,013

Adresse des Verfassers:
Paul Baumann
dipl. Ing. ETH
Vorsteher kantonales Amt
für Umweltschutz
CH-6002 Luzern

Wie sollen die Klärschlämme in Zukunft eingesetzt werden?

M. Carrard

Mitte der siebziger Jahre wurden die Klärschlämme noch zu 70 Prozent in der Landwirtschaft verwendet. Die Zunahme der Schlämme, die durch die im Laufe der Jahre immer grösser werdende Zahl der Kläranlagen verursacht wurde, machte die Verwendung in der Landwirtschaft immer schwieriger.

Die weitverbreitete Unsicherheit über die künftige Entwicklung kann in folgenden zwei Fragen zusammengefasst werden: Können die Schlämme in der Landwirtschaft noch verwendet werden. Enthalten sie nicht zu viele Schadstoffe für den Boden?

*Haben Sie
den Stellenanzeiger
schon gelesen?*