©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Die Belastung der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Produktion und Erntegüter durch Immissionen

Adolf Kloke

Einleitung

In der ersten Ausgabe des Handbuches der Pflanzenkrankheiten schrieb SORAUER (1874):

»Während wir versuchen, mit großen Kosten ungünstige Bodenverhältnisse zu verbessern und bestrebt sind, durch mancherlei künstliche Vorrichtungen den schädlichen Witterungseinflüssen entgegenzuarbeiten, ziehen wir häufig in größter Nähe einen Feind groß, welcher in Form einer gewinnversprechenden industriellen Anlage zunächst sich der wärmsten Sympathien zu erfreuen hat.« In den weiteren Ausführungen werden dann die ersten Folgen der damals noch bescheidenen Industrien beschrieben. Heute, nach über 100 Jahren, muß man feststellen, daß die Industrialisierung ein Ausmaß angenommen hat, von dem sich der damalige Mensch wohl keine Vorstellung machen konnte. In gleicher Weise hat sich aber auch die Schädigungsmöglichkeit der Pflanze und des Bodens durch Immissionen gesteigert, so daß wir uns heute die Frage vorlegen müssen, ob wir in den vergangenen 100 Jahren genügend getan haben, um mögliche Schäden zu verhindern oder in Grenzen zu halten.

Wenn heute von Immissionen in der Tages- und Fachpresse gesprochen wird, so denkt man in erster Linie an Schwefeldioxid, Kraftfahrzeugabgase und Schwermetalle und deren Einwirkung auf die Gesundheit von Pflanze, Tier und Mensch. Definitionsgemäß sind Immissionen »die Zuführungen von festen, flüssigen und gasförmigen, die Luft verunreinigenden Stoffen, die ständig oder vorübergehend in Bodennähe verweilen«. Nach dieser Definition beschreibt der Begriff einen Vorgang; es ist jedoch üblich geworden, darunter auch alle Stoffe zu verstehen, deren Konzentration in der Luft über den normalen, natürlichen Werten liegt.

In der normalen, unbelasteten Luft sind bereits eine Unmenge von Stoffen in niedrigsten Konzentrationen vorhanden. Sie werden erst Schadstoffe (= Immission), wenn sie an Pflanzen, Tieren, Menschen und/oder Materialien Schäden anrichten.

Quellen und Verbreitung

Quellen für Schadstoffe sind Wohngebiete, Industrieanlagen und Kraftfahrzeuge (Abbildung 1). Mengenmäßig haben die Schadstoffe aus fossilen und rezenten Brennstoffen die größte Bedeutung. Durch Auftrieb und Wind werden sie verfrachtet. Bei dieser Verfrachtung tritt eine Verdünnung ein, so daß die Konzentration der Schadstoffe in der Luft mit zunehmender Entfernung vom Emittenten so weit absinkt, daß Schadwirkungen und Nachweise der (Schad-)Stoffe nicht mehr möglich sind. Um die Verfrachtung von Schadstoffen aus dem Wohnbereich des Menschen, aus den Industrie-Anlagen zu fördern, wurde der Schornstein erfunden. Seine Höhe, die Ablufttemperatur, die Windstärke und seine Richtung bestimmen die Transportweite der Schadstoffe.

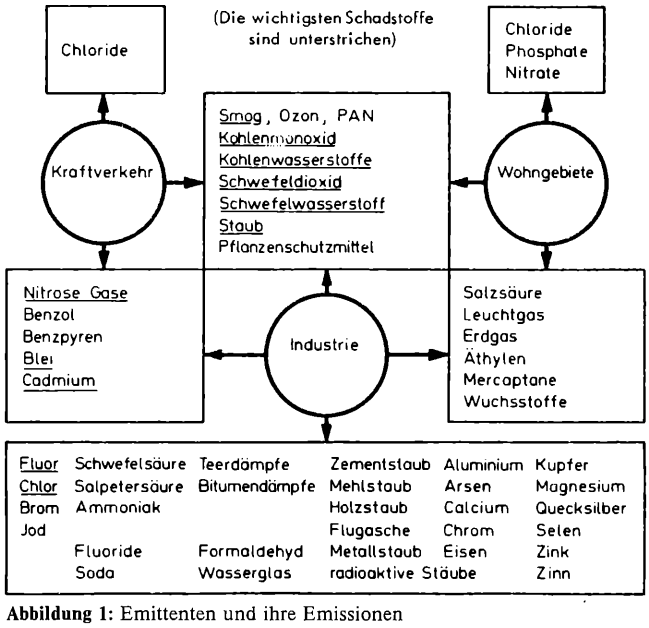

Abbildung 1: Emittenten und ihre Emissionen

Aus der älteren Literatur ist bekannt, daß akute Schadwirkungen an Pflanzen in der Regel nur in Entfernungen von weniger als 3 km vom Emittenten aufgetreten sind. Durch die Forderungen des Immissionsschutzgesetzes, die Schornsteine zu erhöhen, gingen in der Nähe der Emittenten die Schadstoffkonzentrationen zurück, was auch einen rapiden Rückgang der akuten Schadwirkungen zur Folge hatte.

Für die Ballungsgebiete und ihre Umgebung ist dieser Effekt der Immissionsschutzgesetzgebung ohne Zweifel ein Erfolg, nicht jedoch für das weite Land. Die weite Verfrachtung der Schadstoffe auf unsere land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen hat Probleme gebracht, deren Auswirkungen noch nicht erfaßbar sind. Hier sei nur an die Schlagzeilen erinnert, die auf das »Tannensterben« aufmerksam gemacht haben.

Neben den Schadstoffen aus Wohngebieten und Industrieanlagen gewinnen die aus dem Kfz-Verkehr zunehmend an Bedeutung. *Akute,* sichtbare Schäden, ausschließlich verursacht durch Kfz-Abgase sind jedoch nur vereinzelt an Pflanzen im Straßenrandbereich aufgetreten.

Immissionen können jedoch nicht nur sichtbare Schäden an

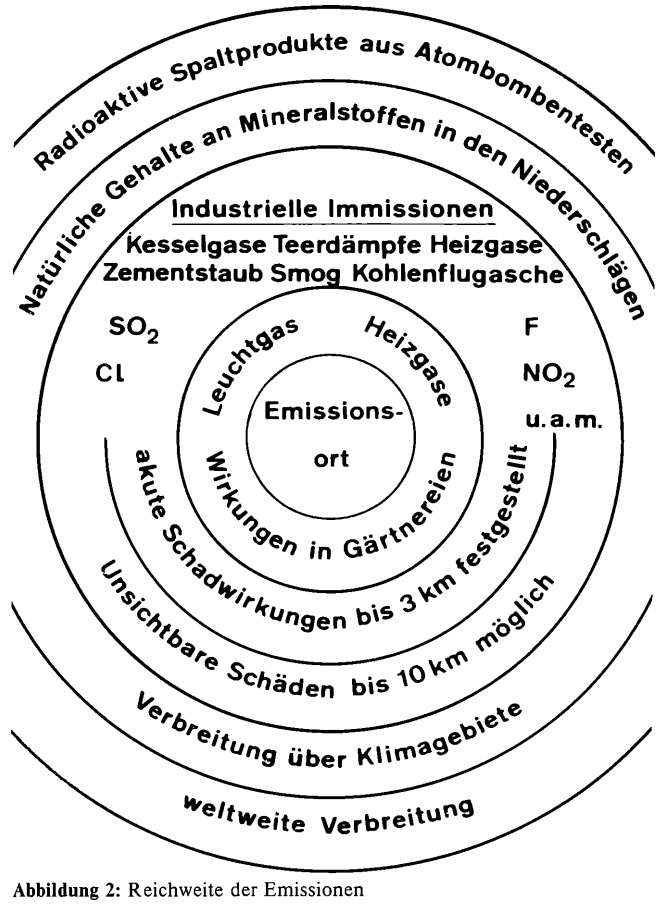

Abbildung 2: Reichweite der Emissionen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Pflanzen hervorrufen, sondern auch zur Anreicherung von Schadstoffen in der Pflanze führen, die auch als »unsichtbare Schäden« bezeichnet werden (Abbildung 2). Die Anreicherung der Schadstoffe erfolgt nicht nur in Pflanzen, sondern auch in Böden, wo sie gegebenenfalls auch pflanzenaufnehmbar sind! Die Reichweite dieser Schadstoffanreicherungen in Pflanzen und Böden ist von der Höhe der Quelle über dem Boden, der Schadstoffart und der Windstärke und -richtung abhängig und kann wesentlich größer als 10 km sein, wie in Abbildung 2 angegeben. Schadstoffe aus dem Kfz-Verkehr werden in der Regel in Entfernungen von weniger als 50–100 m vom Straßenrand abgelagert, können aber auch noch in Entfernungen von 200 m und darüber in Böden und Pflanzen in heute meßbaren Mengen angetroffen werden.

Es soll nun der Versuch unternommen werden, die Flächen abzuschätzen, die in einem Bereich liegen, in dem *akute* Schäden an Pflanzen möglich sind. Auf Grund der vorhandenen Literatur ist festzuhalten, daß bis zu einer Entfernung von 3 km vom Emittenten akute und bis zu 10 km unsichtbare Schäden auftreten können (GARBER 1967, KLOKE 1965). Geht man von einem Ballungszentrum mit potentiellen Emittenten aus, das einen Radius von 7 km hat, so hat dieses eine Fläche von ca. 155 km^2. Der sich daran anschließende Gürtel mit einer Breite von 3 km hat dann die Fläche von 314 km^2, vermindert um die Stadtfläche von ca. 155 km^2 ≈ 159 km^2. Gürtelfläche und Stadtfläche sind also annähernd gleich. Bei Städten mit größerem Durchmesser als 14 km sind die Flächen der Gürtel kleiner als das Stadtgebiet und umgekehrt. Da die Städte, die als potentielle Emittenten anzusehen sind, in der Regel einen weitaus größeren Durchmesser haben, sind ihre Gürtelflächen kleiner als die Stadtflächen.

Gebäude- und Hofflächen betragen in der Bundesrepublik Deutschland zusammen etwa 1 000 000 ha. Eine gleiche Fläche um diese Stadtflächen herum, die u.a. heute gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzt wird – also 1 000 000 ha – dürfte auch unter dem Einfluß von Immissionen liegen. Nimmt man an, daß beiderseits der Straßen die Kulturen jeder Art bis zu einer Entfernung von 50 m von der Straße beeinflußt werden können, so ergibt sich bei einer Länge der Bundesautobahnen, Bundesstraßen und Landstraßen I. Ordnung von ca. 75 000 km (ohne Ortsdurchfahrten) eine Fläche von 750 000 ha. Addiert man die Flächen der Gürtel um die Ballungszentren zu den Flächen der Bänder beiderseits der Verkehrswege, so sind dieses 1 750 000 ha, die Immissionen ausgesetzt sein können, jedoch nicht unbedingt ausgesetzt *sind!*

Bei einer Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland von 24 750 000 ha sind dieses etwa 7 v .H. Da alle Flächen, ob Gewässer oder Forst, von diesen Immissionen in gleicher Weise betroffen werden, wird geschätzt, daß auch ca. 7 v. H. der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzflächen, das sind ca. 1 000 000 ha, von ca. 14 000 000 ha in dem Bereich liegen, in dem akute Schäden durch Immissionen möglich sind (vergl. Abbildung 3).

Diese Aufrechnung und das Ergebnis muß man berücksichtigen, wenn man die Bedeutung der Belastung der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produktionen und Erntegüter durch Immissionen abschätzen will. Das bedeutet, daß über 90 v. H. der landwirtschaftlichen Produktionsfläche und ihre Erzeugnisse praktisch frei von Einflüssen durch akute Immissionen sind und bei höchstens 7 v. H. eine akute Beeinträchtigung vorliegen kann. Die akut geschädigten Flächen liegen dagegen nach einer Schätzung des BML aus dem Jahre 1960 noch wesentlich niedriger.

Im industriereichsten Land der Bundesrepublik Deutsch-

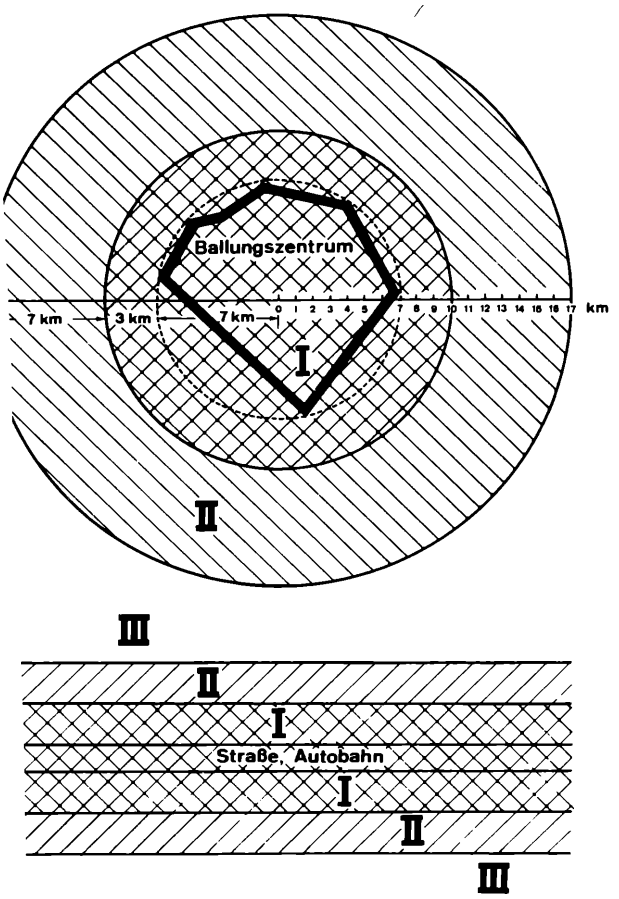

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Transportweite von Schadstoffen, die mit der Luft verfrachtet werden (ohne Berücksichtigung der Richtung und der Stärke des Windes) (nach KLOKE 1972)

I = Ballungszentrum mit einem 3 km breiten Randgürtel; ein 50 m breites Band beiderseits der stark befahrenen Straßen und Autobahnen. – In diesem Bereich *können* die Schadstoffgehalte in Boden und Pflanze deutlich erhöht sein und Schäden an Boden und Pflanzen auftreten.

II = Gürtel von 7 km Breite (zwischen 3 und 10 km vom Ballungszentrum); ein Band zwischen 50 und 100 m Entfernung von stark befahrenen Straßen und Autobahnen. – In diesem Bereich sind noch geringfügige Anhebungen von Schadstoffgehalten in Böden und Pflanzen feststellbar.

III = Anbaugebiete außerhalb der Reichweite akuter Immissionen. – Hier sind Anreicherungen von Schadstoffen in Böden und Pflanzen bisher nur selten festgestellt worden.

land, Nordrhein-Westfalen, lag die geschädigte Fläche mit 2,5 v. H. am höchsten und im Bundesdurchschnitt unter 1 v. H. Bemerkenswert ist noch der höhere Anteil der geschädigten Unterglaskulturflächen in Nordrhein-Westfalen mit etwa 15 v. H., was verständlich ist, da die gärtnerische Produktion in den Ballungszentren und an ihrer Peripherie am größten ist (KLOKE 1972).

Allgemeine Auswirkungen von Immissionen

Die Immissionen beeinflussen genauso wie die Wachstumsfaktoren mehr oder weniger stark die Pflanzenproduktion (Abbildung 4).

Zu den unabsichtlichen Fremdeinwirkungen, bei denen es sich nicht immer um Immissionen durch Stoffe handelt, gehören u.a. Senkungen oder Hebungen des Grundwasserspiegels, die unter Umständen die Pflanzenproduktion infrage stellen.

Bei den Immissionen ist streng zu unterscheiden zwischen den Faktoren, die positiv auf die Pflanzenproduktion wirken und denen, die den Ertrag oder den wirtschaftlichen Wert negativ beeinflussen. Sie sind in der einfachen von Justus von Liebig gegebenen Formulierung E = N – W (Ertrag = Nähr-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

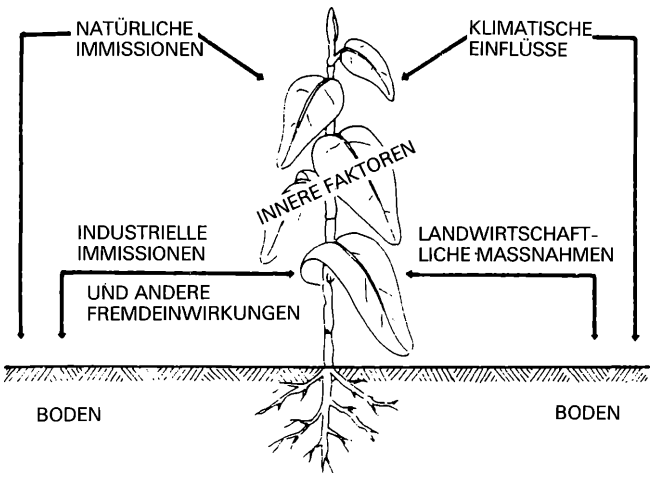

Abbildung 4: Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch natürliche und künstliche Außeneinflüsse

stoffe minus Widerstand) entweder bei N oder bei W zu addieren.

Immissionen können sowohl die chemischen als auch die physikalischen Bodenverhältnisse beeinflussen. Staubeinwehungen verändern vor allem die Textur, erhöhen den Ton- und Schluffanteil. Ein Einfluß auf die Humusformen erfolgt z.B. in starkem Maße durch Staubabgänge der holzverarbeitenden Industrie.

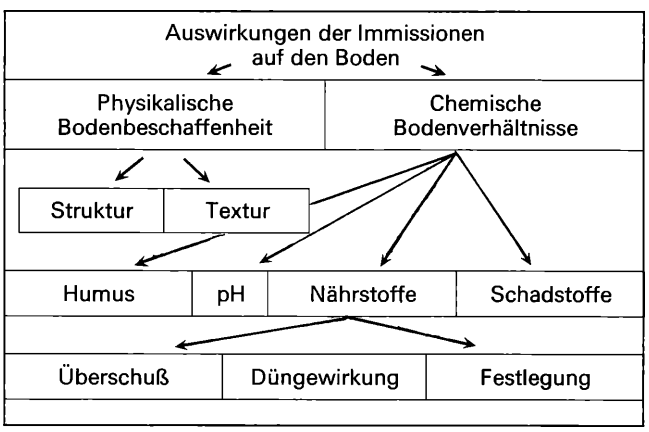

Abbildung 5

Der pH-Wert des Bodens wird durch Ca-haltige Stäube angehoben und durch sauren Regen gesenkt. So wurde auf einem Sandsteinverwitterungsboden der pH-Wert so weit erniedrigt, daß Kiefern eingingen; jedoch wirkte die Schwefeldioxyd-Immission des gleichen Werkes auf Kiefern auf einem alkalireichen Phonolithboden nicht toxisch.

Eine Nährstoffzufuhr erfolgt vornehmlich mit Stäuben und Niederschlägen (Tabelle 1). Neben einer begrüßenswerten Düngewirkung sind aber auch Schäden durch Überschuß z.B. von Magnesium, und Festlegung von Nährstoffen durch pH-Verschiebung beobachtet worden. Was den Schwefel anbelangt, wird der Bedarf unserer Kulturpflanzen durch die Schwefelmengen der Niederschläge gedeckt.

Tabelle 1: Nährstoffabgabe aus der Atmosphäre an Boden und Pflanze durch Niederschläge und Luft im Vergleich zum Nährstoffentzug durch Kulturpflanzen (nach RIEHM)

	kg je ha und Jahr							g/ha/Jahr
	S	Cl	N	Na	K	Mg	Ca	B
Regen ø	10	5	5	3	1,5	2	12	25
Luft ø	15	6	5	3	1,5	2	4	—
Luft + Regen ø	25	11	10	6	3	4	16	25
Entzug ø	15	15	75	7	85	10	40	30
Deckung des Bedarfs aus den Atmosphärilien %	166	73	13	86	4	40	40	83

Solange ein Boden ausreichende Mengen von Kalk zur Neutralisierung der sauren Niederschläge nachliefert, sind die Auswirkungen der Immission auf den Boden gering, da dieser dann Schadstoffe in unschädliche Bindungen festlegt. Dagegen ist die Verunreinigung der Abwässer mit Detergentien und Schadstoffen schwerwiegender für den Boden. Ebenso ist es mit der örtlich immer häufiger zu beobachtenden Verunreinigung des Bodens mit Heiz- und Treiböl.

Die industriellen Immissionen können sich auf die Pflanze so stark auswirken, daß eine Ertragsdepression eintritt. Der noch erzielte Ertrag läßt sich feststellen, so daß unter Berücksichtigung der ortsüblichen Erträge der Schaden errechnet werden kann.

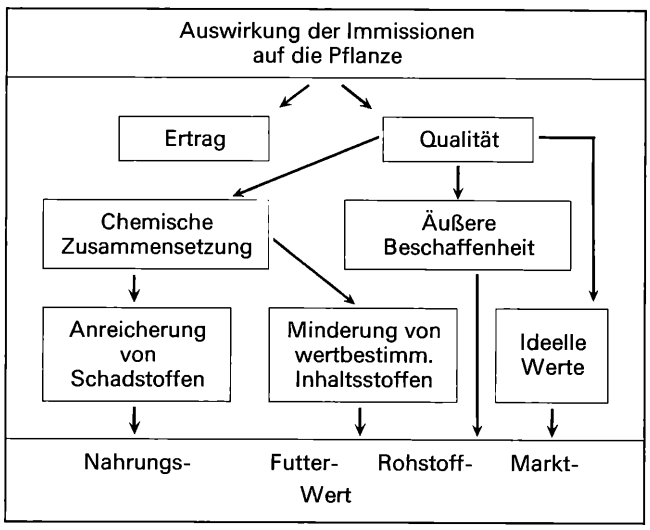

Abbildung 6

Anders ist es dagegen mit der Auswirkung auf die Qualität. Hier ist zu unterscheiden zwischen sichtbaren und unsichtbaren Schäden. Als sichtbare Schäden treten Chlorosen und Nekrosen auf. Diese Beschädigungen brauchen noch nicht zu einer Ertragsdepression führen, wenn man z.B. an Kartoffeln denkt, wo die Knollen das verkäufliche und allein nutzbare Erzeugnis sind. Beim Rübenblatt wird jedoch durch Nekrosen und eventuell anhaftende chemische Stoffe (auch Straßenstaub) der Futterwert beeinträchtigt.

Bei Staubniederschlägen auf den Pflanzen handelt es sich zwar auch um eine Veränderung der äußeren Beschaffenheit, aber oft nicht um eine Beeinträchtigung der Pflanze oder der Frucht.

Nehmen wir einmal als Beispiel Äpfel, die durch Straßen- oder Flugstaub verschmutzt sind. Durch diese Verschmutzung wird die äußere Beschaffenheit, die äußere Qualität, beeinträchtigt und der Marktwert gesenkt, aber nicht immer der Nahrungswert. Hier handelt es sich um eine Belästigung durch Staub, die die Ertragsbildung nicht beeinflußt, wohl aber den wirtschaftlichen Wert eines Erzeugnisses.

Ähnlich liegt es bei Zierpflanzen, besonders bei Schnittblumen, die verstaubt keinen Abnehmer finden. Bei den ideellen Werten denkt man an die Verstaubung und Wachstumsbeeinflussung von Grünanlagen und Parks, die sich u.U. auch finanziell auswirken können.

Bei sichtbaren Schäden, bei Blattnekrosen, ist die Anreicherung von Schadstoffen und damit eine Veränderung des Nahrungs-, Futter- und Rohstoffwertes wahrscheinlich.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Aber auch bei äußerlich unsichtbaren Schäden werden durch chronische Schwefeldioxyd-, Chlor- oder Fluoreinwirkungen Anreicherungen mit diesen Stoffen analytisch festgestellt. Diese Anreicherung braucht nicht, aber kann den Nahrungs- oder Rohstoffwert mindern. Bei den Einflüssen auf die Pflanze ist also zu unterscheiden zwischen einem *Schaden,* der sich in der Ertrags- und Qualitätsminderung zeigt, einer *Beschädigung,* die den Ertrag nicht mindert, aber den ideellen Wert senkt und einer *Belästigung,* die durch Verstaubung den Marktwert senkt und/oder den ideellen Wert drückt.

Wirkungen einzelner Schadgase

Schwefeldioxid, dessen Quelle vornehmlich die fossilen Brennstoffe sind, ruft in Konzentrationen von über 220 μg SO_2/m^3 Luft bei einer Einwirkungszeit von 30 Minuten Schäden an SO_2-empfindlichen Pflanzen hervor, während weniger empfindliche Pflanzen noch etwa 530 μg SO_2/m^3 Luft vertragen (Tabelle 2).

Einige Koniferen können unter ungünstigen Wachstumsbedingungen, bei Frosttemperaturen, schon bei 20–30 μg SO_2/m^3 Luft in der Entwicklung beeinträchtigt werden. Die sichtbaren Schäden äußern sich in braunen bis rötlichen Nekrosen, vornehmlich an den Nadel- und Blattspitzen und Blatträndern. Der S-Gehalt der Böden und Pflanzen wird in Schadgebieten angehoben. Über den Schwefelgehalt von Pflanzen aus beaufschlagten und nichtbeaufschlagten Gebieten gibt es in der Literatur zahllose Angaben. Der Gehalt dieses Elementes in der Pflanze, das zugleich ein lebensnotwendiger Nährstoff ist, schwankt zwischen 0,1 und 0,5 % S in der Trockenstubstanz. Er ist vom Gehalt des Bodens, den eingesetzten Düngemitteln und dem Alter der Pflanze abhängig und kann nur mit Vorbehalten als Indiz für einen möglichen SO_2-Schaden dienen. Der höhere SO_4-Gehalt des Bodens – als Folge des »sauren Regens« – führt zur Bodenversauerung, der jedoch durch Kalkung entgegen gewirkt werden kann. Der höhere S-Gehalt der Pflanzen ist für deren weitere Verwendung als Nahrungs- oder Futtermittel ohne Bedeutung und hat auch keinen Einfluß auf den Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen der Pflanze. Bisher sind auch keine Vergiftungen bei Mensch und Tier bekannt geworden, die man auf erhöhte S-Gehalte in pflanzlichen Nahrungs- oder Futtermitteln hätte zurückführen können.

Fluorwasserstoff führt bei sehr empfindlichen Pflanzen schon bei 1 μg F/m^3 Luft und einer Einwirkungszeit von 30 Minuten zu Nekrosen, die den durch wesentlich höhere SO_2-Mengen verursachten ähneln. Das dem Boden zugeführte Fluor erhöht zwar seinen Fluorgehalt, übt dort aber keine weiteren Wirkungen aus, solange es durch im Boden vorhandenes Calcium gebunden werden kann. Der normale Fluor-Gehalt der Pflanze liegt bei 3–30 mg/kg Trockensubstanz. Eine Erhöhung durch Fluorabgase auf 50–2.000 mg/kg wurde vielfach analytisch festgestellt und kann für den Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenbau z.B. in der Nähe von Aluminiumwerken den Ruin bedeuten. Futter aus der Nähe Fluor emittierender Betriebe sollte erst nach Durchführung einer Fluoranalyse und der Freigabe durch die zuständigen Untersuchungsanstalten verfüttert werden, um klinische Fluorosen beim Tier zu verhüten.

Für einige Haustiere werden von der VDI-Kommission »Reinhaltung der Luft« zusammen mit einer Arbeitsgruppe im BML »Maximale Immissions-Raten« (MIR) festgelegt, die nicht überschritten werden sollten. Im Entwurf der VDI-Richtlinie 2310, Blatt 26, heißt es hierzu:

»Die Immissionsdosis für die Futterpflanze darf innerhalb einer 7 Monate dauernden Vegetationsperiode höchstens so hoch sein, daß die folgenden Immissions-Raten für die genannten Nutztiere (in Milligramm Fluorid pro kg Körpermasse und Tag in der Gesamtration einschließlich Trinkwasser) nicht überschritten werden:

Milchkühe (einschl. der für Milchproduktion bestimmten Nachzucht)	1,0
zur Mast bestimmte männliche und weibliche Rinder	1,25
männliche und weibliche Rinder in der Endmast (3 Monate)	2,5
Schafe und Ziegen	1,5
Mastlämmer	3,75

Diese Werte stellen Jahresmittelwerte dar und beziehen sich auf die Aufnahme während der üblichen Haltungsdauer. Fol-

Tabelle 2

Schädigungs- und Immissionsgrenzwerte			$\mu g/m^3$ Luft				
			HF	SO_2	HCl	NO_2	HNO_3
Maximale Immissionskonzentrationen (von Naturwissenschaftlern in der VDI-Kom. »Reinhaltung der Luft« erarbeitet – MIK-Werte)	Jahresmittelwert MIK-D(auer)	Sehr empfindliche Pflanzen werden geschädigt bei Gehalten in der Luft über	0,3	60	100	./.	./.
		Empfindliche Pflanzen werden geschädigt bei Gehalten in der Luft über	0,5	90	150	350	1.300
		Weniger empfindliche Pflanzen werden geschädigt bei Gehalten in der Luft über	1,4	130	./.	./.	./.
	Mittelwert über 30 Minuten MIK-K(urz)	Sehr empfindliche Pflanzen werden geschädigt bei Gehalten in der Luft über	0,9	220	400	./.	./.
		Empfindliche Pflanzen werden geschädigt bei Gehalten in der Luft über	1,5	350	600	750	2.600
		Weniger empfindliche Pflanzen werden geschädigt bei Gehalten in der Luft über	4,2	530	./.	./.	./.
Immissionsgrenzwerte, vom Gesetzgeber in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft genannt (TA-Luft)		Langzeitwert IW1	1	140	100	80	
		Kurzzeitwert IW2	3	400	200	300	
Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen = MAK-Werte, festgelegt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft			2.000	5.000	7.000	9.000	25.000

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

gende kurzfristige Überschreitungen sind ohne gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen:

zur Mast bestimmte männliche und weibliche Rinder	2 Monate lang	bis 1,5 mg/kg u. Tag
	oder 1 Monat lang	2,5 mg/kg u. Tag
Milchkühe	1 Monat lang	1,5 mg/kg u. Tag

Die akute, orale Toxizität für leicht lösliche Fluoride liegt beim Wiederkäuer zwischen 6 und 10 mg/kg Körpermasse und Tag (entsprechend etwa 250 bis 500 mg/kg im Futter), während die mittlere letale Dosis nach einmaliger oraler Verabreichung 50–70 mg F pro kg Körpermasse beträgt.

Die MI-Werte lassen die Art der aufgenommenen fluoridhaltigen Verbindungen unberücksichtigt. Sie basieren auf den Wirkungen der leicht resorbierbaren Fluoride.

Für Hühner und Schweine werden MI-Werte nicht angegeben, da diese Tierarten weniger empfindlich sind. Die als Futtergrundlage für diese Nutztiere dienenden Getreidearten werden zudem durch fluoridhaltige Immissionen wenig beeinflußt.

Eine Beeinflussung der zu Nahrungszwecken zu verwendenden Gewebe der Nutztiere einschließlich der Milch durch erhöhte Fluoridgehalte ist bei dieser Fluorid-Dosis nicht zu befürchten.

Bei Einhaltung der aus Wirkungsuntersuchungen abgeleiteten MI-Werte im Futter sind bei Nutztieren sichtbare Schäden sowie Beeinträchtigungen der physiologischen Leistungsfähigkeit und negative wirtschaftliche Auswirkungen nicht zu erwarten«.

Die vorliegende Neufassung der TA-Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) sieht für Fluorwasserstoff einen Langzeitwert (IW1-Wert) von 1 μg F/m^3 Luft vor (Tabelle 2). Wird in den Sommermonaten dieser Wert nicht überschritten, kann man bei normalem Futterzuwachs davon ausgehen, daß der Fluorgehalt in den Futterpflanzen unter 40 mg F/kg Trockenmasse bleibt. In den zuwachsarmen Jahreszeiten sind jedoch Überschreitungen möglich. Bei einem Gehalt des Futters unter 40 mg F/kg werden die oben genannten Immissionsraten nicht überschritten.

Nicht nur für die Tierernährung, sondern auch für die Forstwirtschaft sind Schäden durch Fluor in der Nähe von fluoremittierenden Industriewerken von Bedeutung. Aus neuen und alten Arbeiten geht hervor, daß vor allem die Rinde der Bäume größere Fluormengen zu speichern vermag. Aus der Luft von der Rinde aufgenommenes Fluor wird von ihr festgehalten und nur wenig zum Kernholz und kaum zu den Blättern und Nadeln transportiert. Die dem Werke zugewandte Seite der Rinde weist höhere Fluorgehalte auf als die dem Werk abgekehrte Seite, so daß mit Hilfe eines Fluoranalysennetzes ein Emittent geortet werden kann.

Es ist bisher nicht bekannt geworden, daß beim Menschen durch den Verzehr von Pflanzen mit höheren Fluorgehalten Schäden entstanden sind. (Fluor wird der Zahnpasta und in einigen Gegenden auch dem Trinkwasser zugegeben). Fluor- und Trockenschäden an Gräsern sehen einander ähnlich. Sie lassen sich aber durch die Fluoranalyse leicht unterscheiden.

Auch bei *Chlorwasserstoff,* dessen Menge in der Luft vornehmlich in der Umgebung von Müllverbrennungsanlagen im Steigen ist, sind die Schadsymptome denen durch SO_2 ähnlich. Bei Konzentrationen über 400 μg HCl/m^3 Luft und einer Einwirkungszeit von 30 Minuten sind bei sehr empfindlichen Pflanzen Schäden zu erwarten (Tabelle 2). Die Erhöhung des Cl-Gehaltes im Boden ist vorübergehend, da Cl^- sehr stark der Auswaschung unterliegt. Eine kontinuierliche Zufuhr (und damit auch der Auswaschung) kann jedoch zu einer pH-Erniedrigung und verstärkter Auswaschung von Ca^{++}, K^+ und anderen Kationen führen, so daß eine Kalkung erforderlich wird. Höhere Cl-Gehalte in der Pflanze beeinflussen nicht deren Nahrungs- und Futterwert.

Nitrose Gase (NO und NO_2) sind ebenfalls wie die 3 vorausgegangenen Schadgase zu den sauren Gasen zu rechnen, verursachen aber erst ab 750 μg NO_2/m^3 Luft bei einer Einwirkungszeit von 30 Minuten an empfindlichen Pflanzen ähnliche Symptome wie die vorgenannten Gase (Tabelle 2).

Während die sogenannten »sauren« Gase Nekrosen hervorrufen, deren Färbungen hell oder klar sind, sind die Farben der durch das alkalische *Ammoniak* verursachten Nekrosen schmutzig oder gräulich. Die Ursache ist in Reaktionsprodukten des NH_3 mit metallischen Elementen zu suchen, die dunkel gefärbt sind, so daß die Nekrosenfarben der Blätter nicht so klar sind, wie bei sauren Gasen.

Nahrungs- und Futterwert geschädigter Pflanzen werden weder durch Nitrose Gase noch durch Ammoniak und auch nicht durch einen eventuell höheren Stickstoffgehalt der Pflanzen gemindert.

Gelangen Stickstoffoxide und Ammoniak in den Boden, so werden sie dort in den Stickstoffvorrat und die Umwandlungsprozesse der Stickstoffverbindungen des Bodens einbezogen. Nachteilige Wirkungen sind nicht zu erwarten.

Kraftfahrzeugabgase enthalten eine Unzahl von Stoffen, deren Wirkungen und Chemismen noch weitgehend unerforscht sind. Die wirksamsten Komponenten sind Stickoxide, Äthylen und Kohlenmonoxid, die sowohl allein als auch in Kraftfahrzeugabgasen einen negativen Einfluß auf Pflanzen in Ballungszentren ausüben. Blühfreudigkeit und Blühdauer werden durch vorzeitigen Abwurf von Knospen und Blütenblättern vermindert. Der Einfluß der Kraftfahrzeugabgase in ihrer Gesamtheit auf den Boden ist weitgehend unerforscht, dürfte aber gering sein, wenn man von den Schwermetallen absieht, auf die später eingegangen wird. Ob den Pflanzen anhaftende Stoffe aus den Kfz-Abgasen gesundheitsschädlich sind, ist nicht bekannt, auch wenig wahrscheinlich. Obst und Gemüse aus Straßennähe sollte jedoch vor dem Verzehr und der küchenfertigen Aufbereitung gewaschen werden.

Ozon und Photo-Oxidantien treten in Europa nur in warmen, sonnenscheinreichen Perioden (und Gegenden) in für Pflanzen negativ wirkenden Konzentrationen an den dem Wind abgekehrten Seiten der Ballungszentren auf. Ozon ruft an der Oberseite von Blättern zunächst nadelspitzengroße, weiße bis braune Nekrosen hervor, so daß die Blattoberfläche wie bestäubt erscheint. Später laufen diese Punktnekrosen zusammen und können auch die Blattunterseite erreichen. Bei langen Sonnenscheinperioden und einem geringen Gehalt von Sauerstoffakzeptoren in der Luft ist ein Ozon-Transport über größere Strecken wahrscheinlich. Über den Einfluß von Ozon auf den Nahrungs- und Futterwert von Pflanzen ist nichts bekannt. Negative Einflüsse auf den Boden wurden bisher nicht beobachtet.

Zusammenfassend ist also festzustellen: Die bisher genannten Schadgase können an Pflanzen während ihrer Vegetationszeit (bei immergrünen Pflanzen also auch im Winter) Schäden hervorrufen, wenn stoffspezifische Konzentrationen bestimmte Zeiten einwirken. Die Schäden, die diese Schadgase am Boden hervorrufen, sind gering und durch entsprechende Mineraldüngung reparabel. Wird die Schadgasquelle beseitigt, sind also vom Boden her keine nachwirkenden Einflüsse zum Schaden der Pflanze durch Schwefeldioxid, Fluorwasserstoff, Salzsäure, Nitrose Gase, Ammoniak und Kfz-Abgase zu erwarten, wenn man von der langfristig nicht auszuschließenden pH-Wert erniedrigenden Wirkung

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

des »sauren Regens« absieht. Ob das landauf landab jetzt viel diskutierte Tannen-, Fichten-, Buchen- und Ulmensterben primär auf den sauren Regen zurückzuführen ist, wird wohl noch einige Jahre die Forschungseinrichtungen beschäftigen.

Schwermetalle

Schwermetalle rufen an Pflanzen in den bisher in der Luft bekannt gewordenen Mengen zwar keine sichtbaren Schäden hervor, reichern sich aber in und auf Pflanzen und erst recht in Böden in Mengen an, die bei Produktion und Verwertung von Nahrungspflanzen beachtet werden sollten.

Folgende schwermetallbelastete Standorte haben in den letzten Jahren in der Presse Schlagzeilen gemacht:

Nordenham, Harzvorland, Stolberg: An diesen drei Orten wurden/werden Schwermetalle abgebaut oder verarbeitet. Wichtige Elemente: Blei und Cadmium.

München, Hagen: Ausbringung von schwermetallhaltigen Klärschlämmen und/oder Müllklärschlammkomposten. Wichtiges Element: Cadmium, aber auch andere Schwermetalle.

Stuttgart: Aufbringung von Neckarschlamm auf landwirtschaftliche Nutzflächen. Wichtiges Element: Cadmium.

Lengerich: Schwermetalle im Drehofenflugstaub der Zementindustrie. Wichtiges Element: Thallium.

Autobahnen und verkehrsreiche Straßen: Schwermetalle aus den Kfz-Abgasen. Wichtige Elemente: Blei und Cadmium.

Ballungsgebiete: Schwermetalle in der Asche und Flugasche, die bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Müll anfällt. Wichtige Elemente: Alle Schwermetalle.

Diese Aufzählung ziegt, daß insbesondere in stadtnahen Bereichen Schwermetall-Immissionen auftreten, während die weiten land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen kaum belastet werden. Dies bestätigen auch alle bisher bekannt gewordenen Boden- und Pflanzenanalysen. Probleme gibt es nur in und nahe der Ballungsgebiete und an besonderen z.T. oben genannten Orten.

Bundesweit gesehen liegt heute keine bedenkliche Belastung der Nahrung mit Schwermetallen vor. Anders ist es in den Ballungsgebieten. Dies könnte nun dem »Selbstversorger« in Ballungsgebieten bzw. in Belastungsgebieten zu denken geben. Da es heute aber keine »Selbstversorger« gibt, die ihre Nahrung *ausschließlich* im Ballungs-/Belastungsbereich erzeugen und durch die bundes- und weltweite Umverteilung der Lebensmittel eine »Verdünnung« eintritt, werden in der Nahrung der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland in ihrer Gesamtheit die von der WHO/FAO festgelegten tolerierbaren Mengen an Schwermetallen (berechnet auf 70 kg Körpergewicht)

3,5 mg Blei/Woche
0,35 mg Quecksilber/Woche
0,53 mg Cadmium/Woche

nicht überschritten.

Diese Formulierung ist für Betriebe, die ihre Nutzflächen in Sichtweite eines potentiellen Schwermetall-Emittenten haben, natürlich unbefriedigend, wie auch die Reaktionen der Betroffenen gezeigt haben. Klein- und Hausgartenbesitzern in solchen Gebieten muß empfohlen werden, Obst und Gemüse gut zu waschen, wobei auch Geschirrspülmittel eingesetzt werden können. Die Mengen sollten jedoch die für das Spülen von Geschirr empfohlenen nicht überschreiten. Selbstverständlich spült man dann gut mit klarem Wasser nach. Vor allem beim Blei, aber auch bei anderen schwermetallhaltigen Immissionen kann die Schwermetallzufuhr mit der Nahrung durch Waschen des Gemüses um 30–70 % reduziert werden. Leichtbewegliche Schwermetalle und solche, die auch leicht aus dem Boden aufgenommen werden, wie Cadmium und Thallium, werden jedoch durch Waschen nur in geringen Mengen entfernt, wenn sie nicht-inert emittiert wurden. Fallspezifische Empfehlungen können allerdings nur gegeben werden, wenn ausreichende Hintergrundinformationen bekannt sind.

Auf Pflanzen abgelagertes *Blei* wird praktisch nicht in ihr Inneres transportiert und löst auch keine pflanzenphysiologischen Reaktionen aus. Für den in (und auf) Pflanzen tolerierbaren Bleigehalt sind vom Bundesgesundheitsamt Berlin-Dahlem Richtwerte vorgeschlagen worden. Danach sollte Obst nicht mehr als 0,5, Blattgemüse nicht mehr als 1,2 Wurzelgemüse nicht mehr als 0,5 und Kartoffeln nicht mehr als 0,2 mg Pb/kg in der Frischsubstanz enthalten.

Die bereits bei »Fluor« genannte Arbeitsgruppe hat im Entwurf der VDI-Richtlinie 2310 Blatt 27 für Blei folgende maximalen Immissions-Raten (MIR) vorgeschlagen:

Kälber, Lämmer	20 mg/kg Futter mit 12 % Restfeuchte der Gesamtration
Milchkühe, Ziegen und Schafe	40
andere Wiederkäuer	30
Schweine	5
Geflügel	20

In der Begründung heißt es u.a.:

»Die angegebenen Werte gehen davon aus, daß das den Tieren zur Verfügung stehende Tränkwasser hinsichtlich seines Bleigehaltes quantitativ berücksichtigt wird. Die Werte lassen die Art der aufgenommenen bleihaltigen Verbindungen unberücksichtigt. Sie basieren überwiegend auf den Wirkungen der leicht resorbierbaren Bleisalze.«

Der Bleigehalt des Bodens, der normalerweise 0,1–20 mg Pb/kg Trockenmasse beträgt, ist vielerortes – so auch an Verkehrswegen und in innerstädtischen Böden – angehoben worden, so daß der im Boden als tolerierbar angesehene Bleigehalt von 100 mg/kg mehrfach überschritten wurde. Hierzu kann auch die Düngung mit Müll- und Müllklärschlammkompost (was durch Nennung von Grenzwerten für Blei im Klärschlamm eingeschränkt werden soll) und die früher übliche »Düngung« mit Asche aus der Kohle- und Holzverbrennung beigetragen haben.

Die Bleiaufnahme durch Wurzeln aus dem Boden ist bedeutend, der Transport in oberirdische Pflanzenteile aber sehr gering, da der größte Teil des Bleies in den äußeren Schichten der Wurzel verbleibt. Bei Möhren, Rettich, Kartoffeln usw. kann daher durch Schälen die Pb-Zufuhr mit Wurzel- und Knollenfrüchten erheblich reduziert werden. Die Auswaschung von Blei aus dem Boden ist sehr niedrig, so daß bei weiterer Zufuhr mit einer steten Erhöhung des Bleigehaltes im Boden gerechnet werden muß. Dies ist so lange von geringer Bedeutung, wie der pH-Wert nahe dem Neutralpunkt liegt. Wird der pH-Wert im Laufe der Zeit durch eine physiologisch saure Düngung (einseitiger Einsatz von Mehrnährstoffdüngern) oder durch saure Niederschläge zur sauren Seite hin verschoben, steigt die Bleiaufnahme an. Der Aufnahme von Blei aus dem Boden kann daher durch Düngung mit Kalk entgegengewirkt werden.

Quecksilber gilt unter den Schwermetallen für den Menschen als giftigstes Element. Für Pflanzen ist es ähnlich schädlich wie Cadmium und verursacht nach Aufnahme aus dem Boden Ertragsrückgänge und bei sehr hohen Gehalten im Boden auch Chlorosen und Nekrosen an den Blättern. Eine verbreitete Quelle für Quecksilber sind, neben fossilen Brennstoffen, einschlägige Industriewerke, Klärschlämme und Komposte. Wie bei anderen Schwermetallen ist auch

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

beim Quecksilber der Anstieg des Gehaltes im Boden ein Indiz für eine vorausgegangene Kontamination aus den verschiedensten Quellen. Der normale Quecksilber-Gehalt im Boden liegt zwischen 0,02 und 0,2 mg/kg. Proben aus Wohngebieten, von mit Abfällen gedüngten Flächen und aus Industriebereichen lassen einen Anstieg des Hg-Gehaltes erkennen. Bis 2 mg Hg/kg werden als noch vertretbar angesehen. Für Getreide wurden 0,03 mg/kg und für Kartoffeln 0,02 mg/kg als Richtwerte vom Bundesgesundheitsamt festgelegt. Für Gemüse wurden bisher keine genannt, da die meisten bisher bekannt gewordenen Gehalte an Quecksilber zu keinen Bedenken Anlaß gegeben haben.

Das Schwermetall, das uns heute die meisten Sorgen bereitet, ist *Cadmium*. Seit der Feststellung der chronischen Cadmium-Intoxikation im Distrikt Toyama/Japan werden Forschungen über die Bedeutung des Cadmiums für die menschliche Gesundheit sehr intensiv durchgeführt. Als Quellen für eine Kontamination von Böden und Pflanzen können genannt werden: Zink- und cadmiumverarbeitende Industrien (da Zink immer mit Cadmium vergesellschaftet ist), Heizöle, Cadmiumfarben, Dieselkraftstoffe und Schweröle, Abrieb der Autoreifen und besonders Müllverbrennungsanlagen.

Im Gegensatz zum Blei ist Cadmium ähnlich wie Zink in Pflanze und Boden leicht beweglich. Es wird sowohl vom Blatt als auch von der Wurzel aus in alle Pflanzenteile transportiert. Wurzelgemüse und Obst sollten nicht mehr als 0,05 mg/kg und Kartoffeln sowie Blatt-, Sproß- und Fruchtgemüse nicht mehr als 0,1 mg/kg in der Frischsubstanz enthalten.

Die bereits bei »Fluor« genannte Arbeitsgruppe schreibt im Entwurf der VDI-Richtlinie 2310 Blatt 28:

»Da Cadmium vom Tier mit dem Futter aufgenommen wird, darf die Immissions-Rate für die Futterpflanze, einschließlich der Aufnahme aus dem Boden, höchstens so hoch sein, daß die folgenden Gehalte im Futter nicht überschritten werden:

Wiederkäuer 1,0 mg/kg Futter mit 12 % Restfeuchte der Gesamtration
Schwein, Geflügel 0,5 " .«

»Die angegebenen Cadmiumkonzentrationen im Futter stellen sicher, daß die Cadmium-Akkumulation in der Leber i.a. unterhalb der vom Bundesgesundheitsamt herausgegebenen Richtwerte '79 für Schweineleber 0,8 mg/kg und Rinderleber 0,5 mg/kg bleibt.«

Als vertretbarer Gehalt im Boden, wo es auch durch die Düngung mit Müll- und Müllklärschlammkomposten angereichert werden kann, werden 3 mg Cd/kg lufttr. Boden angesehen. Der normale Gehalt liegt bei 0,1–1 mg/kg lufttr. Boden.

Wie stark Gemüsearten auf höhere Cd-Gehalte im Boden reagieren, zeigt Tabelle 3. Wir haben auf dem Versuchsfeld der Biologischen Bundesanstalt in Berlin-Dahlem auf 2 Parzellen gleichen Bodens, die sich aber im Cadmiumgehalt unterscheiden (1,4 bzw. 3,8 mg Cd/kg lufttr. Boden) verschiedene Gemüsearten aus gleichem Saatgut zu gleichen Zeiten (wie ein Kleingärtner) kultiviert. Ernte und Aufbereitung erfolgten küchen- bzw. verzehrfertig. Das so gewonnene Material wurde getrocknet und auf Cadmium analysiert. Tabelle 3 bringt im oberen Teil die hier relevanten Bodenwerte und im Hauptteil die Gehalte in der Trockensubstanz der aufbereiteten Gemüsearten, geordnet nach steigenden Cd-Gehalten auf dem Boden I. Die rechte Spalte zeigt um wieviel der Cd-Gehalt im Boden bzw. im Gemüse auf dem Standort II mit 3,8 mg Cd/kg Boden höher liegt. Mittelt man die 33 Relativ-Werte der analysierten Gemüseteile, so ergibt

Tabelle 3: Beziehungen zwischen dem Cadmiumgehalt im Boden und dem Cadmiumgehalt im zum Verzehr bestimmten Gemüseteilen von 2 Standorten mit unterschiedlichem Cadmiumgehalt

	Boden I	Boden II	relativ Boden I = 100
pH-Wert	6,9	6,8	
	mg Cd/kg Boden (lufttrocken)		
Königswasseraufschluß	1,4	3,8	271
Extrakt mit 1/40 n $CaCl_2$	0,04	0,25	600
Gemüseart	mg Cd/kg Tro.-stubst.		relativ Gemüse von Bd. I = 100
Erbsen (trocken)	0,02	0,23	1150
Erbsen grüne Hülsen	0,05	0,28	560
Erbsen grüne Erbsen	0,05	0,96	1920
Buschbohnen (trocken)	0,05	0,07	140
Blumenkohl (Blume)	0,08	0,72	900
Buschbohnen (grün)	0,09	0,11	122
Rotkohl	0,10	0,25	250
Wirsingkohl	0,11	0,59	536
Spitzkohl	0,12	0,83	692
Weißkohl	0,13	0,42	323
Kohlrabi (Knolle)	0,17	1,13	665
Petersilie (Wurzeln)	0,21	0,91	433
Blumenkohlblätter	0,22	1,23	559
Petersilie (Blätter, glatt)	0,23	0,84	365
Rosenkohl-Rosen	0,24	0,56	233
Rosenkohl-Blätter	0,26	0,55	212
Tomaten-Früchte	0,26	0,91	350
Petersilie (krause Bl.)	0,28	1,70	607
Porree	0,30	1,75	583
Grünkohl	0,31	0,93	300
Rote Rübe (Rübe)	0,31	1,23	397
Kohlrabi (Blätter)	0,31	2,70	871
Schwarzwurzeln (Wurzel)	0,37	3,25	878
Möhren (Rübe)	0,39	1,92	492
Radieschen (Rüben)	0,42	2,00	476
Petersilie	0,52	2,81	540
Kopfsalat	0,59	7,44	1261
Rote Rübe (Blätter)	0,64	4,17	651
Schwarzwurzel (Blätter)	0,64	5,58	871
Möhren (Blätter)	0,68	4,25	625
Tomaten (Blätter)	0,91	7,75	852
Sellerie (Knolle)	1,04	5,23	503
Sellerie (Blätter)	1,28	4,43	346

sich eine durchschnittliche Erhöhung auf 596 %. Um praktisch den gleichen Wert (600 %) höher liegt auch der im Boden in 1/40 n $CaCl_2$-Lösung lösliche Cadmiumgehalt.

Um die Werte der Tabelle 3 mit den Richtwerten des Bundesgesundheitsamtes vergleichen zu können, wird der Einfachheit halber ein Trockensubstanzgehalt des Gemüses von 10 % vorgenommen. Die Werte der Tabelle 3 wären also um den Faktor 10 zu erniedrigen. Verfährt man so, so liegen alle unterstrichenen Werte über den Richtwerten des Bundesgesundheitsamtes. Wird der Cd-Gehalt des Bodens durch Cadmiumzufuhr noch stärker erhöht, so kommt es zu einer noch stärkeren Anreicherung vor allem in den vegetativen Teilen verschiedener Nutzpflanzen. Somit spiegeln sich höhere

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Gehalte des Cadmiums im Boden sofort in höheren Gehalten in der Pflanze wider. Die Cadmiumaufnahme aus dem Boden und die Gehalte in den einzelnen Pflanzenteilen sind sehr stark von der Pflanze und dem untersuchten Material und vom pH-Wert des Bodens abhängig: Je saurer der Boden wird, um so leichter wird das Cadmium aufgenommen. Ab 20 mg Cd/kg Boden ist bereits mit einem Ertragsrückgang und mit Chlorosen und Nekrosen an den Blättern zu rechnen.

Ein gewisses Problem sind nun die Böden, deren Schwermetallgehalte aus vielerlei Gründen bereits heute über den genannten Richt- oder Grenzwerten liegen. Es ist nun nicht so, daß auf diesen Böden in Zukunft keine Pflanzenproduktion mehr erlaubt ist! Jeder Landwirt sollte aber bemüht sein, durch Sanierungs- und Kulturmaßnahmen (Kalkung, physiologisch-alkalische Düngung, Auswahl der Pflanzenarten) die Schwermetallzufuhr nach Nahrung so niedrig wie möglich zu halten. Cadmium wird aus dem Boden ebenso leicht aufgenommen wie Zink, aber wesentlich leichter als Blei. In der Pflanze wird Cadmium vornehmlich mit dem Transpirationsstrom verlagert, so daß die Pflanzenteile, die stark transpirieren, in der Regel höhere Cadmium-Gehalte aufweisen. Zu ihnen gehören in erster Linie Blätter (Blattgemüse!), aber auch grüne Stiele und Stengel. Der Cadmium-Gehalt dieser Pflanzenteile ist umso höher, je länger die Vegetationszeit, je höher die Bodenfeuchtigkeit und je niedriger die Luftfeuchtigkeit ist. Körner, Früchte (Tomaten, Obst), Samen, Beeren, Knollen, Rübenkörper und die inneren Teile von Kohl- und Salatköpfen haben in der Regel einen niedrigeren Cd-Gehalt.

Zusammenfassung

Die Gesetzgebung früherer Jahrzehnte hat von potentiellen Emittenten Schornsteinhöhen gefordert, die einen Abtransport der Schadstoffe ins weite Land möglich machen. Dies hat zu einer *Abnahme* von *akuten* Schäden an Pflanzen durch die verschiedensten Schadgase geführt. Jedoch werden auch heute noch in der Nähe der Emittenten höhere Gehalte der Schadstoffe in Nahrungspflanzen angetroffen.

Für die Ernährung und Gesundheit des Menschen sind Erhöhungen der Schwefel-, Chlor-, Fluor- und Stickstoffgehalte praktisch ohne Bedeutung. Dagegen können hohe Fluorgehalte in Futterpflanzen bei einigen Tierarten Schäden hervorrufen.

Punktuell werden in und auf Pflanzen auch höhere Schwermetallgehalte angetroffen. Ein Teil kann durch Waschen und Schälen entfernt werden. Bei höheren Schwermetallgehalten im Boden kann der Aufnahme aus dem Boden durch Kalkung entgegengewirkt werden. Da Schwermetalle sich besonders in und auf Blättern anreichern, sollte man in der Nähe von Schwermetallemittenten und auf schwermetallbelasteten Böden möglichst wenig Blattgemüse anbauen.

Langfristig gesehen sollte jedoch alles Mögliche getan werden, um die Schadstoffanreicherung im Boden zu vermeiden. Denn:

Luft und Wasser können wir reinigen oder reinigen sich selbst, einen mit Schwermetallen und anderen persistenten Schadstoffen angereicherten Boden jedoch können wir nach dem heutigen Stand der Technik nicht reinigen.

Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden; Stand August 1980**)

Element	Gesamtgehalte im lufttrockenen Boden, mg/kg		
	häufig	besonders bzw. kontaminierte Böden	tolerierbar
As Arsen	0,1 - 20	< 8.000	20
B Bor	5 20	< 1.000	25
Be Beryllium	0,1 - 5	< 2.300	10
Br Brom	1 10	< 600	10
Cd Cadmium	0,01- 1	< 200	3 *)
Co Cobalt	1 10	< 800	50
Cr Chrom	2 50	< 20.000	100 *)
Cu Kupfer	1 20	< 22.000	100 *)
F Fluor	50 - 200	< 8.000	200
Ga Gallium	0,1 - 10	< 300	10
Hg Quecksilber	0,01- 1	< 500	2 *)
Mo Molybdän	0,2 - 2	< 200	5
Ni Nickel	2 50	< 10.000	50 *)
Pb Blei	0,1 - 20	< 4.000	100
Sb Antimon	0,01- 0,5	?	5
Se Selen	0,01- 5	< 1.200	10
Sn Zinn	1 20	< 800	50
Tl Thallium	0,01- 0,5	< 40	1
Ti Titan	10 -5000	< 20.000	5.000
U Uran	0,01- 1	< 115	5
V Vanadium	10 - 100	< 1.000	50
Zn Zink	3 - 50	< 20.000	300 *)
Zr Zirkon	1 - 300	< 6.000	300

*) Als Grenzwert für Aufbringung von Klärschlamm vorgesehen.

**) KLOKE, A.:
Auswirkungen von Schwermetallen auf Bodenfruchtbarkeit, Flora und Fauna sowie deren Bedeutung für die Nahrungs- und Futterkette.
In: Die Verwendung von Müll- und Müllklärschlammkomposten in der Landwirtschaft.
Hrsg.: Gottlieb Duttweiler-Institut, CH-8803 Rüschlikon-Zürich, 1980, 58-87.

Literatur

SORAUER, P. (1874):
Handbuch der Pflanzenkrankheiten. - P. Parey Berlin.

KLOKE, A. (1965):
Luftverunreinigung in der Landschaft. - Naturschutz in Niedersachsen, H. 9/10, 5-27.

GARBER, K. (1967):
Luftverunreinigung und ihre Wirkung. - Gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee.

KLOKE, A. (1972):
Die Belastung der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Produktion und Erntegüter durch Immissionen. Ber. Landw. 50, 57-68.

Weitere Literatur kann den unten aufgeführten Veröffentlichungen entnommen oder bei Literaturdiensten und Dokumentationsstellen abgefragt werden, z.B. beim Dokumentationsschwerpunkt Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Königin-Luise-Straße 19, 1000 Berlin 33

KLOKE, A.:
Zur Belastung von Böden und Pflanzen mit Schadstoffen in und um Ballungsbereichen. Ber. Landwirtsch. 55. 1977/78, 633-639.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

KLOKE, A.:
Der Einfluß von Schadgasen und Schadstoffen auf die Vegetationsdecke. Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg. Olschowy, G., Verl. P. Parey, Hamburg und Berlin, 1978, 688–697.

KLOKE, A.:
Belastung der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produktion durch Umweltchemikalien in stadtnahen Gebieten und ihr Einfluß auf die Bodennutzungsplanung. Forsch. Berat. R. C., H. 33. 1978, 3–25.

KLOKE, A.:
Effect of Excess Fertilization with Zinc, Copper, Molybdenum and Magnesium on the Content of these Elements in Soil and Plant. 3rd Int. Congr. Pl. Pathol., München, 1978. Abstracts: Paul Parey, Berlin, 1978, 357.

KLOKE, A. und ENGELS, W
Die Belastbarkeit des Bodens mit den Pflanzennährstoffen Bor, Kobalt, Kupfer, Mangan und Zink. Kali-Briefe (Büntehof) 14. 1978, 273–280.

KLOKE, A. and OBERMANN, H.:
Harmful effects of environmental chemicals on agricultural and horticultural production in peri-urban areas and their impact on land use planning. Agriculture in the Planning and Mangement of Peri-Urban Areas, Vol. II, 213–233, 1979.

KLOKE, A. und OBERMANN, H.:
Belastung der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produktion durch Umweltchemikalien in stadtnahen Gebieten und ihr Einfluß auf die Bodennutzungsplanung. In: Die Landwirtschaft in Planung und Management peri-urbaner Gebiete Bd. 2. Hrsg. BML, Bonn 1979, 59–66 (Rhein. Landw.-Verlag GmbH, Bonn).

KLOKE, A. und SCHENKE, H.-D.:
Der Einfluß von Cadmium im Boden auf den Ertrag verschiedener Pflanzenarten und deren Cadmiumgehalt. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 142, 131–136, 1979.

THORMANN, A. und KLOKE, A.:
Abfallbeseitigung: Hausmüll als Düngemittel? VDI-Umwelt Nr. 2, 94/95, 1979.

SCHÖNHARD, G.:
Vergleich der Wirkung von Kalk und einem Kationenaustauscher bei der Festlegung von Schwermetallen im Boden. Landwirtsch. Forsch. 32, H. 4, 1979.

KLOKE, A.:
Immissionsbelastete landwirtschaftliche Standorte. In: Schriftenreihe für ländliche und soziale Fragen. Herausgeber: ASG, Göttingen. Verlag M. u. H. Schaper, Hannover. H. 84, 1980, 24–44 und 98–101.

KLOKE, A.:
Content of arsenic, cadmium, chronium, fluorine, lead, mercury, and nickel in plants grown on contaminated soil. (A study to inquire the tolerable amounts of heavy metals in soil for the establishment of standard values). Symposium on the effects of air-borne pollution on vegetation. Warsaw (Poland). 20.–24.8.1979. Published by the UNITED NATIONS, Economic commission for Europa, Genève, 1980, p. 192.

KLOKE, A. und KORONOWSKI, P.:
Kernbibliothek Phytomedizin. T. 17: Nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten und deren Bekämpfung. Biologische Bundesanstalt, Merkblatt 50/17, April 1980.

KLOKE, A.:
Richtwerte '80: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt. VDLUFA, H. 1-3, 1980, 9–11.

KLOKE, A.:
Die Bedeutung der organischen Düngung in der modernen Landwirtschaft. Gesunde Pflanzen 32. 1980, 185–187.

KLOKE, A.:
Der Einfluß von Phosphatdüngern auf den Cadmiumgehalt in Pflanzen. Gesunde Pflanzen 32. 1980, 261–266.

KLOKE, A.:
Materialien zur Risikoeinschätzung des Quecksilberproblems in der Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 32. 1980, 120–124.

KLOKE, A.:
Auswirkungen von Schwermetallen auf Bodenfruchtbarkeit, Flora und Fauna sowie deren Bedeutung für die Nahrungs- und Futterkette. In: Die Verwendung von Müll- und Müllklärschlammkomposten in der Landwirtschaft. Hrsg.: Gottlieb Duttweiler-Institut, 8803 Rüschlikon-Zürich, 1980, 58–87.

KLOKE, A.:
Schwermetalle in Böden und Pflanzen ländlicher und stadtnaher Gebiete. »Der Stickstoff« H. 13, 1981, 53–61.

KLOKE, A.:
Aufnahme umweltrelevanter Elemente durch die Pflanze. Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V., XVII. Vortragstagung, Speyer, 1981, 65–90.

KLOKE, A.:
Kontamination (des Bodens) durch Schwermetalle. In: Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, 4. Aufl., Verlag Chemie Weinheim, Bd. 6, Abschn. F »Boden«, 1981, 502–506.

KLOKE, A.:
Die Bedeutung der Schwermetalle im Klärschlamm für die Pflanzenproduktion. In: ATV-Fortbildungskurs, Kaiserslautern, Hrsg.: Der Bundesminister des Innern; Teil C 2, 1981, 17/1–17/18.

KLOKE, A.:
Immissionsbelastete landwirtschaftliche Standorte. In: Leistungen von Landwirtschaft und Landschaft zur Wohlfahrt in Verdichtungsräumen. Schriftenreihe für ländliche Sozialfragen. Hrsg.: Agrarsoziale Gesellschaft e.V., Verlag M. u. H. Schaper, Hannover, H. 84, 1980, 24–44.

KLOKE, A.:
Die Anreicherung von Schadstoffen im Getreide. In: Forschungsbericht »Rückstände in Getreide und Getreideprodukten«. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft; Harald Bold-Verlag, Boppard, 1981, 30–41.

KLOKE, A.:
Anforderungen der Landwirtschaft an den Klärschlamm. Gewässerschutz, Wasser, Abwasser 45, 1981, 511–529.

KLOKE, A.:
Sollen Richtwerte für tolerierbare Gehalte an Schwermetallen in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden auch für Forstschäden gelten? Mitt. Forstl. Bundes-Vers.-Anst. Wien, 137/II, 1981, 241–246.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Adolf Kloke
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,
Institut für nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten,
Königin-Luise-Straße 19,
D-1000 Berlin 33

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 2_1982

Autor(en)/Author(s): Kloke Alfred

Artikel/Article: Die Belastung der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Produktion und Erntegüter durch Immissionen 45-53