

Neubewertung der gesundheitlichen Bedeutung von Nitrat in Gemüse

Aus Sicht der Gesundheitsvorsorge wird empfohlen, mehr Obst und Gemüse zu essen, da diese eine protektive Wirkung gegen das Auftreten verschiedener chronisch-degenerativer Krankheiten, wie Tumore und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, zeigen. Seit Jahren ist aber der Nitratgehalt von Gemüse (und Trinkwasser) immer wieder ein Thema im Bereich Verbraucherschutz. Durch Meldungen während der Wintersaison über erhöhte Nitratwerte werden Konsumentinnen und Konsumenten verunsichert, so dass der Gemüsekonsum zeitweise zurückgeht. Neue Erkenntnisse zeigen, dass das Risiko einer Gesundheitsgefährdung infolge einer hohen Nitrataufnahme vor 20 Jahren überschätzt wurde. Die seinerzeit vorsorglich tief angesetzten Höchstkonzentrationen für Nitrat in Gemüse können aufgrund des heutigen Wissensstandes somit erhöht und jenen der EU angepasst werden. Bezüglich Nitrat im Wasser gilt es, nebst Fragen der Trinkwasserqualität auch ökologische Aspekte zu berücksichtigen; entsprechende Beurteilungen sind im Gange.

EINLEITUNG

Ziele des Lebensmittelgesetzes vom 9. Oktober 1992 (LMG, SR 817.0) sind der Schutz des Konsumenten vor Täuschung im Zusammenhang mit Lebensmitteln und der Gesundheitsschutz im Bereich Gebrauchsgegenstände und Lebensmittel. Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat unter anderem die Aufgabe, zuhanden des Bundesrates und des Eidgenössischen Departements des Innern (EDI) die entsprechenden Erlasse laufend den neuen Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik anzupassen, die Öffentlichkeit sowie die interessierten Kreise über neue Entwicklungen sowie über vermeintliche und echte Probleme möglichst objektiv zu informieren.

Die seit Ende der 60er-Jahre geführten öffentlichen Diskussionen über die «Belastung» unserer Umwelt und Nahrung mit verschiedensten Chemikalien haben zwar in der Bevölkerung in wünschenswerter Weise das Umweltbewusstsein gefördert, aber gleichzeitig zu einer breiten Verunsicherung geführt, was das Vorkommen von «uner-

wünschten chemischen Stoffen» in Lebensmitteln betrifft. Von diesen geht aber oft nur eine rein *theoretische Gesundheitsgefährdung* aus. Trotzdem sind entsprechende Stoffe (z.B. Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, Umweltkontaminanten wie Cadmium oder Dioxine), auch wenn diese in oder auf Lebensmitteln nur in minimsten Spuren vorkommen, in der Öffentlichkeit zu vermeintlich erstrangigen Gesundheitsproblemen geworden.

Die menschliche Nahrung enthält, neben «künstlichen Spurenstoffen», eine Vielzahl von *Stoffen natürlicher Herkunft* (Inhaltsstoffe) in teilweise hohen Konzentrationen, deren chemische Struktur, Metabolismus und biologische Wirkung im Organismus bisher nie oder nur ungenügend untersucht wurde. Zudem lassen sich deren Konzentrationen (wie auch jene von Kontaminanten) im Vergleich zu absichtlich in Lebensmitteln eingesetzten «künstlichen» Stoffen, nur schwer beeinflussen. Eine Beurteilung bezüglich einer allfälligen Gesundheitsgefährdung durch solche Stoffe in der Nahrung ist daher nicht oder nur mit grossen Unsicherhei-

ten möglich, dies im Gegensatz zu den so genannten «künstlichen Stoffen», wie z.B. Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (vgl. Abschnitt 1). Die bisherigen Erkenntnisse mit solchen Stoffen haben gezeigt, dass Lebensmittel pflanzlicher Herkunft Gehalte an natürlichen Inhaltsstoffen aufweisen können (z. B. Solanin, Furocoumarine, Phytoöstrogene (1), die bei üblichem Konsum häufig nur geringfügig unterhalb einer für den Menschen toxischen oder biologisch wirksamen Konzentration liegen (Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 28 vom 20.07.1992, S. 432; Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 88, 219 [1997]). Jüngstes Beispiel dazu ist die Erkrankung einiger Teilnehmer des 7. Europäischen Vegetariertages (Juli 1999), Widnau (SG), durch den Konsum roher Bohnen. Es ist durchaus nicht alles gut und harmlos, was die Natur anbietet. Demgegenüber sind erwiesenermassen die Konzentrationen von gewissen «künstlichen» chemischen Stoffen in der Nahrung (Pflanzenschutzmittelwirkstoffe) in der Regel bis um mehrere Grössenordnungen unterhalb jenen, die im Tierversuch zu keinen nachweisbaren, biologisch bedeutsamen Effekten führen (Mitt. Lebensm. Hyg. 90, 78 [1999]).

Nitrat ist einerseits ein Stoff natürlicher Herkunft, der praktisch nicht toxisch ist und die wichtigste Stickstoffquelle zur Pflanzenernährung darstellt und daher in Pflanzen natürlicherweise in Konzentrationen von 40–6000 mg/kg Frischmasse enthalten ist. Andererseits wird Nitrat in Form von Salpeter seit Jahrhunderten zusammen mit Kochsalz auch als Zusatz zu Fleisch und Fleischwaren (Konservierungsmittel zur Verhinderung des «Botulismus») eingesetzt, so dass es in der modernen Lebensmittelgesetzgebung, gemeinsam mit Nitrit, zu den Zusatzstoffen (Pökelsalze) gezählt wird.

Anstösse zur vorliegenden Neubewertung waren in erster Linie die toxikologische Neubeurteilung von Nitrat bezüglich der endogenen Nitrosaminbildung und der Methämoglobinämie (2, 3, 4, 5, 6, 7), die Ergebnisse einer Erhebung zum Früchte- und Gemüsekonsum der schweizerischen Bevölkerung (8) und der zeitweilige Rückgang des

Gemüsekonsums in der Wintersaison unter anderem als Folge von Pressemeldungen bezüglich Toleranzwertüberschreitungen durch Nitrat in Gemüse. Ein weiterer Anstoss war in zweiter Linie die Veröffentlichung der EU-Verordnung Nr. 194/97/EG, in welcher die zulässigen Nitratkonzentrationen für gewisse Salate und Spinat EU-weit harmonisiert wurden sowie die schweizerischen Gemüseproduzenten und -importeure, die sich für eine Anpassung der schweizerischen Höchstkonzentrationen für Nitrat in Gemüse an jene der EU eingesetzt haben.

1. POTENZIELL GESUNDHEITSGEFÄHRDENDE STOFFE

Stoffe, die im Lebensmittelsektor im weitesten Sinne *absichtlich verwendet werden sollen* (Zusatzstoffe [Konservierungsmittel, Farbstoffe usw.], Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, Tierarzneimittel usw.) werden vor ihrer behördlichen «Zulassung» im Hinblick auf eine mögliche Gesundheitsgefährdung des Menschen äusserst streng geprüft, auch im Rahmen internationaler Gremien, wie z. B. des Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Als Ergebnis einer solchen Prüfung wird ein so genannter *ADI-Wert* (acceptable daily intake) abgeleitet, meist basierend auf den Daten von Langzeituntersuchungen an Tieren (die Dosis, bei welcher bei Tieren der empfindlichsten Tierart keine nachteiligen Veränderungen festgestellt werden können, wird durch einen Unsicherheitsfaktor [in der Regel 100] dividiert). Der ADI drückt aus, welche Menge eines Stoffes der Mensch täglich und lebenslanglich aufnehmen darf, ohne dass gesundheitlich negative Effekte bei ihm oder seinen Nachkommen befürchtet werden müssen (9).

In diesem Sinne wurde *Nitrat (und Nitrit)* vom JECFA erstmals 1961 als Lebensmittelzusatzstoff (Pökelsalze) beurteilt. Seither wurden diese beiden Stoffe vom JECFA dreimal reevaluiert (das letzte Mal 1995), und der heute gültige ADI-Wert beträgt rund 3,7 mg Nitrat/kg Körpermasse (KM)/Tag, jener für Nitrit 0,06 mg/kg KM/Tag. Gemäss

JECFA sind beide Werte nicht für Säuglinge unter drei Monaten anwendbar (vgl. Abschnitt 3), zudem berücksichtigen sie auch das Risiko einer endogenen Nitrosaminbildung nicht (vgl. Abschnitt 5).

Das Vorkommen von potenziell gesundheitsgefährdenden Stoffen in Lebensmitteln ist in der *Fremd- und Inhaltsstoffverordnung* vom 26. Juni 1995 (FIV, SR 817.021.23) mittels Toleranz- und Grenzwerten (Höchstkonzentrationen), unabhängig von der Herkunft der Stoffe, geregelt (10). Die für die wissenschaftliche Ableitung von Toleranz- und Grenzwerten geltenden Kriterien sind insbesondere der langfristige *präventive Gesundheitsschutz* (z.B. ADI-Wert), die so genannte «gute Herstellungspraxis» bei absichtlich im Lebensmittelsektor eingesetzten Stoffen (d.h. so wenig wie möglich, aber so viel wie notwendig) sowie zur Vermeidung technischer Handelshemmnisse die Verträglichkeit mit anderen nationalen oder internationalen Höchstkonzentrationen. Ein *Toleranzwert* berücksichtigt in erster Linie die «gute Herstellungspraxis», ein *Grenzwert* in der Regel den langfristigen Gesundheitsschutz. Zudem müssen diese Werte, wie auch andere gesetzliche Erlasse, den Anforderungen der Verhältnismässigkeit entsprechen. Die rechtmässige Festlegung solcher Werte ist aber politischer Natur und deshalb auch politisch zu verantworten.

Eine Toleranzwertüberschreitung führt zu einer Beanstandung des betreffenden Lebensmittels, da es gemäss FIV als «verunreinigt oder sonst im Wert vermindert» gilt (11). Ist ein Grenzwert überschritten, gilt die Ware als für die «menschliche Ernährung ungeeignet». Für die Ableitung dieser Werte ist grundsätzlich der Bund (EDI/BAG) zuständig. Die Einhaltung der Werte ist durch Handel und Produzenten im Sinne der Selbstkontrolle zu gewährleisten, deren Überwachung ist Sache der Kantone (Kantonale Laboratorien).

Aus den vorstehenden Ausführungen geht hervor, dass, was Stoffe in Lebensmitteln betrifft, stets der vorbeugende langfristige Gesundheitsschutz der Konsumenten im Vordergrund steht. Infolgedessen sind die Werte nicht im

obersten Bereich festgelegt, in welchem eine Gesundheitsgefährdung eben noch ausgeschlossen werden kann. Im Sinne des präventiven Gesundheitsschutzes stellen somit sowohl Toleranz- wie auch Grenzwerte in erster Linie *Massnahmenhilfsmittel* dar zur Reduktion bzw. zur langfristigen Begrenzung der nahrungsbedingten Exposition des Verbrauchers mit potenziell gesundheitsgefährdenden (körperfremden) Stoffen, d. h. «so wenig wie technisch möglich». (Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 77, 473 [1986] und 83, 509 [1992]). Gelegentliche Überschreitungen dieser Werte, auch deutliche (Faktor 10), stellen daher zwar Verstösse gegen lebensmittelrechtliche Vorschriften dar, führen aber, objektiv gesehen, nicht in jedem Einzelfall zu einer Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers. Schweizerische Grenzwerte für potenziell gesundheitsgefährdende Stoffe in Lebensmitteln werden neben den oben erwähnten Kriterien, insbesondere auch dann festgelegt, wenn die entsprechenden Werte internationale und/oder europäische Anwendung finden (Harmonisierung).

Im Gegensatz zum Lebensmittelgesetz stellt die *Umweltschutzgesetzgebung (USG)* das Prinzip der Vorsorge nicht nur faktisch, sondern explizit ins Zentrum ihrer Bemühungen. Die Schutzziele sind in erster Linie die Ökologie und die allgemeinen Lebensgrundlagen, wobei die menschliche Gesundheit mit eingeschlossen ist. Vor der Existenz einer schweizerischen Umweltschutzgesetzgebung wurde verschiedentlich versucht, basierend auf der Lebensmittelgesetzgebung (Gesundheitsschutz), auch Umweltschutzmassnahmen durchzusetzen. Obwohl bei der Festlegung von Massnahmen zum Schutze der Umwelt andere Faktoren als im Lebensmittelrecht zu berücksichtigen sind, ist die Tendenz, solche mit dem Schutz der menschlichen Gesundheit zu begründen, auch heute noch vorherrschend. Andererseits ist der Schutz der menschlichen Gesundheit im USG umfassender geregelt (Lärm, Strahlung, Luft usw.) als jener durch die Lebensmittelgesetzgebung. Beispielsweise erstreckt sich der Schutz des Menschen durch das LMG nur auf Lebensmit-

tel, die dem Verbraucher abgegeben werden, nicht jedoch auf solche, die er zum Eigengebrauch selber erzeugt oder zubereitet.

2. HISTORISCHES

Bezüglich seiner akuten Giftigkeit ist z.B. Natriumnitrat grössenordnungsmässig vergleichbar mit jener von Natriumchlorid (Kochsalz). Die starke *Kanzerogenität* der meisten *N-Nitroso-Verbindungen* (wie Nitrosamine, Nitrosamide usw.), im Folgenden als «*Nitrosamine*» bezeichnet, ist aber aus Tierversuchen seit den 50er-Jahren bekannt. Nitrosamine können in saurer Umgebung chemisch aus Nitrit und sekundären Aminen gebildet werden. Da Ende der 60er-Jahre bereits bekannt war, dass etwa 5% der täglich zugeführten Nitratmenge im Speichel bakteriell zu Nitrit reduziert wird, wurde die Frage gestellt, ob sich Nitrosamine nicht auch im sauren Magenmilieu im Menschen selbst bilden können (*endogene Nitrosaminbildung*). Bis zur Beantwortung dieser einen Frage wurde von wissenschaftlich-toxikologischer Seite gefordert, dass die Nitratexposition der Bevölkerung aus *Gründen der Vorsicht* so gering wie technisch möglich gehalten werden sollte (12).

In der Folge begannen verschiedene europäische Länder, mit der Schweiz als Vorreiter, die Nitratgehalte von *Gemüse*, das in der Regel die grösste Nitratquelle für den Konsumenten darstellt, lebensmittelrechtlich zu regeln (Toleranz- und Grenzwert). Die Gemüseproduzenten ihrerseits suchten mit Unterstützung der Eidg. Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten und kantonalen Ausbildungsstätten nach Wegen, die Nitratgehalte ihrer Produkte zu senken. Dabei zeigte sich relativ rasch, dass die Nitratkonzentration von im Winter geerntetem Gemüse (Treibhaus) deutlich höher war als das im Sommer/Herbst im Freiland geerntete (13), wobei nicht nur, wie ursprünglich angenommen, eine übermässige Stickstoff-, insbesondere Nitratdüngung einen wesentlichen Einflussfaktor darstellte, sondern insbesondere auch das Klima (Licht, Temperatur), die Bodeneigenschaften und die Art der Bodenbearbeitung.

Inzwischen sind bald 20 Jahre verstrichen, und zur gesundheitlichen Beurteilung von Nitrat sind neue Forschungsergebnisse bekannt geworden. Diese wurden 1995 von einer Expertengruppe der FAO/WHO (JECFA) kritisch ausgewertet, interpretiert sowie kommentiert. Sie hält am früher abgeleiteten ADI-Wert für Nitrat fest, dies im Hinblick auf dessen Verwendung als Lebensmittelzusatzstoff, lehnt aber darauf basierende lebensmittelrechtliche Reglementierungen der Nitratgehalte von Gemüse strikte ab. Denn das ADI-Konzept, das vom JECFA für absichtlich im Lebensmittelsektor eingesetzte Stoffe entwickelt wurde (vgl. Abschnitt 1), ist für die Beurteilung von bereits in Lebensmitteln (unvermeidbar) vorhandenen Stoffen, wie natürliche Inhaltsstoffe (und Kontaminanten) ungeeignet. Die wesentlichsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieser Expertengruppe sowie solche weiterer Veröffentlichungen werden nachstehend dargelegt (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

3. METHÄMOGLOBINÄMIE BEI SÄUGLINGEN

Das in den Erythrozyten (rote Blutkörperchen) enthaltene Hämoglobin bindet Sauerstoff und transportiert ihn in die Organe und Gewebe. Wird das zweiwertige Eisen des Hämoglobins zu dreiwertigem oxidiert, entsteht Methämoglobin, das keinen Sauerstoff mehr transportieren kann. Die Methämoglobinreduktase sorgt dafür, dass die durch Autooxidation gebildete Methämoglobin-konzentration (des Totalhämoglobins) 1–2% nicht überschreitet. Die Aktivität dieses Enzyms ist aber bei Säuglingen (< 3–6 Monaten) noch nicht voll entwickelt. Zudem ist bei ihnen die Methämoglobinbildung durch *Nitrit* infolge spezieller Eigenschaften des fetalen Hämoglobins erhöht. Säuglinge reagieren deshalb viel empfindlicher auf die Methämoglobinbildung als Erwachsene.

Eine eigentliche Methämoglobinämie («Cyanose») mit klinischer Manifestation (graublaue Hautfärbung) resultiert dann, wenn die Methämoglobinkonzentration 10–15% übersteigt. Die Gründe für eine solche sind vielfältig: genetische De-

fekte, oxidierend wirkende Stoffe (Chlorate, Perchlorate), aromatische Amine und aromatische Nitroverbindungen sowie Nitrit. Ins Blut aufgenommenes Nitrit wird zu Nitrat oxidiert, wobei die Nitratbildung jener der Methämoglobinbildung parallel verläuft. Ohne Therapie endet die Methämoglobinämie häufig tödlich, durch innere Erstickung, falls die Methämoglobinkonzentration 60–70% erreicht.

Im Jahre 1945 wurde die Hypothese aufgestellt, dass das Nitrat *im Trinkwasser* die Ursache dafür sei, dass bei nicht gestillten Säuglingen gelegentlich eine Methämoglobinämie auftritt. Es wurde davon ausgegangen, dass das zugeführte Nitrat bei *bakteriell infiziertem* oberem Gastrointestinal-Trakt durch Bakterien in Nitrit überführt und dieses dann ins Blut aufgenommen werde (14). 1951 wurde in den USA eine Studie publiziert, in welcher 278 Methämoglobinämie-Fälle mit 39 Todesfällen untersucht wurden. Es konnte gezeigt werden, dass bei Nitrat-Stickstoffkonzentrationen im Trinkwasser von weniger als 10 mg/l (entsprechend 44,3 mg Nitrat/l) keine Todesfälle auftraten. In der Folge wurde diese Konzentration von verschiedenen Gremien (inkl. der WHO) als die für Trinkwasser maximal duldbare festgelegt.

Aus heutiger Sicht kann davon ausgegangen werden, dass die entsprechenden Wässer neben Nitrat auch Nitrit enthielten sowie in mikrobiologischer Hinsicht verunreinigt waren, wodurch die Säuglinge wohl an Darminfektionen erkrankten, und dass diese Infektion die eigentliche Methämoglobinämie mit Todesfällen verursachten und nicht das Nitrat an sich. Für diese Annahme sprechen zwei Feststellungen: Einerseits liessen Nitratdosen von 50–100 mg/kg KM, über einige Tage an gesunde Säuglinge verabreicht, zwar die Methämoglobinkonzentration auf 5–8% ansteigen, Cyanosen konnten aber nicht beobachtet werden. Andererseits ist die Wahrscheinlichkeit, dass ausschliesslich mittels Flasche ernährte Säuglinge an gastrointestinalen Infektionen erkrankten, je nach mikrobiologischer Beschaffenheit des Trinkwassers, deutlich höher als bei gestillten.

Die Entdeckung, dass *Stickoxid*

(NO) in verschiedenen Geweben und Organen als Reaktion auf bakteriell oder viral bedingte Entzündungen aus Arginin gebildet wird (vgl. Abschnitt 4), führte zu einer neuen Hypothese über die Ursache der Methämoglobinämie bei Säuglingen: Danach ist nicht das zugeführte Nitrat, sondern die erhöhte endogene NO-Bildung bei Entzündungen die Ursache. So zeigten auch Säuglinge mit Proteinunverträglichkeiten und Durchfall sowie solche mit Infektionen des Harntraktes Methämoglobinämie, ohne dass die Nitratzufuhr erhöht war. Das endogen gebildete NO wird im Körper zu Nitrit, das mit dem Hämoglobin unter Methämoglobinbildung reagiert, weiter zu Nitrat oxidiert und via Urin ausgeschieden (15). Es kann aber auch direkt mit dem Hämoglobin reagieren, wobei dieses ebenfalls die Fähigkeit verliert, Sauerstoff zu transportieren. Eine gleichzeitig erhöhte Nitratzufuhr könnte zwar die Methämoglobinämie der an Infektionen leidenden Säuglinge deutlich verstärken, erscheint aber heute als deren Hauptursache eher unwahrscheinlich. Im Licht dieser neuen Erkenntnisse wurde in den USA kürzlich als neuer Standard für Nitrat in Trinkwasser ein Wert von 15 oder 20 mg Nitrat-Stickstoff pro Liter (entsprechend rund 70–90 mg Nitrat/l), anstelle von 10 mg/l, zur Diskussion gestellt, wobei auch auf die Kosten hingewiesen wurde, welche entsprechende Sanierungen bei Überschreitungen des tieferen Wertes verursachen können. Ein entsprechender Entscheid steht aber noch aus.

4. ENDOGENE NITRATBILDUNG

Obschon eine Nitratbildung aus Aminosäuren durch den Organismus von Warmblütern schon früher vermutet wurde, konnte diese erst Anfang der 80er-Jahre zweifelsfrei an Ratten nachgewiesen werden. Später, Anfang der 90er-Jahre, konnte gezeigt werden, dass das im Körper gebildete Nitrat hauptsächlich aus der Umwandlung der Aminosäure Arginin in Stickoxid (NO, ein Radikal, gasförmig) stammt. Das Stickoxid wird im Körper zu N_2O_3 und N_2O_4 sowie über *Nitrit*

(Methämoglobin- und Nitrosaminbildung) letztlich grösstenteils zu Nitrat metabolisiert. Das chemisch sehr reaktive, genotoxische NO spielt im Körper eine wichtige Rolle bei der Immunabwehr (Makrophagen) und als Botenstoff (kurzzeitige Produktion: Sekunden). Die gesamte endogene Nitratbildung in Mensch und Tier beträgt im Mittel etwa 1 mg/kg KM/Tag, ist aber bei Infektionen und anderen entzündlichen Erkrankungen stark erhöht (vgl. Abschnitt 3 und Fussnote 15). Die Bedeutung dieser neu entdeckten endogenen NO-Bildung für die *endogene Nitrosaminbildung* und somit für eine mögliche Krebsinduktion ist noch weitgehend unklar. Da andererseits der Körper über bewährte Inaktivierungsmechanismen für die bei der Sauerstoffnutzung ebenfalls auftretenden reaktiven Zwischenprodukte (OH-Radikale, H_2O_2 usw.) verfügt, die selbst auch Tumore auszulösen vermögen (genotoxische Stoffe), kann davon ausgegangen werden, dass auch für die im Verlauf der Nitratbiosynthese gebildeten genotoxischen Stoffe entsprechende Schutzmechanismen existieren.

Durch die Erkenntnis, dass der Organismus letztlich selbst Nitrat in einer Menge bildet, die derjenigen entspricht, die der Mensch im Mittel täglich durch die Nahrung aufnimmt, hat die Möglichkeit einer nitratbedingten indirekten Tumoringduktion durch endogen gebildete Nitrosamine ebenfalls stark an Bedeutung verloren.

5. ENDOGENE NITROSAMINBILDUNG

Etwa 5% der täglich mit der Nahrung zugeführten Nitratmenge wird im menschlichen Speichel durch Bakterien zu Nitrit reduziert (vgl. Fussnote 14); nicht aber bei der Ratte, da diese im Vergleich zum Menschen nur wenig Nitrat in den Speichel sekretiert. Zusammen mit ebenfalls via Nahrung aufgenommenen Aminen kann Nitrit im sauren Magenmilieu theoretisch zu Nitrosaminen reagieren. Dass im Reagenzglas bei sauren Bedingungen Nitrit mit sekundären Aminen zu Nitrosaminen reagiert, ist seit Jahrzehnten bekannt. Die Frage der

endogenen Nitrosaminbildung führte ursprünglich zur lebensmittelrechtlichen Reglementierung der Nitratgehalte von Gemüse (vgl. Abschnitt 2).

Im Mageninhalt von Labortieren und Freiwilligen, denen zuvor spezielle Speisen (z. B. Fisch [Amine] und nitratreiches Gemüse [Nitrit]) verabreicht worden waren, konnten nach 1–2 Stunden tatsächlich gewisse flüchtige Nitrosamine im Konzentrationsbereich von ($\mu\text{g}/\text{kg}$ nachgewiesen werden. Bei gleichzeitiger Verabreichung von extrem hohen Dosen von Nitrit und nitrosierbaren Aminen an Labortiere konnten bei diesen auch erhöhte Tumorzinidenzen beobachtet werden, wobei die Art der Tumore jeweils den für die entsprechenden Nitrosamine typischen entsprachen. Andererseits führte die langandauernde Verabreichung von Nitrit zusammen mit der üblichen Nahrung bei verschiedenen Labortieren wie Ratten und Mäusen zu keinen erhöhten Tumorzinidenzen, obwohl Nitrit in bakteriellen Testsystemen eindeutig genotoxisch (erbgutschädigend) wirkt.

Es wird heute davon ausgegangen, dass die endogene Bildung von Nitrit und Nitrosaminen für den Menschen, im Vergleich zu den exogen zugeführten Mengen, die bedeutendere Expositionsquelle darstellt. Anhand von Stuhluntersuchungen bei acht Probanden mit einer minimalen exogenen Nitratzufuhr von rund 10 mg/Mensch/Tag wurden z. B. N-Nitroso-Verbindungen unbekannter Strukturen (N-NO) im Bereich von weniger als 40 bis 140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (im Mittel rund 80 μg N-NO/kg) gemessen (16). Nach Zugaben von täglich 300 mg Nitrat (im Wasser) erhöhten sich die Gesamt-N-NO-Konzentrationen ab dem dritten Tag auf 70–740 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (im Mittel 310 μg N-NO/kg). Eine dreissigmal höhere Nitratexposition führte also im Mittel zu einer nur viermal höheren N-NO-Konzentration. Probandinnen, die während sieben Tagen täglich eine Fischmahlzeit zusammen mit 170 mg Nitrat (im Wasser) erhielten, zeigten im Urin (24 h) etwa eine Verdoppelung der Nitrosodimethylaminmenge auf rund 0,8 $\mu\text{g}/\text{Tag}$, verglichen mit der Vorperiode, als die tägliche Nitratzufuhr via Nahrung schätzungsweise 50 mg betrug. Eine Vervielfachung

der täglichen Gesamtnitratzufuhr von 50 auf 220 mg führte also nur zu einer Verdoppelung der endogenen Nitrosaminbildung. Auch bei einer minimalen exogenen Nitratexposition ist der Mensch täglich unvermeidbaren Mengen von endogen gebildeten N-NO-Verbindungen im Bereich von vermutlich 40–140 µg/Erwachsener ausgesetzt, welche bei einer Ernährung mit nitratreichen Lebensmitteln ansteigen kann. Im Hinblick auf eine mögliche Tumorinduktion infolge endogen gebildeter N-Nitroso-Verbindungen scheint auf Grund der obigen Ausführungen aber nicht so sehr die Höhe der Nitratzufuhr als vielmehr die Art und Struktur der in der Nahrung unvermeidbar vorkommenden nitrosierbaren Stoffe (Amine, Amide usw.) von Bedeutung zu sein.

Falls ein direkter Zusammenhang zwischen Nitratexposition und Tumorentstehung besteht, müssten bei Kollektiven mit z.B. hohem Gemüsekonsum vermehrt Tumore, z.B. des Magens, auftreten. Tatsächlich zeigten sich aber in epidemiologischen Studien bei Kollektiven, die hohen Nitratexpositionen ausgesetzt waren (Trinkwasser, Gemüse, berufliche Exposition via nitrathaltige Dünger) gegenüber von Kontrollgruppen keine erhöhten Tumorzinidenzen, auch nicht von Magenkrebs, dessen Ursache ursprünglich stark mit der Nitrosaminbildung infolge erhöhter Nitratexposition assoziiert worden war. Auch eine Expertengruppe der WHO zur Beurteilung von Trinkwasser stufte 1996 die epidemiologischen Hinweise für einen Zusammenhang zwischen Nitratexposition und Krebshäufigkeit als ungenügend ein. Für die Rechtfertigung des vorgeschlagenen Richtwertes («guideline value») von 50 mg Nitrat/l diente einzig die Verhinderung der Methämoglobinämie bei mit der Flasche ernährten Säuglingen. Das JECFA hat zwar den früheren ADI-Wert für Nitrat als Zusatzstoff 1996 bestätigt, aber gleichzeitig klar festgehalten, dass dieser Wert keinesfalls zur Ableitung von Höchstkonzentrationen für Nitrat in Gemüse verwendet werden sollte.

6. NITRAT IN GEMÜSE

Bekanntlich stammt beim überwiegenden Teil der Schweizer Bevölkerung der grösste Teil der täglich im Mittel zugeführten Nitratmenge von 50–100 mg aus dem Gemüse (17). Für Vegetarier wurde die mittlere tägliche Nitratzufuhr auf etwa 200–400 mg geschätzt. Nun haben bereits frühere epidemiologische Studien gezeigt, dass ein hoher *Früchte- und Gemüsekonsum* mit geringeren Krebsrisiken und anderen chronisch-degenerativen Erkrankungen korreliert ist. Neuere, besser fundierte Studien haben diesen Zusammenhang vollumfänglich bestätigt. Bis heute konnten aber keine bestimmten Früchte oder Gemüse für die protektive Wirkung verantwortlich gemacht werden, und es ist auch nicht klar, welche Inhaltsstoffe von Bedeutung sind. Bei den letzteren kommen z.B. antioxidativ wirkende Vitamine wie C und E sowie Karotinoide in Frage. Aber auch Inhaltsstoffe wie Flavone, östrogen wirksame Stoffe sowie weitere, noch unbekannte Gemüseinhaltsstoffe könnten als protektiv wirksame Prinzipien eine Rolle spielen. Es wird deshalb auch für die schweizerische Bevölkerung empfohlen, täglich mindestens drei Portionen Gemüse und zwei Portionen Früchte zu konsumieren. Denn eine schweizerische Umfrage bei 15 000 Personen ergab, dass rund 30% der Befragten einen ungenügenden (weniger als einmal täglich) Früchte- und 17% einen ungenügenden Gemüsekonsum aufweisen (Soz. Präventivmed. 44, 143 [1999]).

In den letzten 20 Jahren sind aber verschiedene Verbrauchergruppen durch die jeweils in den Wintermonaten (die Nitratgehalte von im Glas- bzw. Treibhaus kultiviertem Gemüse sind höher als das im Freiland geerntete) veröffentlichten Meldungen zu überschrittenen Toleranzwerten von Nitrat verunsichert worden. In der Folge solcher Meldungen nimmt daher der Gemüsekonsum in der Regel zeitweilig ab. Dieses, aus der Sicht einer ausgewogenen Ernährung und der Gesundheitsvorsorge unerwünschte Verhalten, kann durch eine bessere Anpassung der Toleranzwerte für Nitrat in Gemüse an die praktischen Gegebenheiten («gute landwirt-

schaftliche Praxis») wohl weitgehend korrigiert werden.

Im Sinne der FIV ist Nitrat in Gemüse als *Inhaltsstoff* einzustufen, denn es ist wie erwähnt ein natürlicher, besonders im Boden gebildeter Stoff und die wichtigste Stickstoffquelle für die Pflanzenernährung. Es kann von Pflanzen und gewissen Mikroorganismen zum Aufbau von Proteinen verwendet werden, kaum jedoch vom menschlichen Organismus. Von Bedeutung für die Nitratexposition via Gemüse sind insbesondere «Blattgemüse» (Salate, Nüsslersalat, Spinat), Randen, Kohl sowie Kohlrabi. Die Nitratkonzentrationen von Gemüse variieren natürlicherweise sehr stark, nämlich um Faktoren von schätzungsweise 2–60 für die Mittelwerte unterschiedlicher Gemüsearten und von 5–70 für die Einzelwerte innerhalb einer Gemüseart (höchst/tiefst). Erstaunlich gering sind in der Regel die Spannweiten der Mittelwerte einer Gemüseart zwischen «Sommer» und «Winter» sowie die der Einzelwerte innerhalb der gleichen Kultur (gleicher Produzent, gleiche Kultur, gleiche Erntezeit), welche je höchstens einen Faktor 2–3 betragen.

Von Seiten der *Gemüseproduzenten und der Landwirtschaft* (Eidg. Forschungsanstalten, kantonale landwirtschaftliche Schulen und Beratungsstellen) sowie den Gemüseimporteuren sind in den letzten 20 Jahren grosse Anstrengungen unternommen worden, die Nitratkonzentration von Gemüsen, insbesondere jener, die im Winterhalbjahr geerntet werden, in den Griff zu bekommen und zu senken (vgl. Fussnoten 13 und 14). So sind denn heute praxisbezogene *Anleitungen, Checklisten* sowie *Empfehlungen* zur Erreichung minimaler, technisch unvermeidbarer Nitratkonzentrationen der verschiedenen Gemüsearten verfügbar. Diese sind allerdings auf der Basis neuer Erkenntnisse weiterhin periodisch anzupassen. Festzuhalten bleibt, dass beim Gemüseanbau im Winterhalbjahr der Einfluss des Klimas (Temperatur, Licht) auf die Nitratkonzentrationen des Erntegutes weiterhin von Bedeutung bleibt. Werden z.B. die Nitratkonzentrationen von im Winterhalbjahr geernteten Gemüsen innerhalb der EU-Länder verglichen,

so nehmen diese im Mittel von Nord nach Süd deutlich ab. Von erheblicher Bedeutung sind aber auch die Art und Weise der Düngung und Bodenbearbeitung sowie die Sortenwahl (18). Als Ergebnis der verschiedenen Forschungsanstrengungen von Bund und Kantonen ist es heute möglich, eine «gute landwirtschaftliche Praxis» im Gemüsebau bezüglich Nitrat zu definieren (siehe Tabelle). Diese Definition wurde weitgehend durch die Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, vorgenommen. Die darauf basierenden, neu vorgeschlagenen Toleranzwerte sind derart festgesetzt, dass sie bei Einhaltung einer guten landwirtschaftlichen Praxis nicht überschritten werden.

In der Europäischen Union (EU) sind auf den 1. Januar 1998 durch die Verordnung Nr. 194/97/EG vom 1. Februar 1997 die höchstzulässigen Nitratkonzentrationen von *Salate*

der Gattung *Lactuca sativa L.* und von *Spinat* harmonisiert worden (19). Dabei wurde ein ursprünglich von den Niederlanden eingeführtes, seither von verschiedenen europäischen Ländern (z.B. Deutschland, Österreich) übernommenes Verfahren angewendet: Je nach dem Zeitpunkt der Ernte gilt eine unterschiedliche höchstzulässige Nitratkonzentration, zum Beispiel für Salate 4500 mg/kg (Ernte 1. Oktober bis 31. März) und 2500 mg/kg (Ernte 1. Mai–31. August, Freilandsalate ausgenommen). Die Schweiz lehnte solche saisonabhängige Höchstkonzentrationen bisher stets ab mit der Begründung, dass erstens der präventive Gesundheitsschutz nicht saisonabhängig sein kann und dass zweitens eine Kontrolle der Einhaltung solcher Vorschriften administrativ aufwendig und wenig effizient ist.

Die EU-Werte sind nicht anwendbar für Salate und Spinat, die für die

Herstellung von Säuglingsfolgemahrung bestimmt sind. Sie gelten auch in erster Linie für den Handel zwischen den Mitgliedstaaten mit den Auswirkungen eines schweizerischen Grenzwertes. Denn in begründeten Fällen kann ein Mitgliedstaat das Inverkehrbringen von auf seinem Hoheitsgebiet erzeugtem und zum Verbrauch bestimmten Salat (*Spinat*) mit höheren Nitratkonzentrationen als in der EU-Verordnung vorgegeben, zeitlich beschränkt zulassen. Dies bedeutet indirekt, dass die EU-Werte ihrer Natur nach den schweizerischen Toleranzwerten entsprechen (vgl. Abschnitt 1).

Im Sinne des erwähnten Sachverhaltes kann eine Anpassung der schweizerischen Werte an jene der EU ins Auge gefasst werden. In der Tabelle ist der Vorschlag für eine FIV-Änderung dargelegt. Für die in der EU harmonisierten Gemüsearten wird der jeweils höchste Wert

Tabelle
Zur Diskussion gestellte Änderungen der FIV betreffend Nitrat

Stand: 30. Januar 1998				Ab: Sommer 2000			
Lebensmittel	TW ¹ (mg/kg)	GW ¹ (mg/kg)	Bemerkungen	Lebensmittel	TW ¹ (mg/kg)	GW ¹ (mg/kg)	Bemerkungen
Kopfsalat (<i>Lactuca sativa</i> <i>L. var. capitata</i>)	3500	4000	verkaufsfertige Ware	Salate (<i>Lactuca sativa L.</i>): Kopfsalat, Kraussalat, Eissalat, Eisberg, Batavia, Krachsalat, Lattich (Römischer Salat, Romana-Salat) inkl. Mini, Eichblatt, Schnittsalat/Pflücksalat, Lollo.	4500 ²	–	verkaufsfertige Ware
Lollo (<i>Lactuca sativa</i> <i>L. var. crispa</i>)	3500	–	verkaufsfertige Ware				
Spinat	3500	–	frisch, roh, verkaufsfertige Ware	Spinat (<i>Spinacia oleracea L.</i>)	3000 ²	–	frisch, roh, verkaufsfertige Ware
Spinat	1500	–	konserviert	Spinat	2000 ²		konserviert
Nüssler	3500	–	verkaufsfertige Ware	Nüsslersalat, Feldsalat (<i>Valerianella locusta L.</i>)	4500	–	verkaufsfertige Ware
Fenchel	2000	–	verkaufsfertige Ware	Knollenfenchel (<i>Foeniculum vulgare Mill.</i>)	2500	–	verkaufsfertige Ware
Chinakohl (<i>Brassica pekinensis</i>)	1500	–	verkaufsfertige Ware	Chinakohl (<i>Brassica pekinensis</i>)	2500	–	verkaufsfertige Ware
Kohlarten (<i>Brassica oleracea L.</i>)	875	–	ausgenommen Kohlrabi, verkaufsfertige Ware	Kohlarten (<i>Brassica oleracea L.</i>)	1500	–	ausgenommen Kohlrabi, verkaufsfertige Ware

¹ TW: Toleranzwert, GW: Grenzwert; zum besseren Vergleich mit den jetzt gültigen Werten nicht nach absteigenden Konzentrationen geordnet wie sonst in der FIV üblich.

² EU-Werte; die übrigen Werte für Gemüse richten sich weitgehend nach der von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, definierten «guten landwirtschaftlichen Praxis».

von 4500 mg/kg (Salate) bzw. 3000 mg/kg (Spinat), der in der EU vom 1. Oktober bis 31. März bzw. vom 1. November bis 31. März gilt, anstelle der bisherigen schweizerischen Werte von 4000 mg/kg bzw. 3500 mg/kg (ganzjährig gültig), aufgeführt (vgl. Fussnote 14). Bezüglich der übrigen Gemüse, für welche die EU (noch) keine Regelung kennt, wohl aber verschiedene unserer Nachbarländer, beabsichtigen wir, die bisherigen Toleranzwerte der FIV teilweise zu erhöhen (um etwa 30% und maximal um 70% bei Chinakohl und Kohlrarten, ausgenommen Kohlrabi) bzw. diese der «guten landwirtschaftlichen Praxis» anzupassen. Es ist nicht vorgesehen, die lebensmittelrechtliche Regelung der Nitratgehalte zu einem späteren Zeitpunkt auf weitere Gemüsearten, die bis jetzt nicht geregelt waren, auszudehnen.

Die vorgesehenen Anpassungen der Toleranzwerte führen unter Berücksichtigung der in der Praxis unter ungünstigen Bedingungen (Wintersaison) vorkommenden Nitratkonzentrationen bei Kopfsalat bzw. Nüssler gesamtschweizerisch zu einer Erhöhung der mittleren Nitratkonzentration (Median) von schätzungsweise 5 bzw. 10%. Diese Berechnungen beruhen auf entsprechenden Messwerten und der Annahme, dass auf dem Markt keine entsprechenden Salate angeboten werden, die im Mittel eine Nitratkonzentration von über 3500 mg/kg (alt) bzw. 4500 mg/kg (neu) aufweisen. Zudem haben sich in den letzten 20 Jahren die Verzehrsgewohnheiten von Salaten der Gattung *Lactuca sativa L.* geändert. Wurden 1980 noch gegen 85% dieser Gemüseart als Kopfsalat, der als besonders nitratreich gilt, konsumiert, waren es 1995 noch rund 40%. Er wurde vorwiegend durch *Eisberg*, Batavia- und Krachsalat ersetzt, die von der Natur her zu tieferen Nitratkonzentrationen neigen. Insgesamt führt somit die vorgeschlagene Anpassung der Toleranzwerte (siehe Tabelle) nicht zu einer wesentlichen Erhöhung der effektiven Nitratexposition der Bevölkerung.

Der Einwand, dass es durch die vorgesehene Regelung theoretisch möglich wird, Ware, die den saisonalen EU-Anforderungen bezüglich

Nitrat nicht genügt, bevorzugt in die Schweiz zu exportieren, ist nicht stichhaltig. Erstens kann sich die Schweiz während des Sommerhalbjahrs zurzeit weitgehend selbst mit Gemüse versorgen und zweitens stammt das während des Winters (1–3 Monate) importierte Gemüse vorwiegend aus südlicher gelegenen Ländern und weist somit eher tiefere Nitratkonzentrationen auf als Schweizer Gemüse. Tatsächlich wurden von in den Winterhalbjahren (1991–1995) importierten Salaten (Kopf-, Lollo-, Nüsslersalat) vom kantonalen Laboratorium Basel-Stadt nur rund 2,4% wegen überhöhter Nitratkonzentrationen beanstandet, aber rund 16% der Proben aus einheimischer Produktion. Die Länder, aus denen die Importe stammten, waren insbesondere Frankreich, Italien, Niederlande und Spanien (Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 86, 497 [1995]).

Befürchtungen, dass durch die vorgesehenen Anpassungen der Toleranzwerte für Nitrat in Gemüse das «Umweltbewusstsein» der Landwirte leiden könnte, sind zwar nicht ganz unberechtigt, sollten allerdings durch die neue Landwirtschaftspolitik (Förderung der integrierten Produktion und des biologischen Landbaus) relativiert werden. Durch die getroffenen Massnahmen (ausgeglichene Nährstoffbilanzen, Bodenschutzindex usw.) darf auch ein Rückgang der Nitratwaschung aus den Böden erwartet werden, wodurch letztlich auch die Nitratkonzentration im Quell- und Grundwasser (Trinkwasser) abnehmen wird.

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Frage der Bedeutung der endogenen Nitrosaminbildung bei erhöhter Nitratzufuhr für eine Gesundheitsgefährdung des Menschen bedarf aufgrund der wissenschaftlichen Erkenntnisse der letzten 20 Jahre einer neuen Beurteilung: Nitrat wird endogen in Mengen gebildet, die vergleichbar sind mit jenen, die täglich mit der Nahrung aufgenommen werden. Zudem zeigen die Ergebnisse epidemiologischer Studien, dass ein hoher Früchte- und Gemüsekonsum zu einem geringeren Risiko führt, an Tumoren

und anderen chronisch-degenerativen Krankheiten zu erkranken. Die Berücksichtigung dieser Erkenntnisse zu Nitrat führt bei der Nutzen-Risiko-Betrachtung zum Schluss, dass das gesundheitliche Risiko durch Nitrat gegenüber dem gesundheitlichen Nutzen eines hohen Früchte- und Gemüsekonsums vernachlässigbar ist, selbst wenn der heutige durchschnittliche Gemüsekonsum künftig verdoppelt wird.

Grundsätzlich gilt aber, dass Nitrat für den Menschen, den heutigen Erkenntnissen gemäss, sowohl ein körpereigener, aber auch ein unerwünschter, jedoch unvermeidbarer pflanzlicher Inhaltsstoff ist. Bei «guter landwirtschaftlicher Praxis» kann der Nitratgehalt von Gemüse im allgemeinen niedrig gehalten werden (technisch/technologisch unvermeidbare Menge). Demgegenüber ist das Vorkommen von Nitrat in Trinkwasser in Konzentrationen >25 mg/l grundsätzlich vermeidbar.

Gestützt auf die Ergebnisse der toxikologischen Neubeurteilung von Nitrat sowie der neu definierten «guten landwirtschaftlichen Praxis» in der Schweiz beabsichtigen wir, dem Eidg. Departement des Innern zu beantragen, die in der Tabelle aufgeführten Toleranzwerte für Nitrat anstelle der bisherigen Werte in die Liste 4 der FIV aufzunehmen, so dass diese voraussichtlich im Sommer 2000 in Kraft treten werden. Diese Werte garantieren den präventiven Gesundheitsschutz und tragen zum Abbau technischer Handelshemmnisse bei. Es ist nicht vorgesehen, die Nitratgehalte weiterer, bisher nicht geregelter Gemüsearten, zu einem späteren Zeitpunkt lebensmittelrechtlich zu reglementieren. Die bestehenden Grenz- und Toleranzwerte für Nitrat aller in der Tabelle nicht aufgeführten Lebensmittel verbleiben vorderhand unverändert in der FIV.

Als Folge dieser FIV-Anpassungen wird die Anzahl Beanstandungen von Gemüse wegen Überschreitung der Nitrat-Toleranzwerte durch die Kantonalen Laboratorien abnehmen. Demzufolge kann erwartet werden, dass für den Verbraucher das Thema «Nitrat in Gemüse», besonders in der Wintersaison, an Bedeutung verlieren wird, wodurch wir uns einen An-

stieg des Früchte- und Gemüsekonsums auch in der Wintersaison erhoffen. Unser Amt prüft derzeit zudem die Möglichkeit, öffentliche Kampagnen mit dem Ziel durchzuführen, den saisongerechten Gemüse- und Fruchtekonsum zu erhöhen. ■

Bundesamt für Gesundheit
Abteilung Lebensmittelwissenschaft

1. Pflanzeninhaltsstoffe mit östrogenen Wirkung wie Daidzein und Genistein in Soja.
2. Speijers, G. J. A.: Nitrite p. 267–323, Nitrate p. 325–360 In: Anonymous: Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the 44th meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA). Food Additive Series 35 (IPCS), WHO, Geneva 1996.
3. Gangoli, S. D., von den Brant, P. A., Feron, V. J., Janzowsky, C., Koemann, J. H., Speijers, G. J. A., Spiegelhalter, B., Walker, R. and Wishnok, J. S.: Assessment, nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. Eur. J. Pharmacol. Environ. Toxicol. Pharmacol., Section 292, 1–38 (1994).
4. Eichholzer, M. and Gutzwiller, F.: Dietary nitrates, nitrites and N-nitroso compounds and cancer risk: a review of the epidemiologic evidence, Nutr. Rev. 56, 95–105 (1998).
5. Anonymous: WHO-guidelines for drinking-water quality. Vol. 2, second ed., Geneva 1996, p.313–324.
6. Avery, A.A.: Infantile methemoglobinemia: reexamining the role of drinking water nitrates. Environ. Health Perspect. 107, 583–586 (1999).
7. Vermeer, I.T.M., Pachon, D.M.F.A., Dallinga, J. W., Kleinjans, J.C.S. and van Maanen, J.M.S.: Volatile N-nitrosamine formation after intake of nitrate at the ADI level in combination with an amine-rich diet. Environ. Health Perspect. 106, 459–463 (1998).
8. Eichholzer, M. und Bisig, B.: Ungenügender Früchte- und Gemüsekonsum in der Schweiz: Resultate der schweizerischen Gesundheitsbefragung 1992/93. Soz. Präventivmed. 44, 143–151 (1999).
9. Anonymous: Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Environm. Hlth. Criteria No 210 (IPCS), WHO, Geneva 1999 sowie frühere Veröffentlichungen des JECFA.
10. Die Schweiz ist weltweit das einzige Land, das zwischen Toleranz- und Grenzwerten unterscheidet.
11. Dies ist schwierig zu verstehen, denn «im Wert vermindert» ist wohl eher ein über Winter gelagerter Apfel, der u.a. einen deutlich tieferen Vitamin-C-Gehalt aufweist als ein frisch geernteter, falls der Vitamin-C-Gehalt als wertgebend angesehen wird. Auch der Ausdruck «verunreinigt» ist im Zusammenhang mit Spurenstoffen missverständlich, denn Toleranzwerte von 10 oder 50 mg/kg entsprechen immerhin nur 10 oder 50 mm pro Kilometer bzw. 10 oder 50 Zuckerwürfel in 2700 l Wasser (Tankwagen). Ob bei diesen Grössenverhältnissen noch ernsthaft von einer *effektiven Verunreinigung* gesprochen werden kann? Allerdings ist der Begriff der Reinheit von Nahrungsmitteln mit hohen Konsumentenerwartungen verbunden. Diese lassen sich nicht einfach quantitativ erfassen, sie sind unter dem Gesichtspunkt des Täuschungsschutzes zu berücksichtigen.
12. 1977 beantragte der Verband der schweizerischen Kantonschemiker (VKCS) deshalb dem BAG, eine Arbeitsgruppe einzusetzen mit der Aufgabe, die gesundheitliche Problematik der Nitrate zu untersuchen und Gegenmassnahmen auszuarbeiten.
13. Entsprechende Kontrollen wurden seither vom kantonalen Vollzug nur noch in den Wintermonaten vorgenommen.
14. Eine bakterielle Nitritbildung kann auch in gekochten, nitratreichen Speisen (z. B. Spinat) auftreten, wenn diese einige Stunden ungekühlt aufbewahrt werden. Auf diese Art sind früher auch Vergiftungen von Kleinkindern mit Spinat verursacht worden. In der heutigen Zeit (Kühlschränke) kommt dieser Nitritexposition jedoch kaum mehr Bedeutung zu (Bundesgesundheitsblatt, 8, 246 [1965]).
15. An Infektionen leidende Säuglinge scheiden via Urin bis zu 10-mal mehr Nitrat aus als ihnen mit der Nahrung zugeführt wird.
16. Zum Vergleich: Analoge Verbindungen wurden nachgewiesen (Mittelwerte): in Pökelfleisch 1200 (µg N-NO/kg, Bier 54 µg N-NO/kg, und Käse, der mit Nitratzusatz produziert wurde, 67 µg N-NO/kg, nicht jedoch in Brot, Tee, Kaffee, Milch und Yoghurt < 20 µg N-NO/kg.
17. Im Mittel etwa: 70% Gemüse, 20% Trinkwasser, Getränke, 6% Fleisch und Fleischwaren (Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 71, 182 [1980]).
18. Im Vergleich zum konventionellen Glashaus-Anbau führt die sogenannte Hors-sol-Produktion bei optimaler Kulturführung zu tieferen Nitratkonzentrationen.
19. Als Basis stützen wir uns für das Folgende auf die EU-Verordnung Nr. 864/1999/EU vom 26. April 1999, in welcher die Verordnung Nr. 194/97/EG abgeändert wird.