

47. **ZUR PROBLEMATIK DER FREMDSTOFFE
 IN LEBENSMITTELN**

Über die Verwendung von Fremdstoffen bzw. Zusatzstoffen in Lebensmitteln ist in der Vergangenheit schon vielfach berichtet worden. Daher beschränkt sich dieses Referat darauf, die *derzeitige Gesamtsituation* auf diesem Gebiet zu beleuchten und eine Synopsis zu geben, was schon geschehen ist und welche Wissenslücken noch bestehen.

Die Verwendung von Zusatzstoffen bei der Lebensmittelproduktion ist schon alt, aber erst seit Ende des vergangenen Krieges, also seit etwa 15 Jahren, ist sie zu einem Problem geworden. Dies ist einmal dadurch bedingt, dass die Zahl der Zusatzstoffe seit dieser Zeit immens angewachsen ist, andererseits dadurch, dass der Mensch nun nicht mehr um sein nacktes Leben zu bangen brauchte und dadurch Kräfte frei wurden, um sich anderen — verborgenen — Gefahrenquellen zuzuwenden, die als Folge der rasch voranschreitenden Technisierung unser Leben potentiell oder effektiv bedrohen.

Es ist nicht wegzuleugnen, dass mit steigendem Lebensstandard die Voraussetzungen für gewisse *Zivilisationsschäden* gegeben sind, und es ist verständlich, dass Rufer aufstanden, die in einer hochentwickelten Zivilisation die Wurzel alles Übels sehen wollten, während auf der anderen Seite eventuelle Schädigungsmöglichkeiten bagatellisiert oder verkannt wurden.

Stehen sich auch heute noch diese Auffassungen — Purismus und Bagatellisierung — gegenüber, so ist doch zumindest ein Abflachen des Wellenganges zu verzeichnen, dadurch bedingt, dass durch wissenschaftliche Arbeit in den vergangenen Jahren ein breites Fundament entstanden ist, und dass von behördlicher Seite in allen Kulturländern der Welt Massnahmen ergriffen worden sind, um die Gefahren für den Verbraucher auf ein Mindestmass zu reduzieren. Mehr und mehr setzt sich die Erkenntnis durch, daß die Wahrheit in der Mitte liegt, d.h. dass Schäden für den Menschen zwar möglich sind, dass aber durch Forschung, Gesetzgebung und Überwachung alles geschieht, um sie einzugrenzen und ein Höchstmass an Sicherheit zu erreichen.

Es ist klar, dass es sich hier um ein ganz grosses Problem handelt, das ungeheure Geldmittel sowie entsprechende Institutskapazitäten und wissenschaftliches Personal erfordert, das hierfür in entsprechendem Umfang erst ausgebildet werden muss. Ohne diese horrenden Investitionen wäre es nicht möglich, Fremdstoffe anzuwenden, die bei unserem soziologischen und industriellen Entwicklungsstand nicht mehr wegzudenken wären. Kann man über die Notwendigkeit eines einzelnen Stoffes geteilter Meinung sein; *in summa* ist die Verwendung von Fremdstoffen — als Ganzes gesehen — ein « *Muss* », wenn man nur an die Gebiete der Pesticide, Konservierungsstoffe, technischen Hilfsstoffe usw. denkt. Dass es sich lohnt, so hohe Mittel zu investieren, geht schon aus dem letzten Bericht des Food Protection Committee ⁽¹⁾ hervor, nach welchem allein in den USA durch landwirtschaftliche Schädlinge trotz aller Massnahmen der Schädlingsbekämpfung jährlich ein Schaden von 8-15 Milliarden Dollar entsteht. Eine Zusammenstellung über die jährlichen Verluste durch Insekten in verschiedenen Ländern der Erde ist dem Buch von F. A. GUNTHER und L. R. JEPSON ⁽²⁾ zu entnehmen (Tabelle 1).

TABELLE 1: Jährliche Mindest-Verluste durch Insekten

L a n d	Nutzbare Fläche Millionen ha	Jährlicher Verlust Millionen US-Dollar
<i>Europäische Länder</i>		
Dänemark	2,833	63
Deutschland (West)	8,498	189
England	7,284	162
Frankreich	21,043	468
Italien	15,38	312
UdSSR	225,005	5004
<i>Aussereuropäische Länder</i>		
Australien	29,14	288
Brasilien	19,02	423
China	91,05	2025
Indien	123,83	2754
Kanada	36,83	819
USA	184,13	4095

Es versteht sich, dass für alle Forschungsarbeiten von allgemeiner Zielsetzung, aber auch für die differenzierte Prüfung der altbekannten, nicht mehr patentrechtlich geschützten Stoffe der Staat aufzukommen hat. Dagegen obliegt es schon heute der Industrie, für *neue* Zusatzstoffe, z.B. sog. « landwirtschaftliche Chemikalien », alle notwendigen Unterlagen selbst beizusteuern. Über den notwendigen Aufwand macht man

sich oft keine richtige Vorstellung. Beispielsweise wird bei der einschlägigen Industrie in USA für ein neues Pesticid mit einer Forschungs- und Entwicklungsarbeit von 3-6 Jahren und einer Ausgabe von 1,1-1,5 Millionen Dollar gerechnet, bevor die Anmeldung bei der « Food and Drug Administration » und die Einführung in die Produktion erfolgen kann ⁽³⁾. Dabei werden — gemäss einem festliegenden Plan — viele Arbeiten wie z.B. die toxikologische Prüfung, die Ausarbeitung analytischer Bestimmungsmethoden und die landwirtschaftliche Erprobung parallellaufend durchgeführt, um die notwendige Zeit auf ein Minimum zu reduzieren. Im Ganzen gesehen fliessen auf dem Gebiet der Fremdstoffe Summen, die schlechterdings unvorstellbar sind.

Damit stellt sich die Frage nach dem Umfang der Anwendung bzw. nach der Zahl der Stoffe, die sich der Mensch — meist ohne es zu wissen — einverleibt. Trotz vieler Kalkulationen ist eine einigermaßen verbindliche Angabe hierüber noch immer nicht möglich. Auf der einen Seite legte z.B. der wissenschaftliche Leiter des Bundes für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde in Deutschland, Dr. H. Weiss, eine Liste über die Verhältnisse in Deutschland vor, die auf Grund seiner sorgfältigen Erhebungen etwas über 100 Fremdstoffe enthält. Dem steht gegenüber, dass z.B. auf Grund der neuen Ergänzung zum amerikanischen Lebensmittelgesetz aus dem Jahr 1958 Verlängerungsgenehmigungen für mehr als 3000 Stoffe erteilt wurden, die in USA zugelassen sind. Diese beiden Listen stimmen scheinbar schlecht überein, doch wäre es falsch, sie überhaupt in Vergleich setzen zu wollen, denn im Fall USA sind sämtliche Stoffe aufgeführt, die zugelassen sind, und zwar aus allen Kategorien, die überhaupt in Lebensmitteln — auch unbeabsichtigter Weise — enthalten sein *können*, während die deutsche Liste nur diejenigen Fremdstoffe umfasst, die tatsächlich und beabsichtigt zugesetzt werden. Es ist damit zu rechnen, dass zahlreiche Stoffe, die in USA zugelassen sind — z.B. aus dem Gebiet der Pesticide —, dort nicht oder nicht mehr angewandt werden, so dass es nicht berechtigt wäre, irgendwelche Schlüsse aus den amerikanischen Zulassungsziffern hinsichtlich der Zahl der verwendeten Zusatzstoffe zu ziehen. Noch weniger wäre es berechtigt, all die Stoffe mitzuzählen, die lediglich vorgeschlagen wurden oder nur aus patentrechtlichen Gründen geschützt sind, ohne dass sie zugelassen sind oder angewandt werden.

Um welche Stoffe und Stoffgruppen es sich bei den Fremdstoffen bzw. Zusatzstoffen überhaupt handelt, geht aus Tabelle 2 hervor. Diese Tabelle umfasst jedoch nur die Hauptgruppen von Stoffen, nicht ihre Untergruppen. Als Anordnungsprinzip ist die *Wirkungsweise* der Stoffe zugrundegelegt, im Gegensatz zu der früher meist üblichen Anordnung nach dem Verwendungszweck.

TABELLE 2: *Fremdstoffe in Lebensmitteln.*

A. ABSICHTLICH ZUGESetzte FREMDSTOFFE

I. *Stoffe mit chemischer Wirkung*

1. Antimikrobielle Stoffe
2. Antioxydantien
3. Synergisten und Komplexbildner
4. Farbverbesserungsmittel
 - a) Stoffe zur Farberzeugung (bes. Nitrat, Nitrit, Kupfersalze)
 - b) Stoffe gegen unerwünschte Verfärbungen
5. Bleichmittel
 - a) oxydierende Stoffe
 - b) reduzierende Stoffe
6. Fermente (Papain)

II. *Stoffe mit physikalischer Wirkung*

1. Farbstoffe
2. Quellungsmittel, Dickungsmittel, Geliermittel
3. Emulgatoren, Stabilisatoren, Lösungsvermittler (Antikristallisationsmittel, Härtungsmittel, Beschwerungsmittel usw.)
4. Weichhaltemittel (gegen Altbackenwerden)
5. schaubildende Stoffe
6. schaumverhindernde Stoffe (« Antischaummittel »)
7. Backtriebmittel
8. Überzugsmittel
 - a) Glasuren, Röstzusätze
 - b) Überzüge gegen Austrocknung oder Mikrobenbefall
9. Feuchthaltemittel
10. Trennmittel

III. *Stoffe mit physiologischer Wirkung*

1. Stoffe zur Verbesserung des Nährwerts
 - a) Vitamine

- b) Aminosäuren
- c) Mineralsalze
- 2. Stoffe zur Verbesserung des Geschmacks und Geruchs
 - a) Süßungsmittel
 - b) salzig oder sauer schmeckende Stoffe
 - c) natürliche und künstliche Aromastoffe, ätherische Öle
 - d) geschmacksverstärkende Stoffe (bes. Na-Glutamat)
- 3. Stoffe mit Sonderwirkung
 - a) diätetisch wirksame Stoffe
 - b) Stimulantien
 - c) Sedativa
 - d) Stoffe gegen Strahlenschäden

IV. *Sonstige Fremdstoffe*

- 1. Kennzeichnungsstoffe (Stärke, Sesamöl, Hydroxymethylfurfurol)
- 2. Denaturierungsstoffe (Vergällungsmittel)

B. UNBEABSICHTIGT IN DIE NAHRUNG GELANGENDE FREMDSTOFFE

I. *Bei der landwirtschaftlichen Erzeugung verwendete Stoffe*

- 1. Bodenbehandlungsmittel
 - a) Düngemittel
 - b) Bodenlockerungsmittel
- 2. Pflanzenschutzmittel
 - a) Stoffe gegen Mikroorganismen (Fungicide, Bactericide)
 - b) Stoffe gegen Kaltblüter (Insecticide, Acaricide, Nematodicide)
 - c) Stoffe gegen Nagetiere (Rodenticide)
 - d) Stoffe gegen Unkrautbefall (Herbicide)
- 3. Vorratsschutzmittel und sonstige Stoffe
 - a) Begasungsmittel
 - b) Antikeimungsmittel
 - c) reifungsbeeinflussende Stoffe und Wachstumsregulatoren

II. *Bei der Tierzucht verwendete Stoffe*

- 1. Antibiotica

2. hormonartig wirkende Stoffe
3. sonstige Stoffe (auch Tierarzneimittel)

III. *Bei technischen Behandlungsverfahren verwendete Stoffe* (technische Hilfsstoffe)

1. Lösungsmittel, Extraktionsmittel
2. Fällungsmittel
3. Sorptionsmittel (entfärbend oder klärend wirkende Stoffe)
4. Katalysatoren und Fermente
5. Reinigungs- und Desinfektionsmittel
6. Hydrolysensäuren, Laugen, Neutralisationsmittel, Pufferungsmittel

IV. *Bei technischen Behandlungsverfahren entstehende Stoffe*

1. Bei chemischen Behandlungsverfahren entstehende Stoffe
2. Bei physikalischen Behandlungsverfahren entstehende Stoffe
 - a) durch Hitze- oder Kälteeinwirkung entstehende Stoffe
 - b) durch Bestrahlung entstehende Stoffe

V. *Verunreinigungen*

1. Rückstände von Verarbeitungsgeräten
2. Rückstände von Verpackungsmaterial
3. Schmutzstoffe
4. radioaktive Stoffe (« Fallout »)
5. chemische Kampfstoffe

Versucht man nun, die *Ergebnisse aller bisherigen Arbeit* zusammenzufassen, so ergibt sich, dass schon Vieles erreicht ist, manches aber noch zu tun bleibt. Erfreulicherweise wurde in vielen grundsätzlichen Fragen Übereinstimmung innerhalb aller Länder erreicht — dank des vertrauensvollen Zusammenarbeitens der Experten dieser Länder. So ist man sich einig, dass nur « positive Listen » aufgestellt werden können, während das frühere Prinzip der Verbotslisten endgültig verlassen ist. — Ebenso besteht Einigkeit über die allgemeinen Grundsätze der Anwendung. Diese Grundsätze sind inzwischen — wenn auch in wechselnder Formulierung — Bestandteil der Gesetze der verschiedenen Länder

geworden oder werden es. Bemerkenswert ist, dass gerade die Lebensmittelindustrie besonders strenge Grundsätze aufgestellt hat, die auf dem IV. Symposium über Lebensmittel-Zusatzstoffe in Paris 1958 von der Commission Internationale des Industries Agricoles (CIIA) angenommen wurden (⁴⁻⁵). Weiterhin besteht Einigkeit darüber, dass jeder Fremdstoff in mehrjährigen Tierversuchen toxikologisch geprüft sein muss, wofür exakte Richtsätze ausgearbeitet wurden. Zahlreiche Fremdstoffe wurden bereits nach diesen Richtsätzen geprüft; für andere steht die Prüfung allerdings noch aus oder ist noch unvollkommen. Auch ist man sich einig, dass für alle Fremdstoffe Reinheitsanforderungen und sog. « Spezifikationen » aufgestellt werden müssen, bevor sie zugelassen werden, und dass auch für jeden Stoff Analysenmethoden zum Nachweis und zur Bestimmung in Lebensmitteln vorliegen müssen.

Betrachtet man aber die negativen Punkte, also das, was zu einer wirklichen internationalen Koordinierung auf dem Gebiet der Fremdstoffe noch fehlt, so sind immer noch erhebliche Differenzen zwischen den Gesetzen der einzelnen Länder festzustellen. Im Bestreben, den internationalen Austausch — sowohl wissenschaftlich, wie materiell — zu fördern, wäre es erstrebenswert, die Fremdstoffgesetze der Länder möglichst gleichartig zu gestalten. Dies erscheint durchaus möglich, wenn man von bestimmten Abweichungen absieht, die infolge besonderer regionaler Verhältnisse im einen oder anderen Fall unvermeidbar sind.

Von diesem Ziel ist man aber, wie gesagt, noch weit entfernt. Dies gilt schon für *Ermessensfragen*, also für solche, die durch persönliche Übereinkunft, nicht durch wissenschaftliche Arbeit zu klären sind. So ist man sich beispielsweise schon über die *Definition des Fremdstoffbegriffs* nicht einig und in den Gesetzen verschiedener Länder sind abweichende Definitionen festgelegt, die z.T. alles andere als befriedigend sind. Recht verschieden sind auch die *Zulassungsverfahren* in verschiedenen Ländern und zwar nicht nur formal, sondern auch in ihrer Grundtendenz. So bedeutet es einen grundsätzlichen Unterschied, ob für die Zulassung der Nachweis der Notwendigkeit oder nur derjenige der Wirkung eines Stoffes gefordert wird. Nach amerikanischer Auffassung genügt es, dass die angestrebte Wirksamkeit nachgewiesen ist, während wir uns beispielsweise in der Konservierungs-Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) darauf festgelegt haben, die technische Notwendigkeit bzw. ein echtes Bedürfnis im Interesse des Verbrauchers zu fordern. Die Auswirkung dieser Alternative ist bedeutend: nach europäischer Auffassung werden die positiven Listen auf das Äusserste beschränkt bleiben, während in USA sehr viel mehr Stoffe im Sinne

des freien Wettbewerbs Aussicht auf Zulassung haben und die Listen daher entsprechend grösser sind.

Andere Ermessensfragen, bei denen noch keine Übereinstimmung besteht, sind die, ob z.B. Reinheitsanforderungen für die Fremdstoffe selbst oder auch Toleranzwerte für den Gehalt an Fremdstoffen in Lebensmitteln so streng wie technisch möglich, oder nur so streng wie pharmakologisch notwendig festzulegen sind, ob eine Annullierung von Zulassungen erfolgen soll, wenn kein Bedarf mehr vorhanden ist, und schliesslich die Grundfrage, welche Stoffe überhaupt in die positiven Listen aufgenommen werden sollen. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, das nach dem neuen Italienischen Lebensmittelgesetz ⁽⁶⁾ vom 3.VI.1962 die Zulassungsbestimmungen jährlich überprüft werden müssen, so dass stets die Möglichkeit einer Revision gegeben ist.

Es ergibt sich aus dem Gesagten, dass schon auf den reinen Ermessensgebieten viel zu tun bleibt, um in verständnisvollen Diskussionen zu einer einheitlichen Auffassung zu kommen. Die Masse der noch offenen Probleme ist so gross, dass sie wohl nur durch eine internationale Institution in absehbarer Zeit gelöst werden können. In diesem Sinne wurde von A. C. FRAZER auf dem I. Internationalen Kongress für Lebensmittelwissenschaft und -technologie in London im September 1962 die Errichtung eines ständigen internationalen Bureaus zur Schaffung eines « *Food Additive Codex* » vorgeschlagen. Auf nationaler Ebene, nämlich in USA (Food Protection Committee) wird bereits seit Mai 1961 an einem solchen Codex gearbeitet, der Spezifikationen für 600-800 « food-grade Chemicals » bringen soll und einen Umfang von nahezu 1000 Seiten haben wird.

Abgesehen von diesen Problemen, die in erster Linie Sache einer internationalen Verständigung über die *Auswertung* von Forschungsergebnissen sind, gibt es aber auch noch *Forschungsgebiete* selbst, die noch nicht ausreichend bearbeitet sind. Einige solche seien nachfolgend angeführt.

Eines der noch etwas vernachlässigten Themen ist die Frage nach der etwaigen mutagenen Wirkung und der Allergenwirkung von Zusatzstoffen. Über die *Allergenwirkung* liegt aus neuerer Zeit eine Arbeit von F. BÄR (Berlin) vor ⁽⁷⁾, aus der hervorgeht, dass bei einem Teil der untersuchten Zusatzstoffe gewisse Allergenwirkungen auftreten können. Diese müssen aber von den Allergenwirkungen genuiner Lebensmittelbestandteile selbst unterschieden werden. Die Ergebnisse reichen jedoch noch nicht aus, um ein abschliessendes Urteil zu fällen.

Auf dem Gebiet des *mutagenen Effekts* ist zu entscheiden, ob es berechtigt ist, wie in den sog. « Godesberger Beschlüssen » ⁽⁸⁾, die Abwesenheit keim-schädigender Wirkungen zu fordern, was eine Testung

aller Fremdstoffe auf eine etwaige mutagene Wirkung notwendig machen würde. Diese Frage ist bei uns und auch in anderen Ländern an einem Beispiel präjudiziert worden, nämlich am Hexamethylentetramin, das unter anderem deshalb abgelehnt wurde, weil es bei saurer Reaktion leicht unter Bildung von Formaldehyd zerfällt, der auf niedere Organismen mutagen wirkt.

In längeren Versuchsreihen hat sich an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie München Dr. H. Lück mit der mutagenen Wirkung von Zusatzstoffen befasst (⁹). Es ergab sich u.a., dass unter den in Westdeutschland zugelassenen Lebensmittelfarbstoffen das Erythrosin im Versuch an Mikroorganismen (*Escherichia coli*) eine statistisch gesicherte mutagene Wirkung besitzt. Auch andere Xanthenfarbstoffe, wie auch das Xanthengerüst selbst, erwiesen sich als schwach mutagen.

Einzelne Genetiker sind nun der Ansicht, dass alle Stoffe, die bei irgendeinem Organismus Mutationen auslösen, als Zusatzstoffe abzulehnen seien. Dem muss aber entgegengehalten werden, dass es auch verschiedene natürliche Bestandteile unserer Nahrung gibt, die bei Mikroorganismen Mutationen induzieren können, wie z.B. das Coffein, Theophyllin, Theobromin, Allylsenföl, wahrscheinlich auch Vitamin C in höheren Konzentrationen. Andererseits können Stoffe, die an Mikroorganismen Mutationen hervorrufen, im menschlichen Organismus abgebaut oder ausgeschieden werden, bevor sie an den Reaktionsort gelangen. Aber selbst wenn dies nicht der Fall ist, wäre es noch problematischer, von Mikroorganismen oder auch vom *Drosophila*-Test auf den Menschen zu schliessen, als es beim Tierversuch an den üblichen Laboratoriumstieren der Fall ist. Die mutagene Wirkung bei Mikroorganismen spricht daher nur für eine bestimmte *biochemische oder biologische Aktivität der betr. Substanz* und sollte lediglich als Hinweis für weitere gründliche Untersuchungen (mutagene Wirkung am Säuger), nicht aber für sich allein als Ablehnungsgrund gewertet werden. Sicher aber ist, dass die Frage der mutagenen Wirkung von Zusatzstoffen noch eingehender untersucht werden sollte, da jede Erhöhung der Mutationsrate beim Menschen als bedenklich angesehen werden muss.

Eine andere Frage ist die, in welcher Weise die Toxizität eines Stoffes durch die *Ernährungslage* beeinflusst werden kann. Es ist erwiesen, dass verschiedene, an sich ausreichende Diätformen bei der Prüfung der Toxizität eines Stoffes zu verschiedenen Ergebnissen führen können. Dies ist von grösster Bedeutung, weil auch beim Menschen mit einer breiten Variation der Nahrungszusammensetzung gerechnet werden muss und nicht bekannt ist, welche Form der Versuchsdiät der menschlichen Ernährung entspricht.

Abgesehen von den möglichen Einflüssen einer an sich ausreichenden Diät besteht aber auch die Möglichkeit, dass durch *Unterernährung* — und zwar durch Calorienmangel oder durch Unterernährung an bestimmten essentiellen Stoffen — eine verschiedene Empfindlichkeit gegenüber toxischen Faktoren hervorgerufen wird. Sehr aufschlussreich sind neuere Versuche von D. HÖTZEL (Giessen), die ergaben, dass die Toxizität der schwefligen Säure von der Versorgung der Versuchstiere mit bestimmten B-Vitaminen abhängig ist (¹⁰). Vollernährte Ratten zeigten bei Dosen bis zu 400 mg SO₂/kg Ratte/Tag keine signifikanten Veränderungen von Gewichtszunahme, Futterwirkung und Lebensdauer,

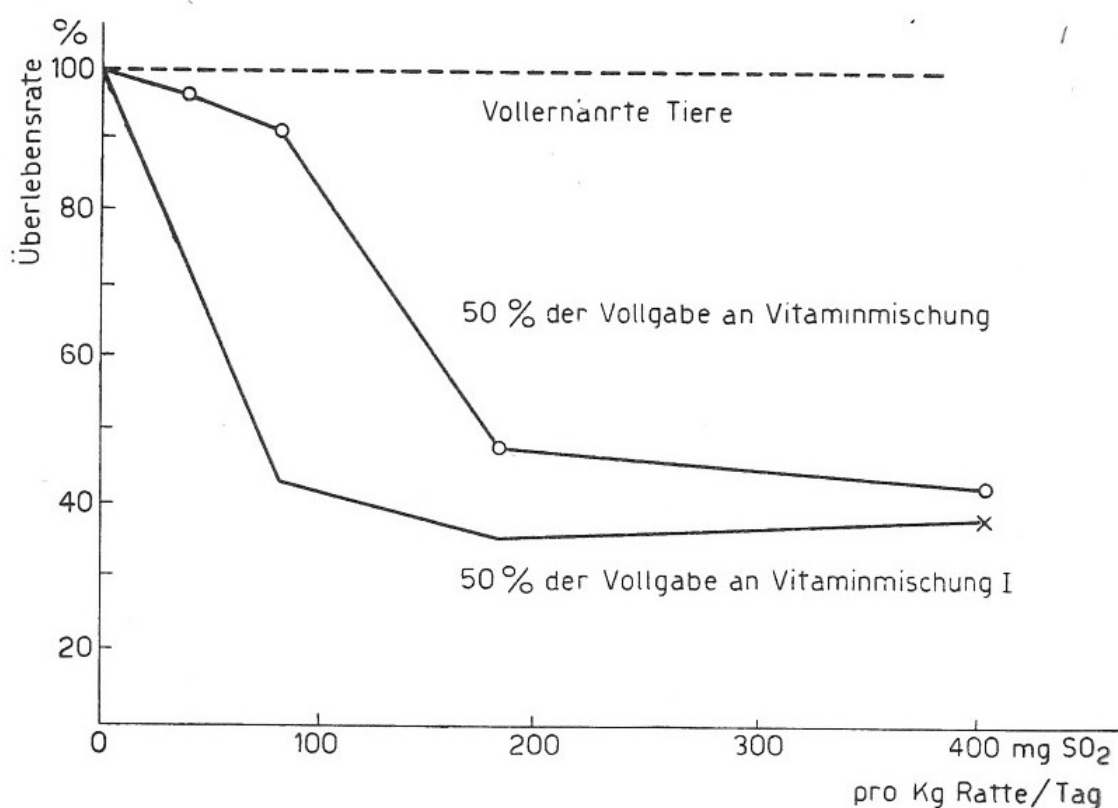


Abbildung 1 - Einfluss von SO₂ auf die Überlebensrate in Abhängigkeit von der Vitamin-B-Zufuhr.

während Tiere mit einem Mangel an B-Vitaminen schon auf eine Dosis von 40 mg SO₂ mit reduziertem Gewichtszuwachs und Verringerung der Überlebensdauer reagierten (vgl. Abbildung 1). Es zeigte sich, dass die Überlebensrate (= überlebte Versuchstage in % aller Versuchstage) bei Belastung mit 80 mg SO₂/kg Ratte/Tag bei Vitamin-B-Mangeltieren auf etwa 40% zurückgeht, während durch Thiamin und in geringerem Mass auch durch Pantothensäurezulage sowie andere B-Vitamine diese Wirkung aufgehoben bzw. verringert wird (vgl. Abbildung 2). Die praktische Bedeutung dieser Ergebnisse besteht darin, dass eine Mangelversorgung an B-Vitaminen auch beim Menschen möglich ist und daher die an sich schon kleine Sicherheitsspanne für SO₂ noch kleiner

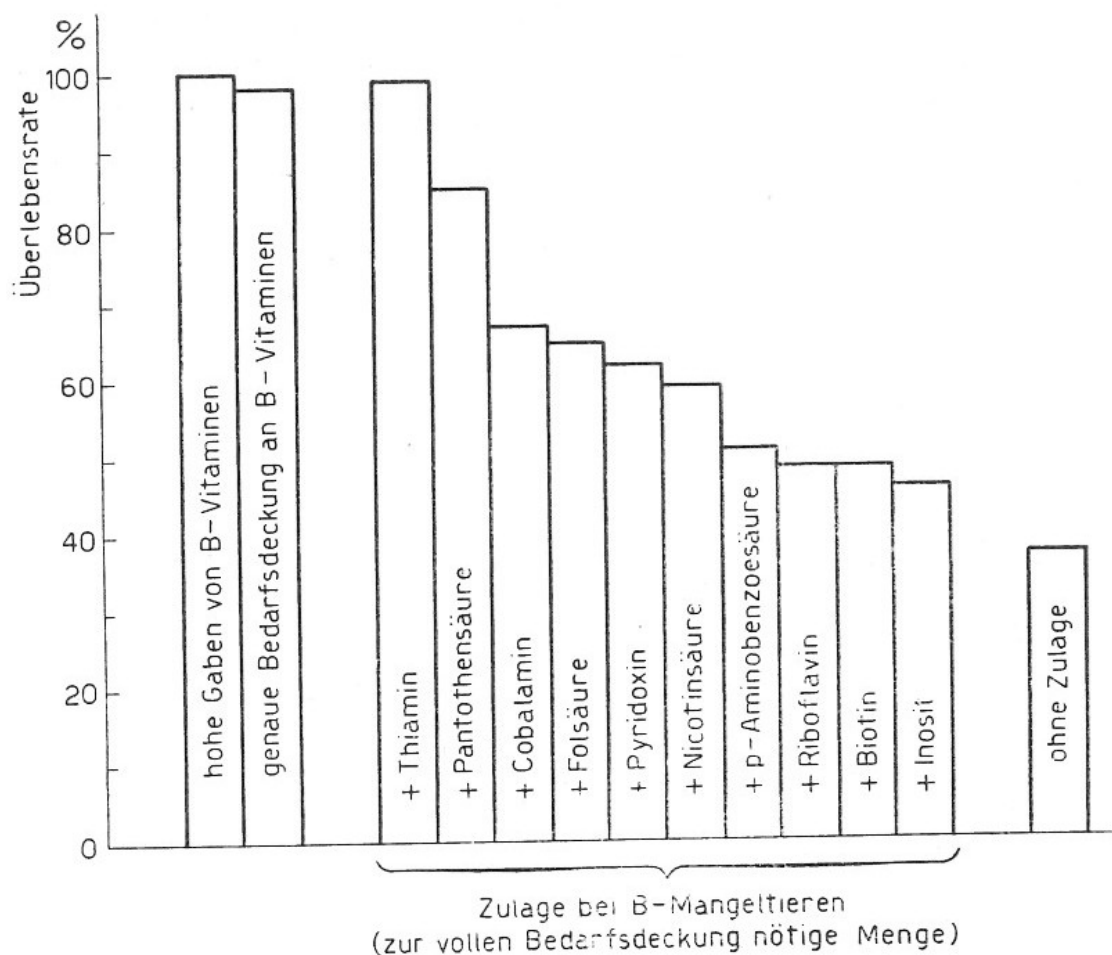


Abbildung 2 - Einfluss einzelner B-Vitamine auf die Überlebensrate bei SO_2 -Zugabe. (Beispiel: Vitamin-B-Versorgung: 50% der notwendigen Menge; 80 mg SO_2 /kg Ratte/Tag).

werden oder gar überschritten werden könnte. Auch bei anderen Fremdstoffen ist eine Abhängigkeit der Toxizität von irgendwelchen Mangelfaktoren der Nahrung möglich, worüber noch wenig bekannt ist.

In Zusammenhang mit diesen Ergebnissen ergibt sich auch die Frage, in welchem Umfang Konservierungsmittel auf Vitamine einwirken, oder — allgemeiner — ob durch Fremdstoffe physiologisch wichtige Stoffe der Nahrung zerstört werden können. Diese Frage wird z.Zt. von A. SCHILLINGER in München bearbeitet. Es ergab sich, dass neben Thiamin auch β -Carotin, wahrscheinlich auch Pyridoxin und Vitamin B_{12} angegriffen werden; andere verhalten sich dagegen refraktär. Dass dies aber ein Gebiet von ganz allgemeiner Bedeutung ist, geht schon daraus hervor, dass z.B. durch manche Pesticide Geschmacksänderungen, durch Antioxydantien Farbveränderungen eintreten können oder dass bei Begasung mit Methylbromid Methylierungsprodukte verschiedener Aminosäuren entstehen.

Es wäre auch denkbar, dass Fremdstoffe noch *nach* erfolgter Aufnahme im Körper mit wichtigen Lebensmittelbestandteilen bzw. -abbauprodukten reagieren. So konnte nachgewiesen werden, dass durch

SO₂-Gaben der Thiamingehalt der Leber verringert wird, was sich natürlich bei Thiamin-Mangeltieren noch katastrophaler auswirkt als bei vollernährten Tieren (¹¹).

Ein Gebiet, das ebenfalls noch weiterer Forschung bedarf, ist die Wirkung von Zusatzstoffen auf *Fermente*. Schon im Jahr 1933 erschien eine Arbeit von B. BLEYER und Mitarbeitern (¹²) über den Einfluss von Konservierungsmitteln auf enzymatische Vorgänge; später wurden die Wirkungen von Antibiotica und Farbstoffen auf enzymatische Vorgänge untersucht [W. DIEMAIR (¹³)]. Ferner befasste sich der Arbeitskreis um H. LÜCK mit dem Studium der Wirkung von Konservierungsstoffen auf Häminenzyme. Es ergab sich, dass Katalase relativ empfindlich ist, Peroxydase bedeutend weniger und dass Cytochrom c kaum beeinflusst wird. Die Wirkung (Katalase und Peroxydase) beruht in erster Linie auf einer Reaktion der undissoziierten konservierend wirkenden Säuren mit der Häminkomponente, während die Säure-Anionen weitgehend unwirksam sind.

Selbstverständlich ist es notwendig, die Wirkung sowohl auf *lebensmitteleigene* wie auf *körpereigene* Enzyme (Verdauungsenzyme oder Enzyme des inneren Stoffwechsels) zu studieren. Es ist klar, dass die gewünschte Toxizität gegen Mikroorganismen und Pflanzenschädlinge, wie auch die unerwünschte Toxizität auf den Menschen, ganz wesentlich durch Fermentreaktionen bedingt werden. Eine Publikationsserie von J. SCHORMÜLLER beleuchtet speziell diese Einflüsse (¹⁴). Alles in allem verdient die Frage der Fermenthemmung von allen Aspekten her — Qualität der Lebensmittel, technische Wirkung, toxikologische Wirkung — grösste Beachtung und weitere Förderung.

Betrafen die geschilderten Versuche die Wirkung von Fremdstoffen auf *lebensmitteleigene* oder *körpereigene* Stoffe, so ist natürlich auch in Betracht zu ziehen, dass *Fremdstoffe mit anderen Fremdstoffen* reagieren können — sei es im Lebensmittel oder im Körper. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist die Potenzierung der Toxizität des Malathions durch organische Phosphorverbindungen, die den fermentativen Abbau desselben in der Leber durch Malathionase inhibieren und dadurch die Toxizitätserhöhung hervorrufen (¹⁵). Aber nicht nur die Toxizität, sondern auch die *technische (also erwünschte) Wirkung* lässt sich durch andere Fremdstoffe beeinflussen. Auch hierüber ist weniger bekannt, als man gemeinhin annimmt. Dies gilt beispielsweise schon für das am meisten untersuchte Gebiet der *Konservierungsmittel*, bei denen die Notwendigkeit besteht, Höchstgrenzen gesetzlich festzulegen, die einerseits eine sichere Wirkung gewährleisten, andererseits aber nicht über das notwendige Mass hinausgehen. Mangels experimenteller Unterlagen war man bei den bisher erlassenen gesetzlichen Vorschriften gezwungen,

industrielle Erfahrungen und Wünsche zugrunde zu legen, was in einzelnen Fällen zur Möglichkeit einer Überkonservierung führte. Um diesem Misstand zu begegnen, wurden und werden derzeit an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten alle verfügbaren Daten über die lebensmittelverderbenden Mikroorganismen und die Grenzhemmkonzentrationen der verschiedenen Konservierungsmittel gesammelt. Die von H. J. REHM und seinem Arbeitskreis zusammengestellten umfangreichen Listen zeigen, dass schon viel Material, wenn auch weit verstreut, vorliegt. Allerdings handelt es sich dabei meist um Versuche an *Modellösungen*, während nach unseren Normen für die Wirkungsanalyse der Konservierungsstoffe Versuche am *natürlichen*

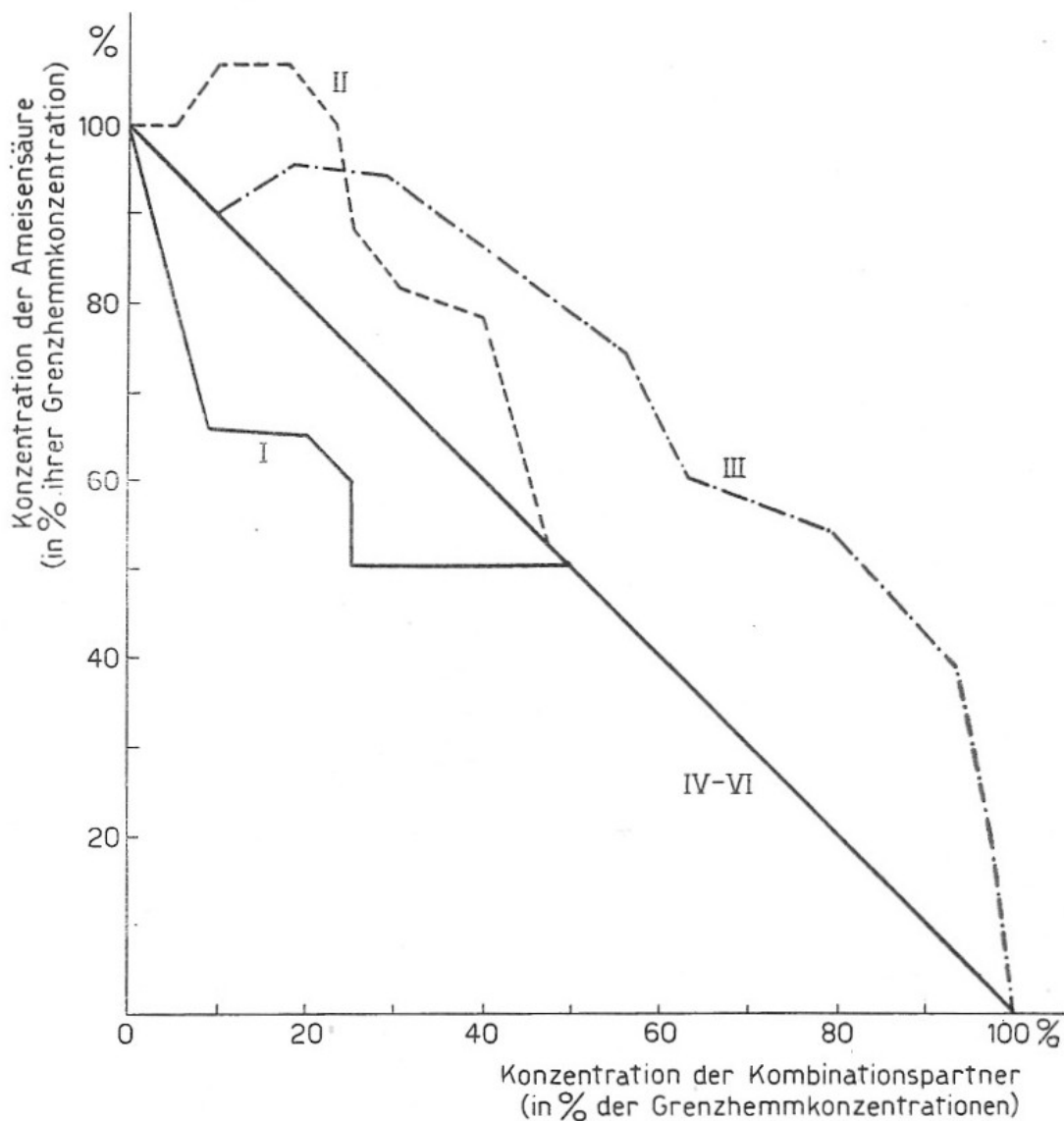


Abbildung 3 - Grenzhemmkonzentrationen von Konservierungsstoff-Kombinaten ⁽¹⁷⁾ (Beispiel: Ameisensäure, pH 6; *Escherichia coli*)
 I. p-Hydroxybenzoesäureäthylester (Wirkungssteigerung)
 II. Natriumsulfit (Wirkungssenkung)
 III. Borsäure (Wirkungssenkung)
 IV-VI. Benzoesäure, p-Hydroxybenzoesäurepropylester, Sorbinsäure (additive Wirkung).

Substrat des Lebensmittels erforderlich sind ⁽¹⁶⁾. Es ist zu hoffen, dass, wenn man einmal die wirklichen Grenzhemmkonzentrationen in den verschiedenen Lebensmitteln kennt, neue Anwendungstabellen aufgestellt werden können, die den wirklichen Verhältnissen besser entsprechen, als die jetzigen Tabellen.

Dabei wird es aber auch nötig sein, etwaige synergistische und antagonistische Effekte in Betracht zu ziehen, die durch Konservierungsmittel-Kombinationen (sog. « *Kombinate* ») entstehen können. Solche Effekte waren das Hauptargument für den Wunsch der Industrie, Konservierungsmittel nach Belieben kombinieren zu können. Die Nachprüfung zeigte, dass die Verhältnisse der gegenseitigen Wirkungsbeeinflussung aber durchaus nicht so einfach sind, wie man sich dies dachte. An Hand der von Dr. REHM in die Konservierungsmittelforschung eingeführten sog. « Isobolendiagramme » lässt sich für jedes Mischungsverhältnis genau feststellen, ob eine synergistische oder antagonistische Wirkung vorliegt. Diese Wirkungen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzhemmkonzentrationen der kombinierten Stoffe *über* oder *unter* der die additive Wirkung darstellenden Diagonalen liegen. Als Beispiel sei in Abbildung 3 die Beeinflussung der Wirkung der Ameisensäure durch andere Konservierungsmittel dargestellt, die in bestimmten Konzentrationsbereichen einen synergistischen oder antagonistischen Effekt zeigen, oder auch ohne Einfluss sind (additive Wirkung).

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, dass trotz vieler Arbeit noch manche Fragen offen sind und der Bearbeitung harren. Möge weitere wissenschaftliche Arbeit dazu beitragen, diese Lücken zu schliessen, um ein Höchstmass an Sicherheit für den Verbraucher zu erwirken, ohne auf die Errungenschaften der Zivilisation und Technik verzichten zu müssen.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Food Protection Committee, Food and Nutrition Board: The Use of Chemicals in Food Production, Processing, Storage, and Distribution. Publ. 887 der National Academy of Sciences - National Research Council. Washington, D.C. 1961.
- (2) F. A. GUNTHER u. L. R. JEPSON: *Modern Insecticides and World Food Production*. London: Chapman & Hall 1960.
- (3) S. W. SOUCI: *Lebensmittelforschung und Fremdstoffprobleme in USA*. Als Manuskript vervielfältigt, 237 Seiten. 1959.
- (4) IV. Symposium sur les Matières Étrangères dans les Aliments in Paris am 14.-19. Juli 1958, hrsg. von der Commission Internationale des Industries Agricoles, S. 254. Lille-Talence-Bordeaux 1960.
- (5) S. W. SOUCI: *Dtsch. Lebensmittel - Rdsch.* 54: 314 (1958).
- (6) Gesetz zur Änderung des « Testo Unico » der Gesundheitsgesetze vom 30. April 1962. *Gazzetta Ufficiale* Nr. 139 (1962); ref. in *Z. Lebensmittel-Unters. - Forsch.* (Ges. u. VO) 119-120: 13 (1963).
- (7) F. BÄR u. F. GRIEPENTROG: *Medizin u. Ernährung* 1: H. 5 (1960).

- (⁸) Ergebnisse einer Tagung westeuropäischer Wissenschaftler zur Prophylaxe des Krebses bei der « Deutschen Forschungsgemeinschaft » (DFG) in Bad Godesberg am 1. Mai 1954. Hrsg. von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg.
 - (⁹) S. W. SOUCI u. H. LÜCK: Z. Lebensmittel-Unters. - Forsch. 106: 201 (1957). - H. LÜCK u. S. W. SOUCI: Daselbst 107: 236 (1958) - A. BARTHELMESS u. H. LÜCK: Daselbst 107: 344 (1958) - H. LÜCK u. A. BARTHELMESS: Daselbst 108: 174 (1958).
 - (¹⁰) D. HÖTZEL: Einfluss suboptimaler Versorgung mit B-Vitaminen auf die Belastungsfähigkeit des Stoffwechsels. Schriftenreihe des Instituts für Ernährungswissenschaft der Justus Liebig-Universität Giessen. Hamburg-Berlin: B. Behr's Verlag 1962.
 - (¹¹) D. HÖTZEL: Vgl. Anm. 10; Verhandlungen der dtsh. Ges. für innere Medizin, 67. Kongress, S. 868 (1961).
 - (¹²) B. BLEYER, W. DIEMAIR u. K. LEONHARD: Arch. Pharm. 271: 539 (1933); ref. in Z. Unters. Lebensmittel 71: 485 (1936).
 - (¹³) W. DIEMAIR u. K. HÄUSSER: Z. Lebensmittel-Unters. - Forsch. 92: 163 (1951); daselbst, 92: 403 (1951). - W. DIEMAIR u. K. BOEKHOFF: Z. analyt. Chem. 139: 23 (1953); daselbst 139: 35 (1953); daselbst 139: 267 (1953); daselbst 139: 352 (1953).
 - (¹⁴) J. SCHORMÜLLER: Z. Lebensmittel-Unters - Forsch. 106: 372 (1957); daselbst 107: 40 (1958); daselbst 107: 257 (1958); daselbst 107: 352 (1958).
 - (¹⁵) J. W. COOK, J. R. BLAKE u. M. W. WILLIAMS: J. Assoc. off. agric. Chemists 40: 664 (1957).
 - (¹⁶) S. W. SOUCI u. K. RAIBLE: Zur Wirkungsanalyse der Konservierungsstoffe. Z. Lebensmittel-Unters. - Forsch. 112: 376 (1960).
 - (¹⁷) Nach H. J. REHM: Z. Lebensmittel-Unters. - Forsch. 110: 356 (1959).
-