

Gegenwartsprobleme der Ernährungsphysiologie und -pathologie unserer Haustiere *)

Die Wissenschaft von der Ernährung der Tiere befaßt sich mit den Eigenschaften der Nahrungsstoffe, ihrer Aufnahme durch die Tiere, mit ihrer Verdauung und Ausscheidung, ebenso mit dem Ablauf des dazwischenliegenden Stoffwechsels, überhaupt mit den Funktionen aller beteiligten Organe und den Steuerungsmechanismen des Stoffwechsels. Da sie sich dabei chemischer und physikalischer Methoden bedient, ist sie also in ihren Fortschritten wesentlich vom jeweiligen Stand der Physik und Chemie abhängig.

An der Entwicklung der Ernährungsphysiologie haben Forscher der Human- und Veterinärphysiologie, der Agrikultur- und der Physiologischen Chemie, der Bakteriologie und Anatomie, der Tierzucht sowie der experimentellen Psychologie Anteil gehabt.

Schon die Mannigfaltigkeit der beteiligten Fachgebiete deutet daraufhin, daß hier ein sehr weites wissenschaftliches Arbeitsfeld und zugleich ein Grenzgebiet vorliegen muß, das wichtige Probleme in allen berührten Wissensbereichen aufwirft.

Versucht man nun, die Vielheit der Fragen auf die wesentlichen Kernprobleme zurückzuführen, so verbleiben zwei Grundanliegen, von denen im Laufe der geschichtlichen Entwicklung mal das eine, mal das andere im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses stand.

Am Anfang der Tierernährung steht die von THAER initiierte **ganzheitliche** Auffassung.

Man versucht, alle Eigenschaften eines Futters und die Leistung, die es bei der tierischen Produktion hervorbringt, in einem Begriff, nämlich dem empirischen **Heuwert** und mit einer vergleichbaren Zahl auszudrücken.

Ein wirklicher Fortschritt ist aber erst nach der Begründung der modernen Chemie und Schaffung der Analyse organischer Stoffe durch JUSTUS VON LIEBIG erzielt worden, der bereits Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate unterschied. LIEBIG und seine Schüler (VOIT, WOLFF, HENNEBERG u. a.), die das Vorkommen organischer Stoffe in der Nahrung untersuchten und ihre Ausnutzung und Wirkung im Tierkörper feststellten, wurden durch ihre bahnbrechenden Arbeiten die Begründer der Ernährungsphysiologie.

Entsprechend ihrer vorwiegend analytischen Arbeitseinrichtung auf diesem Gebiet, erfuhr die **stoffliche Seite** der Ernährungsphysiologie den ersten gewaltigen Ausbau.

Sobald jedoch ein tragfähiges Fundament errichtet worden war, versuchte die Wissenschaft erneut — nun aber mit exakten natur-

*) Festvortrag anlässlich des Universitätsjubiläums, gehalten vor der Veterinärmedizinischen Fakultät am 5. Juli 1957.

wissenschaftlichen Methoden — für die praktischen Bedürfnisse der menschlichen und tierischen Ernährung einen einzigen Begriff für die Bewertung der Nahrungsstoffe und des Nährstoffbedarfes für verschiedene Leistungen zu schaffen.

Durch die Unterstellung der Gesamtbilanz der stofflichen und energetischen Wandlungen unter das Energiegesetz durch RUBNER schien dieses Ziel erreicht zu sein.

In Form des Isodynamiegesetzes, nach dem die Nährstoffe (Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate) sich nach Maßgabe ihrer physiologischen Brennwerte vertreten können, sind die Mannigfaltigkeit der Vorgänge und die Nährstoffe selbst ihrer Stofflichkeit entkleidet und damit rein mathematisch als einfache Gleichung — wenigstens in einem begrenzten Gültigkeitsbereich — ausdrückbar geworden (SCHEUNERT).

Für die Praxis der Ernährung des Menschen und der Tiere war es entscheidend, daß hiermit Verbrauch, Bedarf und Leistung berechenbar geworden waren. Dies führte in der Ernährungslehre des Menschen zu der bekannten Kalorienrechnung, die auch von dem Amerikaner ARMSBY für die Tierernährung gewählt wurde.

OSKAR KELLNER, der Begründer der modernen Tierernährungslehre, führte im deutschen Sprachraum die von ihm experimentell gesicherte Stärkewertrechnung ein. Auf dem Stärkewert, der auch in Kalorien ausdrückbar ist, fußen die nordischen Futtereinheiten von NILS HANSSON und HÖLGER MÖLLGAARD. Ohne hier kritisch zu dieser Frage Stellung zu nehmen, soll nur soviel gesagt werden, daß trotz grundsätzlicher Klärung auf dem Gebiet des Energiestoffwechsel noch viele Fragen offen bleiben.

KELLNER selbst stellte schon fest, daß außer einem bestimmten Gesamtenergiebetrag auch eine gewisse Menge Eiweiß in der Nahrung enthalten sein muß, daß also ein Stoffbedarf vorhanden ist.

Diese stoffliche Seite der Ernährungsprobleme hat in jüngster Zeit infolge der neuen Fortschritte in Physik, Chemie und Biologie eine immer größere Bedeutung gewonnen. Deshalb sollen ihr meine heutigen Ausführungen gelten.

Die Stoffe, die dem Körper mit der Nahrung zugeführt werden, kann man in zwei Gruppen einteilen:

Erstens in solche, die unbedingt in der Nahrung enthalten sein müssen, sogenannte „essentielle“ Nährstoffe, gewisse Eiweißbausteine, Mineralstoffe, Vitamine und einige ungesättigte Fettsäuren, zweitens in solche, die der Organismus selbst aus anderem Material synthetisieren kann, sogenannte „nicht essentielle“, wie Kohlenhydrate, Fette, zahlreiche Aminosäuren, einige Vitamine u. a.

Es sind bislang gegen 50 essentielle Stoffe bekannt, die laufend und je nach den Stoffwechselbedürfnissen in wechselnden Mengen bei Mensch und Tier mit der Nahrung zugeführt werden müssen. Wird ein Nährstoff nicht in der erforderlichen Menge oder im richtigen gegenseitigen Verhältnis zu den anderen verabreicht, so machen sich bei den falsch ernährten Tieren, je nach der Schwere

des Mangels, früher oder später — manchmal erst nach Generationen — Ausfallschäden bemerkbar.

1. Kohlenhydrate

Obgleich der größte Teil der Nahrung aus Kohlenhydraten besteht und diese die Hauptenergiequelle für die Tiere und den Menschen darstellen, sind sie, wie bereits erwähnt, keine essentiellen Bestandteile. Praktisch ist aber doch eine Mindestzufuhr von 10% zum störungsfreien Ablauf des Fettstoffwechsels erforderlich.

FOURNIER und Mitarbeiter teilen die Nahrungskohlenhydrate in zwei Gruppen ein: erstens in solche zur Energiegewinnung, wie Stärke, Dextrine, Maltose, Glukose, Saccharose und Cellulose, die in diesem Zusammenhang nicht interessieren, zweitens in Kohlenhydrate zur Strukturbildung (Laktose, Galaktose, Mannose usw.). So entfalten Milchzucker und Galaktose bei Säuglingen wegen der Aufrechterhaltung einer optimalen Bakterienflora im Darm und wegen des günstigen Einflusses auf den Kalkhaushalt und Knochenstoffwechsel eine vielfältige Wirkung als Strukturbildner.

Ebenso wirken Mannit, Dulcitol, Sorbit und Raffinose fördernd auf die Kalzium-Resorption im Darm und seine Retention im Knochen. Die günstige Wirkung soll darauf beruhen, daß diese Kohlenhydrate als Vorstufen zur Glykokollbildung benutzt werden und Glykokoll einen wesentlichen Bestandteil der organischen Knochenmatrix darstellt (Ossein enthält 25% Glykokoll).

2. Fette

Bei Fetten können wir zwischen unspezifischem, nicht lebensnotwendigem, aber erwünschtem Material für die Energieerzeugung und für die Biosynthesen sowie spezifischen Trägern von essentiellen Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen unterscheiden. Als essentielle Fettsäuren, die also mit der Nahrung aufgenommen werden müssen, haben sich die cis-Formen der Linol-, Linolen- und Arachidonsäure erwiesen. Die biologische Bedeutung der essentiellen Fettsäuren besteht darin, daß sie für das Wachstum, die Fortpflanzung und die Laktation unentbehrlich sind und die Resistenz erhöhen, z. B. nach Röntgenbestrahlung die Überlebensrate von Ratten verlängern. Bei Mangel an essentiellen Fettsäuren sind diese Funktionen gestört, ferner treten von der Körperperipherie nach der Mitte zu sich ausbreitend Haarausfall, Schuppen-, Schorf- und schließlich Geschwürbildung auf. Im Wasserstoffwechsel ist die Verdampfung durch die Haut erhöht, die Harnsekretion vermindert, die Nierentätigkeit pathologisch verändert (Hämaturie). Eine längere fettfreie Diät kann zum Tode führen.

3. Die Eiweißstoffe

Die Eiweiß- oder Proteinstoffe sind in vielfältiger Weise lebensnotwendig. Ausgehend von den durch E. FISCHER und ABDERHAL-

DEN geschaffenen Einblicken in die Struktur der Eiweißkörper und der verschiedenen mengenmäßigen Beteiligung der Aminosäuren an ihrem Aufbau, lernte man bis heute etwa 32 Aminosäuren als Eiweißbausteine kennen, von denen der menschliche und tierische Organismus rund $\frac{2}{3}$ selbst synthetisieren kann. Nur etwa 8—10, die sogenannten essentiellen Aminosäuren, müssen nach den Untersuchungen von ROSE mit den Nahrungsproteinen zugeführt werden. Enthält ein Nahrungsprotein alle essentiellen Aminosäuren in ausreichender Menge, so gilt es nach K. THOMAS als biologisch vollwertig. Da aber nur die tierischen Nahrungsmittel (wie Fleisch, Eier, Milchprodukte usw.) ein biologisch vollwertiges Eiweiß enthalten, sind z. B. der Mensch und die Omnivoren zur Erhaltung ihrer Gesundheit auf diese Ernährungsgrundlage angewiesen.

Zwei Aminosäuren sind es besonders, die unzureichend in gewissen Proteinen vorkommen und so deren biologischen Wert begrenzen, nämlich Lysin (mangelt im Getreide und Ölfrüchten) und Methionin (mangelt in Hefe und im Getreide).

Beim Wiederkäuer, dem wirtschaftlich wichtigsten Haustier, ist — im Gegensatz zu den Tieren mit einhöhligem Magen — die Frage der biologischen Wertigkeit der Futterproteine nur von untergeordneter Bedeutung. Hierfür werden die bakteriellen Vorgänge im Pansen und im Zusammenhang damit die Amide des Futters verantwortlich gemacht. Nach neueren Befunden von MORRISON, KIRSCH, HUFMANN u. a. reicht die Eiweißsynthese der Pansenbakterien und -infusorien bei eiweißarmer, aber energiereicher Ernährung nicht nur für den Erhaltungsbedarf der Wiederkäuer aus, vielmehr konnten unter solchen Verhältnissen auch die Milchträge von Kühen gehalten werden. Mit Verfütterung von radioaktiv gekennzeichnetem Sulfat gelang der Nachweis, daß der Wiederkäuerorganismus auch anorganischen Schwefel in die biologisch so bedeutsamen schwefelhaltigen Aminosäuren einbauen kann.

Der Eiweißstoffwechsel wird endokrin vom Wachstumshormon des Hypophysenvorderlappens, vom Insulin, den Hormonen der Nebennierenrinde und vom Testosteron gesteuert. Alle greifen mehr oder minder intensiv in den Umfang der Proteinsynthese ein oder beeinflussen die Richtung, in der sich der anderweitige Stoffwechsel der Aminosäuren vollzieht (LANG). Die Natur der hierbei wirksamen Regulationsmechanismen ist allerdings noch unbekannt.

Während die bislang erzielten Ergebnisse über die schädliche Wirkung sehr hoher Eiweißgaben auf die Gesundheit der Tiere noch kein abschließendes Urteil erlauben, haben die Bemühungen, den minimalen Eiweißbedarf der Tiere festzustellen, ergeben, daß selbst die Wiederkäuer auf die Dauer nicht bei einem Eiweißminimum gesund bleiben können.

Zunächst stellte sich heraus, daß Futterrationen, die sich in kurzfristigen Versuchen durchaus bewährt hatten, bei längerer Dauer ungenügend waren. So beobachtete HÄCKER in einem dreijährigen Versuch bei Kühen, die eine täglich Gabe von 35—40 g

Reinprotein je 100 kg Gewicht erhielten, im dritten Jahre krankhafte Veränderungen. Ferner ging die Milchleistung zurück und ein Teil der Tiere wurde nicht mehr tragend. MÖLLGAARD konnte solche Erscheinungen mit 50—60 g Reinprotein pro Tag wieder zum Verschwinden bringen.

Hunde, denen man bei entleerten Eiweißspeichern nur so viel Protein reichte, daß die Stickstoffbilanz sich eben positiv gestaltete, blieben zwar im Lebendgewicht konstant, aber die Leber zeigte pathologische Veränderungen.

Bei Schweinen wurde bei sehr proteinarm gefütterten Tieren eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Tuberkulose, bei Füchsen und Ratten Störung der Fruchtbarkeit beobachtet.

In Fortführung dieser Versuche begnügte man sich nicht mehr mit einem allgemeinen Stickstoffminimum, sondern brachte einzelne essentielle Aminosäuren ins Minimum, beobachtete dann die Mangelercheinungen sowie ihre physiologische Bedeutung bei Wiedergabe.

Bei unzureichender Versorgung mit den lebensnotwendigen Aminosäuren treten einmal Symptome auf, die allgemein den Mangel an vollwertigem Protein anzeigen. Hier sind zu nennen: Verlust des Proteinbestandes in Geweben und Säften, Sinken der Fähigkeit zur Eiweißsynthese und dadurch Störung der Neubildung von Zellen, Zellbestandteilen, bestimmten Wirkstoffen und Antikörpern, Verschlechterung der Glukoseresorption und der Ausnutzung von Kalzium, schließlich Sinken der Resistenz gegen Infektionen und andere Belastungen.

Daneben beobachtet man ganz charakteristische Erscheinungen beim Fehlen bestimmter Aminosäuren. So treten bei Mangel an Valin Störungen der Muskelkoordination und Krämpfe auf, beim Fehlen von Tyrosin, der Muttersubstanz des Adrenalins und Thyroxins, Hypothyreose und Anomalien des Kohlenhydrat- und Gesamtstoffwechsels.

Ist die Zufuhr schwefelhaltiger Aminosäuren (besonders Methionin), die das Körper-, Haar- und Wollwachstum fördern und eine Leberschutzwirkung ausüben, zu gering, so leiden alle Leberfunktionen, so der Eiweißaufbau und -umbau, die Entgiftung toxischer Stoffwechselprodukte oder karzinogener Substanzen, schließlich das Leberparenchym selbst. Bei eiweißarm ernährten Hunden z. B. treten nach einer Chloroformnarkose von 20 Minuten Dauer ausgedehnte Lebernekrosen auf, nach vorheriger Methioningabe dagegen nicht.

Bei der Aminosäurenversorgung der Tiere spielt nicht nur die Menge, sondern auch das gegenseitige Verhältnis eine Rolle. Werden bestimmte Aminosäuren, z. B. Leucin, zu einer vollwertigen Diät zusätzlich verabfolgt, so sind Störungen im Proteinstoffwechsel, im Wachstum, in der Fortpflanzung und Laktation, ferner Leberverfettung, toxische Wirkungen und kürzere Lebensdauer die Folge. Vermutlich wird durch die einseitige Zufuhr der Eiweißumsatz und der Gesamtstoffwechsel intensiviert. Nun steigt der

Verbrauch an allen Aminosäuren, so daß die an zweiter Stelle limitierenden Aminosäuren ins Minimum geraten und so Aminosäuren-Imbalancen entstehen (LANG). Das gleiche gilt für andere Nahrungsfaktoren (z. B. Pyridoxin).

Da in der Tierernährung, z. B. bei der Herstellung von Kükenfutter, schon von der Aminosäureanreicherung Gebrauch gemacht wird, ist es somit notwendig, auf die Gefahren einer wahl- und kritiklosen Anreicherung hinzuweisen.

Überhaupt müssen vorerst Gehalt und Bedarf noch als Protein angegeben werden. Fest steht, daß das Minimum kein erstrebenswertes Ziel ist. So verlangen Ratten mindestens 9% Protein in der Diät, um eine Züchtung über mehrere Generationen zu ermöglichen; besser werden diese Ergebnisse mit höheren Proteingaben.

Erschwert wird das Problem dadurch, daß der Proteinbedarf zu Zeiten, z. B. nach Krankheiten und Störungen des Wohlbefindens, größer ist als auf der Höhe der physiologischen Leistungsfähigkeit des Organismus. Hinzu kommt, daß er andererseits abhängt von der Zufuhr der übrigen Nährstoffe, z. B. bei Kohlenhydrat- und fettreicher Kost geringer ist als bei protein- und rohfaserreicher.

Außer dem absoluten Bedarf ist auch gleichzeitig das Verhältnis von Proteinnettoenergie zur Gesamtnettoenergie zu berücksichtigen. Ist z. B. der Proteinanteil in der Laktation zu gering, dann geht zunächst der Milchfettgehalt und schließlich die Milchmenge zurück (MÖLLGAARD). Bei einem zu hohen Proteinanteil würde durch die spezifisch-dynamische Wirkung des Proteins der gesamte Stoffwechsel erhöht und damit die Produktion unwirtschaftlich.

Für die Zukunft gilt es, die noch ungenügenden Kenntnisse über den Aminosäurebedarf für den Ablauf bestimmter Lebensfunktionen und den Gehalt in den verschiedenen Futterproteinen zu erweitern. Diese Aufgabe ist aber nicht leicht zu bewältigen, da die Feststellung der biologischen Wertigkeit von Eiweißstoffen nach wie vor den Tierversuch zur Voraussetzung hat. Allerdings kann die Zahl solcher Versuche seit der Einführung der neuzeitlichen, schnelleren und einfacheren biologischen und chemischen Methoden eingeschränkt werden. An Hand so gewonnener Unterlagen lassen sich dann Voraussagen über die gegenseitigen Ergänzungen von Eiweißfutterstoffen machen.

4. Die Mineralstoffe

Die größere Beachtung der stofflichen Seite des Ernährungsproblems hat auch die Erforschung des Mineralstoffwechsels mehr in den Vordergrund des Interesses treten lassen. Die lebenswichtige Bedeutung der Mineralstoffe war schon früher erkannt worden. Inzwischen hat man ihre vielfältige physiologische Bedeutung für die Aufrechterhaltung eines bestimmten osmotischen Druckes und der Elektroneutralität, für die Bildung von Puffersystemen und die Schaffung adäquater Löslichkeitsbedingungen für die Kol-

loide kennengelernt. Man weiß von der spezifischen Ionenwirkung auf die Erregbarkeit und die Beantwortung von Reizen und kennt ihren Einfluß auf das Stoffwechselgeschehen durch Hemmung und Förderung von Enzymsystemen, ferner ihre Beteiligung beim Aufbau bestimmter Gewebe (Knochen und Zähne).

Gut aufeinander abgestimmte Steuerungseinrichtungen sorgen dafür, daß der Mineralbestand des Körpers, namentlich der extrazellulären Flüssigkeit, trotz des ständig erfolgenden Umbaues und der Abgabe von Mineralstoffen mit den Sekreten und dem Wasser qualitativ und quantitativ konstant bleibt.

Die exakte Erforschung des Mineralstoffwechsels ist bislang dadurch sehr erschwert worden, daß eine Reihe von Mineralien in den oberen Darmabschnitten resorbiert und im Enddarm, nach Erfüllung ihrer Aufgaben im Organismus, wieder ausgeschieden wird, so daß sich schwer unterscheiden läßt, ob der betreffende Stoff unverdaulich oder Stoffwechselendprodukt ist. Untersuchungen mit Isotopen haben hier bereits neue Möglichkeiten eröffnet.

Weiter kompliziert sich die Fragestellung noch dadurch, daß die ausgeschiedenen Mineralstoffe nicht nur vom abgebauten Körpergewebe, sondern auch aus den Schlacken des Energiewechsels stammen.

Ferner sind aber auch die Mineralstoffe im Stoffwechsel so voneinander abhängig, daß nicht allein der gesamte Bedarf an Mineralien, sondern auch der der einzelnen anorganischen Stoffe von ihrem gegenseitigen Verhältnis im zugeführten Futter und von der Verarbeitung der organischen Stoffe beeinflußt wird.

Schließlich hängen Resorption und Verwertung der Mineralstoffe in mehreren Punkten von der Vermittlung der Vitamine und Hormone ab.

Sieben Elemente, nämlich die Alkalien Na und K, die Säurebildner Cl, S und P, die Erdalkalien Ca und Mg, sind für allgemeine und spezifische Aufgaben des tierischen und menschlichen Organismus in relativ großer Menge erforderlich. Wegen ihres reichlichen Vorkommens heißen sie Mengen- oder Makro-Nährstoffe. Daneben kommt eine ganze Reihe von Elementen mit nachgewiesenen und vermuteten spezifischen Aufgaben in kleinen Mengen im Organismus vor; es sind die sogenannten Spurenelemente oder Mikronährstoffe.

Auf Grund der bislang vorliegenden Kenntnisse über die Zahl und etwaige Menge der für unsere Haustiere lebensnotwendigen Mineralien und den Gehalt an diesen in den wichtigsten Futtermitteln hat McCOLLUM eine Einteilung der Futterstoffe nach dem biologischen Wert ihres Mineralstoffgehaltes vorgenommen. Als biologisch vollwertig bezeichnet er Gras- und Kleearten von gesunden Böden und die animalischen Futterstoffe mit Ausnahme der Milch verschiedener Tierarten, bei der es an Eisen fehlt. Bei den Getreidekörnern, Leguminosen und Wurzelgewächsen besteht ein Mangel an Ca, Na und Cl, bei den Getreidekörnern noch an Jod.

Nach der Reaktion, welche die Mineralstoffe nach ihrem Abbau im Magen- und Darmkanal verursachen, unterscheidet man außerdem Säurebildner, wie die Körner- und Stroharten, und basenbildende Futterstoffe, z. B. Gras, Heu und Wurzelgewächse.

Durch geschicktes Mischen beider Gruppen kann man erreichen, daß sich die Äquivalente der nicht brennbaren Säuren und Basen in der Ration gegenseitig die Waage halten.

Zur Demonstration der vielen gegenseitigen Beziehungen sollen der normale und der pathologische Kalkstoffwechsel als Beispiel dienen. Schon die Resorption vom Darm aus ist kompliziert. Sie wird durch das Angebot an Kalzium, ferner durch das Vorhandensein zahlreicher anderer Stoffe reguliert, von denen sich einige günstig (Eiweiß, Laktose, Vitamin D, Penicillin, Citronen- und Gallensäure, Fette und bei Säuglingen Milchzucker), andere ungünstig (Oxalat und Phytin) auswirken.

Ein Einfluß der Hormone besteht in verschiedener Hinsicht. So verbessern die Sexualhormone bei geringer Kalziumzufuhr etwas die Kalzium-Resorption und vermindern die Kalziumausscheidung im Harn, wodurch die Bildung von Knochensubstanz gefördert wird. Das Parathormon, ein Produkt der Nebenschilddrüse, mobilisiert bei Bedarf Kalzium im Knochen und erhöht den Blut-Kalzium-Spiegel. Vitamin D dagegen, der Antagonist des Parathormons, fördert die Resorption des Kalziums aus dem Darm und seine Anlagerung im Knochen. Beide zusammen regeln die Kalzium-Phosphor-Konstanz im Blut.

Laktierende Tiere zeigen eine Eigentümlichkeit, indem sie auf der Höhe der Laktation nicht genügend Kalzium aus der Nahrung aufnehmen können. Sie leben, ebenso wie eierlegende Vögel, von den Kalzium-Depots in den Knochen und füllen diese bei entsprechender Fütterung am Ende der Laktation bzw. der Legeperiode oder während der Gravidität wieder auf. Das Alter wirkt sich insofern aus, als junge Tiere Kalzium besser verwerten als alte.

Daß auch die allgemeine Futterbeschaffenheit eine wichtige Rolle spielt, geht z. B. daraus hervor, daß die Kalzium-Ausnutzung in grüner Luzerne besser ist als im Luzerneheu. Aus allen diesen Gründen scheint es immer noch schwierig, genaue Angaben über die Resorption und den Bedarf der Mineralstoffe, hier besonders des Kalziums, unter den verschiedenen Lebensbedingungen zu machen.

Die vielseitige spezifisch-biologische Wirksamkeit des Kalziums läßt sich zusammengefaßt folgendermaßen charakterisieren: Kalzium ist unentbehrlich als Baustein des Skeletts und als Bestandteil aller weichen Gewebe. Trotz der geringen Konzentration im Plasma, in den Geweben und Organen entfaltet es lebenswichtige Funktionen. Zum Beispiel beeinflusst es den kolloidalen Zustand des Protoplasmas, regt die Herztätigkeit an, ermöglicht die Muskelkontraktion, die Erregungsleitung im Nerven (und damit u. a. die Einleitung und Steuerung von Stoffwechselfvorgängen in den Ge-

weben und Organen), es dichtet die Membranen ab, ist für den Ablauf der Blut- und Milchgerinnung notwendig und fördert die Nahrungsausnutzung. Kurz, es gibt fast keinen Vorgang im Körper, der nicht durch Kalzium beeinflußt würde.

Entsprechend der universellen Bedeutung des Kalziums für die physiologischen Vorgänge im Körper muß eine mangelhafte oder übermäßige Zufuhr davon vielseitige Rückwirkungen auf das Stoffwechselgeschehen haben.

Bei relativ geringem Mangel können zunächst die Kalzium-Reserven im Knochen die Futterfehler noch verdecken. Wachstum und Milchleistung sind kaum verändert. Die Schäden werden manchmal erst Jahre später oder in der zweiten Generation sichtbar und äußern sich bei Milchkühen in sinkender Leistung und im Rückgang der Fruchtbarkeit, bei Neugeborenen in Lebensunfähigkeit. Stärkerer Kalziummangel ruft schwere Störungen des Stoffwechsels (Blutungen durch mangelhafte Gewebsabdichtung, fehlende Verknöcherung, Lähmung), des Wachstums und schließlich den Tod durch Erschöpfung hervor.

Am Beispiel des Kalk-Haushaltes allein kann man bereits er-messen, wie schwierig und problematisch die Erforschung der Physiologie und Pathologie des Mineralstoffwechsels ist. Dabei sind die möglichen Mangelschäden des Kalzium-Stoffwechsels — Rachitis und Osteomalacie — die einzigen Stoffwechselkrankheiten, die auf Grund des klinischen Bildes eine gültige Aussage über ihre Ätiologie erlauben.

5. Wirkstoffe

a) Die Vitamine

Mit das meiste Interesse von den gegenwärtigen Ernährungsproblemen hat die Vitaminfrage erregt. Während man früher darunter kleinste Mengen organischer Stoffe verstand, die, mit der Nahrung zugeführt, lebenswichtige Funktionen entfalten, weiß man heute, daß eine Reihe von Vitaminen, wie z. B. die der B-Gruppe und das Vitamin K₁, von den Pansenbakterien des Wiederkäuers gebildet werden, und zwar in solchen Mengen, daß diese Tiere so gut wie unabhängig von der Zufuhr von B-Vitaminen sind. Bei den Tieren mit einhöhligen Magen findet in caudalen Darmabschnitten, wie Colon und Caecum, ebenfalls eine gewisse bakterielle Vitamin-Synthese statt. Die Bakterientätigkeit ihrerseits ist von der Zufuhr bestimmter Vitamine abhängig und wird auch durch die Beschaffenheit der Nahrung beeinflußt. So soll nach T. B. MORGAN und J. YUDKIN eine bestimmte tägliche Sorbitmenge in der Diät Ratten von der Zufuhr der gesamten Vitamin-B-Gruppe unabhängig machen. Deshalb dürfte auch die für das Tier verfügbare Vitamin-B-Menge aus der bakteriellen Synthese beträchtlich schwanken. Andere Vitamine, wie das Vitamin C, entstehen in den Organen des Körpers (Leber) und sind eigentlich Gewebshormone. Wieder andere werden in ihren Vorstufen (Carotin und Provitamin D)

aufgenommen und im Organismus in das eigentliche Vitamin (A bzw. D) umgewandelt.

Die Vitamine liefern nicht (wie Kohlenhydrate, Fett und Eiweiß) Energie, sondern übernehmen steuernde Funktionen im Stoffwechsel. Deshalb sind sie im Verhältnis zu den genannten Nährstoffen nur in ganz geringen Mengen nötig.

Die physiologische Wirkungsweise ist bei einer Reihe von Vitaminen, namentlich bei denen, die durch Bakterien oder in den Organen des Körpers gebildet werden, teilweise bekannt. Sie liefern bei den fermentativen Prozessen das Coferment zum Eiweißträger (Apoferment), sind also „prothetische“ Bestandteile von Fermenten und heißen daher prothetische Vitamine (KÜHNAU). Für diese Bindung an ein spezifisches Protein (Apoferment) muß das Vitamin natürlich eine genau passende spezielle chemische Konstitution im Moment der Bindung besitzen, wenn die Wirksamkeit erhalten bleiben soll. Bei kleinen Konstitutionsabweichungen kann zwar die Fähigkeit zur Bindung an das Fermentprotein erhalten bleiben, die Enzymreaktion aber ausbleiben und damit die biologische Wirkung verlorengehen. Ein solches blockiertes Fermentprotein, das eine dem Vitamin entgegengesetzte Wirkung hat, heißt Antivitamin.

Die prothetischen Vitamine kommen hauptsächlich intrazellulär in begrenzten, aber ziemlich konstanten Mengen vor. Zu ihnen sind zu rechnen die Vitamine der B-Gruppe und vielleicht noch die K-Vitamine. Sie spielen eine wichtige Rolle im Stoffwechsel der Proteine, Fette und Kohlenhydrate.

Über die Wirkungsweise der sogenannten „induktiven Vitamine“ (KÜHNAU), zu denen die fettlöslichen Vitamine A, D und E gehören und die nur bei höheren Organismen vorkommen und von außen als Vitamin oder Provitamin zugeführt werden müssen, bestehen bis jetzt nur Vermutungen über eine mögliche Beteiligung bei der Prägung von Eiweißstoffen. Während bei den prothetischen Vitaminen Hypervitaminosen nicht bekannt sind, kommen sie bei den induktiven z. T. vor.

Bei Störungen in der Vitaminversorgung des Organismus kommt es zu Hypovitaminosen, ganz selten auch zu Avitaminosen (bei völligem Fehlen eines Vitamins). Viel häufiger ist die unzureichende Vitaminversorgung, mit qualitativen und quantitativen Mängeln in der Eiweiß- und Mineralstoffzufuhr gekoppelt, wodurch die Diagnose außerordentlich erschwert wird. Aber auch bei reinen Hypovitaminosen können die allgemeinen Ursachen der Erkrankung ganz verschieden sein. Einmal besteht die Möglichkeit, daß die Zufuhr von Vitaminen in der Nahrung zu gering ist (Exokarenz nach MOURIQUAND), andererseits kann eine Hypovitaminose trotz ausreichender Zufuhr eintreten, wenn die Aufnahme infolge Darmschädigung unmöglich ist (Enterokarenz). Schließlich kann infolge besonderer Verhältnisse ein erhöhter Bedarf bestehen (Endokarenz), z. B. im Wachstum, bei Gravidität und in der Laktation oder bei akuten und chronischen Infektionskrankheiten, wie

Tbc u. a., die mit erhöhtem Stoffwechsel einhergehen, ferner nach Anwendung bestimmter Chemotherapeutica und Antibiotica.

Bei mangelhafter Vitaminversorgung des Körpers sind zwei Arten von Mangelschäden zu beobachten: erstens allgemeine Vitaminmangelerkrankungen, die alle Vitamine betreffen, wie Wachstumsstörungen, Herabsetzung der Widerstandskraft, erhöhte Anfälligkeit gegen Infektions- und parasitäre Darmerkrankungen u. a.; zweitens spezifische Krankheitsbilder, die für das Fehlen eines bestimmten Vitamins charakteristisch sind.

Wie wichtig eine ausreichende Vitaminzufuhr ist, kann man daraus ersehen, daß es im Verlauf einer Avitaminose fast kein Organ gibt, das nicht eine Veränderung seiner Struktur und Leistungsfähigkeit erleidet, wodurch sich dann Störungen in dem geordneten Ablauf des Gesamtstoffwechsels ergeben.

Die Problematik auf dem Gebiete der Vitaminforschung soll an dem Beispiel des Vitamin E oder Tokopherol aufgezeigt werden. Dieses Vitamin, das zunächst auf Grund der bei der Ratte gewonnenen Erkenntnisse als Antisterilitätsvitamin bezeichnet wurde, zeichnet sich durch eine sehr geringe Konstitutionsspezifität aus. Als induktives Vitamin ist es nicht integrierender Bestandteil jeder lebenden Zelle und kommt nur bei den Blütenpflanzen (in deren grünen Teilen und Kotyledonen) und in den Wirbeltieren (hier besonders reichlich in der Hypophyse, den Gonaden, der Nebenniere und im Pankreas) vor.

Von den sieben bekannten Tokopherolen ist das α -Tokopherol das biologisch wirksamste. Bezüglich seiner physiologischen Wirkung wird vermutet, daß es Einfluß auf das Zwischenhirn nimmt. Es ist so gut wie erwiesen, daß es über den Hypophysenvorderlappen auf die tropen (thyreo-, gonado- und adrenotropen) Hormone einwirkt, ferner Produktion und Wirkung der nachgeordneten Hormone lipoiden Charakters (z. B. Progesteron) fördert. Vitamin E soll das gesamte diencephale, hypophysäre und interrenale System auf ein mittleres Gleichgewicht einregulieren.

Die Tokopherole greifen auch in den Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsel ein. Unter ihrem Einfluß wird die Nukleoproteidsynthese gefördert, das Eiweiß besser und sparsamer verwertet und so das Wachstum der Tiere begünstigt. Im Kohlenhydratstoffwechsel sollen sie einmal an der biologischen Oxydation als Redox-Katalysatoren beteiligt sein und am Elektronentransport in der Atmungskette mitwirken. Andererseits scheint das Vitamin E auch für die Glykolyse durch Blockierung der Phosphoglukomutase bedeutsam zu sein. Durch Hemmung bestimmter Teilphasen des Kohlenhydratstoffwechsels wird der Sauerstoffverbrauch herabgesetzt.

Vitamin-E-reiche Nahrung vermehrt die Fettdepots und die konstitutiven Gewebslipide (z. B. der Testikel), schützt nicht nur das Vitamin A, sondern auch andere oxydationsempfindliche Substanzen, wie die hochungesättigten essentiellen Fettsäuren, die auch

Bestandteile der Zellmembran sind, vor Oxydation und wirkt somit gewebesabdichtend.

Auch durch seinen Antihyaluronidase-Effekt wird die Gewebsabdichtung erreicht und eine Verminderung der Blutungsneigung in Placenta und im Embryonalgewebe erzielt.

Andererseits regt Vitamin E in der Peripherie die Sprossung von Kapillaren und die Bildung von Kollateralen an, es wirkt entquellend auf das die Kapillaren einengende kollagene Bindegewebe und erhält anscheinend auch einen gefäßerweiternden Faktor. Auf diese Weise verbessert es die Blutversorgung des Zentralnervensystems, der Muskeln und der Fortpflanzungsorgane und damit auch die Entwicklung der Föten.

Die im Vitamin-E-Mangel auftretenden Symptome können bei den einzelnen Tierspezies ganz verschieden sein.

Bei Ratte, Schwein, Maus und Huhn treten im Verlauf eines Tokopherolmangels Fortpflanzungsstörungen auf. Die männlichen Tiere werden infolge Atrophie der Samenkanälchen und Degeneration der Spermien steril. Bei den weiblichen Tieren bleiben die Ovarialfunktionen, die Konzeptionsfähigkeit und der Eitransport erhalten. Beeinträchtigt oder unterbrochen sind die Ei-Implantation und die Bildung des Corpus luteum. Bei den Säugern kommt es je nach der Schwere des Vitamin-E-Mangels zu teilweiser oder totaler Fötenresorption, Degeneration der Uterusmuskulatur u. a.

Rind, Schaf, Ziege und Kaninchen dagegen lassen anscheinend auch nach längerer, teilweise über Generationen dauernden Vitamin-E-Mangelernährung keine Störung der Fruchtbarkeit erkennen.

Dagegen leiden diese Herbivoren, aber auch Schwein, Ratte, Maus, ferner Hund und Rhesusaffe sowie das Geflügel (Huhn, Ente, Gans) bei Vitamin-E-freier Ernährung an sogenannter alimentärer Muskeldystrophie, die sich auf Skelett-, Herz- und glatte Muskulatur erstreckt und infolge lokaler Kreislaufstörungen zu hyaliner Koagulationsnekrose des Protoplasmas, Ersatz der Muskelfasern durch Bindegewebe und entsprechenden Muskelfunktionsstörungen, Herzinsuffizienz (akuter Herztod bei Schwein und Rind) führen kann. Mit Vitamin E wird eine schnelle Regeneration der noch vorhandenen Muskelfasern erzielt.

Nicht bei den bislang untersuchten Herbivoren, wohl aber bei der omnivoren Ratte und beim Geflügel kann eine tokopherolarme Diät auch zu Veränderungen im Zentralnervensystem führen, bei der Ratte zur Entmarkung der Dorsalhörner und Dorsalstränge des Rückenmarkes, zu Degenerationen im Kleinhirn und Hirnstamm. Beim Geflügel (Huhn, Ente, Truthahn) betreffen die Schäden hauptsächlich das Gehirn (alimentäre Enzephalomalazie).

Störungen des Pigmentstoffwechsels und Veränderung der Membrandurchlässigkeit, Leberschäden und Zahnveränderungen sind weitere Folgen einer Vitamin-E-freien Ernährung, die sich wieder bei den einzelnen Tierspezies in verschieden starkem Maße bemerkbar machen. So tritt beim Geflügel als Folge der erhöhten Membrandurchlässigkeit besonders stark eine exudative hämorrhagische

gische Diathese mit Kapillarblutungen und generalisiertem Ödem in Erscheinung. Auch beim Schwein lassen sich diese Symptome, allerdings nicht so ausgeprägt wie beim Huhn, beobachten.

Eine tokopherolreiche Ernährung — der genaue Bedarf von Mensch und Tier ist noch nicht bekannt — verhindert alle diese Störungen oder kann sie wieder zum Verschwinden bringen.

Darüber hinaus zeigt Tokopherol — übrigens auch andere Vitamine — bei einer Reihe von Krankheiten nach ständiger Verabreichung sehr hoher Dosen (die nicht toxisch wirken), interessante pharmakodynamische Wirkungen beim Menschen, z. B. bei Gefäßerkrankungen, Ödemen, Verbrennungen, ferner bei Systemerkrankungen des Mesenchyms, besonders des Bindegewebes (Formenkreis des Rheumatismus) und auch bei reinen Bindegewebserkrankungen (so des lockeren Bindegewebes im Zahnhalteapparat (Paradontopathien), bei Hauterkrankungen, Magenulcus u. a. Bei alten Hühnern konnten atheromatöse Aortaveränderungen (durch Cholesterinfütterung verursacht) durch Vitamin E günstig beeinflußt oder geheilt werden.

Die Wirkungsstärke der Vitamine wird noch immer im Tierversuch festgestellt und in „I. E.“ (Internationalen Einheiten), neuerdings schon teilweise in Gewichtseinheiten, angegeben. Trotz aller Fortschritte auf dem Gebiete der Vitaminforschung klaffen noch gewaltige Lücken. Es ist noch nicht möglich, genaue Bedarfsangaben für die verschiedenen Produktionen der landwirtschaftlichen Nutztiere zu machen; der Einfluß der Futterwerbung, Konservierung, Düngung, die Vorgänge im Darm, das Verhalten im Stoffwechsel usw. sind noch weitgehend unbekannt.

b) Versuche zur Beeinflussung des hormonalen Systems

Der Mangel an Vitaminen oder an anderen Wirk- und Nährstoffen bedingt in dem betroffenen Gewebe eine Schädigung und damit die Auslösung einer regulativen Funktion, zugleich einen Reiz auf die zentralen koordinierenden Zentren im Hypothalamus, dem übergeordneten Steuerungsorgan des gesamten Stoffwechselgeschehens.

Die Koordination wird von zwei Regulationssystemen gesteuert, dem hierarchisch aufgebauten neurovegetativen und dem hormonalen. Jedes System ist einmal in sich fein abgestimmt, andererseits beeinflussen sich beide gegenseitig so, daß der Stoffwechsel ungestört erfolgen kann.

Die Kenntnis von einem fein abgestimmten hormonellen Gleichgewicht wirft eine zweite, sehr kritische Frage auf, nämlich: „Darf man ungestraft durch massive Eingriffe von außen dieses Gleichgewicht stören?“ Anlaß zu dieser Frage geben die zahlreichen Versuche der Fütterungspraxis, durch Beeinflussung des Hormonsystems das Stoffwechselgeschehen in die eine oder andere Richtung zu lenken. Durch Aktivierung der Schilddrüsenfunktion versuchte man, die Milchleistung zu verbessern, mit dem Ergebnis,

daß dies möglich ist, aber nur auf Kosten der Gesundheit der Milchkühe. Dämpfen der Schilddrüsenfunktion mit Thioharnstoff u. a. m. bringt bei der Mast höhere Gewichtszunahmen, monströsen Fettansatz und einen völligen Niederbruch der Widerstandskraft der Tiere.

Thioharnstoff ist auch sonst wegen seiner vermuteten cocarcinogenen Eigenschaften nicht ganz harmlos. Einen ebenso groben Eingriff in das hormonale Gleichgewicht stellt m. E. die indirekte Dämpfung der Schilddrüsenaktivität durch die temporäre Ausschaltung der Sexualdrüsenfunktion mit östrogenen Stoffen dar. Versuche laufen zur Zeit an fast allen Tieren, aber die Hähnchenmast wird in Amerika bereits in großem Stil durchgeführt. Die höheren Gewichtszunahmen dürften auf den vermehrten Fettansatz (im Fleisch) zurückzuführen sein, die Eiweißmehrbildung ist unbedeutend. Ganz bedenklich ist, daß die Implantationsstellen mit dem lange Zeit wirkenden östrogenen Stoff am Hals der Hähnchen nicht immer ausgeschnitten werden. Genuß von solchen Implantationsstellen ruft beim Mann und ganz besonders bei der Frau schwerste Störungen der Sexualfunktion hervor. Deshalb sollte man mit Stoffen, die weder Nahrungs- noch Futtermittel sind, nicht so leichtfertig umgehen; sie gehören in die Hand des Arztes oder Tierarztes.

c) Die Bedeutung pflanzlicher Wirkstoffe im Futter

Östrogene Stoffe kommen auch im Gras vor, meist aber in sehr geringen, unschädlichen Mengen. Mit den lebensfrischen oder keimfähigen Futterstoffen bei Grün- und Weidefütterung nehmen die Tiere nicht nur die üblichen Nährstoffe, sondern auch Fermente und Pflanzenhormone, sogenannte Wuchsstoffe, Antibiotica, letztere in stoffwechselwirksamen Beträgen, auf. Versuche mit Hühnern ergaben (KAEMMERER), daß mit verschiedenen pflanzlichen Wuchsstoffen bei bestimmter Dosierung ein positiver Masteffekt, nämlich höhere Gewichtszunahmen und eine Futtereinsparung erzielt werden konnten. Wurde diese optimale Dosierung überschritten, wirkten sie schädlich.

d) Antibiotica

Antibiotica werden seit mehr als 10 Jahren mit Erfolg zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten eingesetzt, neuerdings auch im Pflanzenschutz und zur Konservierung. Versuche mit Antibioticis in der Fütterung der Kälber, Schweine und des Geflügels ließen nun erkennen, daß man einen Teil der als optimal befundenen Menge biologisch hochwertigen tierischen Eiweißes zugunsten von weniger wertvollem pflanzlichem Protein ersetzen kann, wenn gleichzeitig Antibiotica zugegeben werden. Die für Fütterungszwecke verabfolgten Mengen liegen weit unter den therapeutischen Dosen.

Den Befürwortern der Antibiotica-Fütterung steht heute noch eine große Zahl von warnenden oder ablehnenden Stimmen gegenüber. Weiterhin ist darauf hinzuweisen (NEHRING), daß bisher noch Stoffwechseluntersuchungen ausstehen, durch die der Beweis einer echten Zunahme, sei es in Form von Fleisch (Protein) oder Fett, geführt wurde. Die Ablehnung beruht auf mannigfaltigen Vermutungen und Befürchtungen, daß eine Störung in der Zusammensetzung der Darmflora erfolgen oder unter den pathogenen Bakterien resistente Stämme erzeugt werden könnten u. a. m., ferner auf konkreten Beobachtungen, wie z. B. erhöhter Vitamin-D-Verbrauch. Die Wirkungsweise der Antibiotica im Stoffwechsel ist noch unbekannt. Von zwei Bestandteilen des Penicillins vermutet man (KAEMMERER) eine günstige Futterwirkung, nämlich vom Penicillamin (Dimethyl-cystein) und von dem Spaltprodukt Phenyllessigsäure, die in der Gruppe der Pflanzenwuchsstoffe (Heteroauxine, Beta-Indol-Essigsäure) rangiert und ebenso wie diese in kleinen Dosen bei der Mast günstig, in großen dagegen schädlich wirkt.

6. Konservierungsmittel

Da die Antibiotica auch zur Konservierung von Nahrungsstoffen benutzt werden, soll an dieser Stelle kurz die Problematik aufgezeigt werden, die sich im Zusammenhang mit der Haltbarmachung der Nahrung ergibt.

Die Konservierung von Lebens- und Futtermitteln, die nicht das ganze Jahr über zur Verfügung stehen, wird seit Urzeiten geübt, indem man entweder das Wasser durch natürliche oder künstliche Trocknung entzieht bzw. wasserreiche Stoffe unter Beigabe bestimmter Zusätze einer Gärung unterzieht (Sauerkraut, Silage) oder durch Zusätze haltbar macht (Gelee). Dabei mußte man allerdings meist Veränderungen im Aussehen, in der Farbe, Struktur, in den Eigenschaften sowie beträchtliche Verluste an Nähr- und Wirkstoffen in Kauf nehmen.

Durch den starken Bevölkerungsdruck unserer Tage, ferner das Bestreben, immer rationeller zu wirtschaften sowie den Absatz zu heben, ist die ganze Konservierungsfrage mit den Mitteln der modernen Chemie und Technik neu aufgerollt und dabei der Begriff der Konservierung erweitert worden. Es geht nun nicht mehr allein darum, die Nahrungsstoffe vor dem Verderben zu schützen, sondern auch Verluste zu vermeiden oder doch zu verringern, Qualität und Aussehen zu erhalten. So verläßt man sich, um ein Beispiel aus der Futtertrocknung anzuführen, bei der Heutrocknung nicht mehr allein auf die stets witterungsabhängige Freilandtrocknung; an ihre Stelle treten in immer stärkerem Ausmaß andere Verfahren, z. B. die Unterdachtrocknung, bei der das Grünfütter im Freien nur vorgetrocknet und dann unter Dach mit starken Ventilatoren, zum Teil auch unter Verwendung von vorgewärmter Außenluft, fertig getrocknet wird.

Bei der Gärfutterbereitung ist die heiß umstrittene Frage der Zusätze zugunsten der Verwendung organischer Säuren entschieden worden.

Um die leicht oxydierenden Stoffe, wie z. B. viele Vitamine, vor Verlust der Wirksamkeit zu schützen, werden den Lebensmitteln und den Futtermischungen Antioxydantien zugesetzt. Zur Erhaltung der Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffe dienen sogenannte Stabilisatoren. Dazu kommen noch Emulgatoren, Bleichmittel, Weichmacher, Härtungsmittel, Schaumbildner und Schaumverhüter. Die Praxis der Anwendung dieser fast 1 000 Zusätze hat allerdings eine ganze Reihe von neuen Problemen aufgeworfen. So zeigte es sich, daß manche Stoffe nicht nur eine konservierende, sondern auch allergene Wirkung entfalten können. Es liegen Beobachtungen vor, daß beim Menschen nach wiederholtem Genuß solcher Konserven Überempfindlichkeit und allergische Erkrankungen auftreten.

Das gleiche ist bei verschiedenen Antibioticis festgestellt worden, die auch zur Konservierung von Fleisch, Geflügel, Fischen, Krabben und anderem mehr dienen. Die oberflächenaktiven Stoffe, wie die *Tweens* und *Spans*, die in der Lebensmittelindustrie Verwendung finden, dem Mehl zugesetzt werden und in Versuchen wachstumsfördernde Eigenschaften zeigten, sind zwar nicht für den Menschen, wohl aber für die Tiere in höheren Dosen toxisch. Außerdem haben sie die unangenehme Eigenschaft, nicht allein die Resorption von Nahrungsstoffen, sondern in noch stärkerem Maße die von toxischen Substanzen, z. B. Insektiziden, zu fördern. Alarmierend wirkt die Beobachtung des Finnen *SETÄLA*, daß Tween 60 (Polyäthylen-Sorbitan-Monostearat), ein Emulgier- und Brotzusatz, cocarcinogene Eigenschaften bei der Maus hat.

Dieser Hinweis möge genügen, um die Probleme auf dem Sektor der Konservierung anzudeuten, die im Interesse einer gesunden Ernährung von Mensch und Tier möglichst bald gelöst werden müssen.

7. Pflanzenschutz

Schließlich werfen manche Pflanzenschutzmaßnahmen ernährungs-pathologische Probleme für Mensch und Tier auf, insbesondere sind es die zur Insektenbekämpfung angewandten chlorierten Kohlenwasserstoffe und die organischen Phosphorsäureester, die unser Interesse erheischen. Die genannten Mittel finden im Gemüsebau, auf Acker- und Futterflächen, aber auch in den Getreidesilos und Futterspeichern zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen Anwendung. Vom DDT und den meisten anderen chlorierten Insektiziden weiß man, daß sie durch die Wachsschicht der Blätter dringen und so ins Innere der Zellen gelangen. Das gleiche gilt für so behandelte Futtermittel. Mit dem Futter gelangt z. B. DDT in den Körper der Tiere. Von Milchkühen und Hennen wird es proportional zu der aufgenommenen Menge in den Produkten wieder ausgeschieden, die dann unter Umständen toxisch wirken

können, zumal DDT auch den Koch- und Backprozeß zu 50% übersteht. Bei den übrigen Tieren und beim Menschen wird aufgenommenes DDT im Fett und in lipoidreichen Organen (Hoden, Nebenniere, Schilddrüse) gespeichert. An den Genitalien verursacht es Atrophie und somit Schädigung der Nachzucht. Aus dem Fettgewebe kann es bei plötzlichem Abbau der Depots (z. B. infolge einer Krankheit) in solchen Mengen ins Blut geschwemmt werden, daß sie akut toxisch wirken und vor allem Leberveränderungen bewirken (die anderen chlorierten Kohlenwasserstoffe übrigens auch). Die Toxizität der organischen Phosphorsäureester, darunter von E 605, sind zwar viel stärker, dafür haben aber viele chlorhaltige Insektizide eine Halbwertszeit von sieben Jahren.

Bei den Verwandten des DDT bestehen in der toxischen, oder Speicherwirkung gewisse Unterschiede, aber harmlos sind sie alle nicht. Dies gilt auch für die Hexapräparate (Hexachlorcyclohexan) und die organischen Phosphorsäureester u. a., sei es bei der Fütterung oder der Behandlung von Ektoparasiten. Dabei konnte eine interessante ernährungsphysiologische Beobachtung gemacht werden, daß nämlich die gleiche Dosis bei unterernährten Tieren viel toxischer wirkt als bei normal oder gut ernährten.

Zum Schluß meiner Ausführungen möchte ich nochmals betonen, daß es weder in der Gegenwart noch in absehbarer Zukunft gelingen wird, den Dualismus in der Ernährungsphysiologie zu beseitigen. Die zu lösenden Probleme werden immer energetische und stoffliche sein, quantitativer Bedarf und qualitatives Genügen sind stets nebeneinander zu berücksichtigen.

Weiter ist darauf hinzuweisen, daß von den drei Möglichkeiten der Ernährung — Minimum, Optimum, Maximum — nur das Optimum ein erstrebenswertes Ziel darstellt.

Gestatten Sie mir, in diesem Zusammenhang noch kurz zwei wichtige Probleme anzudeuten, nämlich:

1. Die gegenwärtige Situation in der praktischen Tierfütterung und
2. deren Auswirkung auf die Ernährung des Menschen.

Beim Rind (der wirtschaftlich wichtigsten Tierart, die 70% der Einnahmen aus der Viehhaltung liefert), sind die Milchleistungen seit 1948/49 um mehr als 50% gestiegen. Dieser Erfolg wird hauptsächlich (BRONSCH) auf die beschleunigte genetische Verbesserung durch die künstliche Besamung mit Sperma wertvoller Vatertiere (namentlich in den Kleinbetrieben) zurückgeführt. Mit der besseren Anlage für höhere Leistung vererben sich aber zugleich die Ansprüche auf ein quantitativ und vor allem qualitativ besseres Wirtschaftsfutter. Während nun der Milchertrag um 50% stieg, ist z. B. die Phosphatdüngung — einer der wichtigsten Faktoren zur Erzeugung eines gehaltvollen Futters — nur um 15% gesteigert worden. 81% des Grünlandes gelten als unzureichend mit Phosphor versorgt.

Dementsprechend stehen auch die Mängel der Mineralversorgung der Kühe obenan, ihr folgt mit Abstand eine möglicherweise mangelhafte Eiweißversorgung.

In der Schweinehaltung dagegen wird primär eine Unterernährung an tierischem Eiweiß festgestellt, die zugleich mit einer falschen Mineralstoffzufuhr (gestörtes Kalzium-Phosphor-Verhältnis) gekoppelt ist. Die schließlichen Folgen einer solchen partiellen Unterernährung, die nach Erschöpfung der Regulations-einrichtungen sichtbar werden, sind komplex: Verzögertes Wachstum, Störungen im Sexualapparat, Aufzuchtverluste bis zu 30 % bei Rind und Schwein, endlich Sterilität.

Den Menschen geht die Ernährung der Tiere insofern an, als er auf tierische Nahrung angewiesen ist. Die neueren Untersuchungen zeigen aber, daß deren Zusammensetzung von der Beschaffenheit des Futters beeinflußt werden kann, die jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. (Wenn während des Winters die Milch und die Zusatznahrung arm an Vitamin A sind, kann bei Säuglingen A-Hypovitaminose auftreten.)

Auch die Qualität des Fleisches scheint beeinflußbar zu sein. Bei Eiweißmangelversuchen mit Schweinen sank der Gehalt an Eiweiß im Muskelfleisch und zugleich an acht essentiellen Aminosäuren (HILL), das gleiche gilt für die Eierproduktion und für die Kälbermast. Durch fast völligen Ersatz der Vollmilch (bis auf 1 l) durch Magermilch gestaltet sich diese bei fast gleichen Gewichtszunahmen zwar wirtschaftlicher, es fehlen aber die sonst mit dem Milchfett aufgenommenen fettlöslichen Vitamine in der Leber und in anderen Organen so ernährter Kälber.

Durch die Vitaminierung der Magermilch und eine Ergänzung des Eiweißfutters der Tiere könnte eine vollwertige menschliche Nahrung erzielt werden. Grundsätzlich sollten im Interesse der menschlichen Gesundheit notwendige Ergänzungen aller Art in zuverlässiger Weise und in ausreichenden Mengen dem Tierfutter und nicht der menschlichen Nahrung zugesetzt werden. Damit würden die natürlichen guten Qualitäten der animalischen Nahrungsstoffe das ganze Jahr über gewährleistet sein und nachträgliche Ergänzungen der Lebensmittel überflüssig werden. Außerdem besteht dann nicht die Gefahr, daß infolge vielfacher, insgesamt nicht mehr kontrollierbarer Zusätze gesundheitliche Schäden entstehen.

Auch auf die Haltbarkeit des Fleisches soll sich die Fütterung auswirken. Zuckerbeifütterung einige Tage vor der Schlachtung z. B. soll infolge erhöhter Milchsäurebildung eine Hemmung der Fäulniserreger und Erhöhung der Lagerfähigkeit des Fleisches auf natürliche Weise bewirken.

Der hochaktuellen Forderung der Erzeugung mageren Schweinefleisches hofft die praktische Tierernährung durch eiweißreiche Frühmast und spätere Einschränkung der Futtergaben ohne wesentliche Gewichtseinbußen nachzukommen.

Vor allem aber müssen die tierischen Nahrungsmittel frei von Stoffen sein, die beim Menschen eine toxische oder allergene Wirkung entfalten.

Zahlreich und zum Teil sehr schwierig sind die Probleme, die die Ernährungsphysiologie uns stellt; sie sind zugleich verantwortungsvoll, weil sie bei einer Fehllösung zu pathologischen Problemen werden, die nicht nur das Tier, sondern auch den Menschen betreffen. Es wird auch in Zukunft des vollen Einsatzes der Ernährungsphysiologen, der landwirtschaftlichen Berater und des in Fragen der Tierernährung sowie der Zusammenhänge von Boden, Klima, Düngung, Pflanzenertrag und Futterqualität gut bewanderten Tierarztes bedürfen, um die Tierbestände gesund zu halten und die Menschen, soweit es in ihrer Macht steht, vor Ernährungsschäden zu schützen.

Unser Ziel muß sein: Durch einwandfreies Futter zu einer gesteigerten Produktion hochwertiger animalischer Nahrungsmittel von gesunden Tieren zu kommen.