

Rolf Dörge
**Auch Pflanzen
haben Hunger**



Regenbogenreihe

Rolf Dörge

Auch Pflanzen haben Hunger

Chemie in der Landwirtschaft

Der Kinderbuchverlag Berlin

**Illustrationen von
Rainer Flieger, Thomas Schallnau,
Günter Wongel**

Befragung einer Weide

Da steht er nun, der klobige Kübel. Ein Prunkstück ist er nicht. Die schlanke Weide läßt ihn noch plumper erscheinen. Doch Helmont stört das nicht. Er sieht nur die Weide, ist gebannt von dem Augenblick, denn ein großes Experiment beginnt. Er läßt sich von seinem Diener den Krug mit dem Regenwasser reichen und gießt feierlich, als gälte es einem Zeremoniell gerecht zu werden, das Bäumchen.

Als trübe Pfütze steht das Wasser auf der staubtrockenen Erde, überzogen mit einem schmutzigen Schleier. Nun wird sie aufgesogen. Dunkel färbt sich die Erde, scheint aus tiefem Schlaf zu neuem Leben zu erwachen.

Helmont muß plötzlich an die zierlichen Gefäße denken, mit denen er sonst hantiert. Wenn er in seinem Laboratorium nach neuen Arzneien für seine Patienten sucht, arbeitet er nur mit winzigen Mengen von Chemikalien, hier aber ist ein richtiger kleiner Berg guter Gartenerde getrocknet worden, sehr sorgfältig, denn keine Spur von Nässe sollte deren Masse verfälschen. Mit der gleichen Sorgfalt hat er gemessen, was in den Kübel geschüttet wurde. Genau 91 kg Erde sind es gewesen. Gewissenhaft ist auch die Masse der jungen Weide bestimmt worden. 2,5 kg beträgt sie – heute. Nun muß sie wachsen.

Das Experiment wird Jahre dauern. Warum nur ist ihm dieser Einfall nicht schon früher gekommen! Dabei erscheint er so einfach. Man muß der Natur nur die richtigen Fragen stellen, um zu richtigen Antworten zu gelangen. Beobachten, vergleichen, experimentieren – nur so kommt man zu neuen Erkenntnissen.

Man schreibt das Jahr 1624, in knapp drei Jahren wird Helmont fünfzig. Wie viele Jahre wird er noch Zeit haben?

Jeden Tag gießt Johann Baptiste van Helmont seine Weide mit reinem Regenwasser. Ungern nur überläßt der Gutsherr von Vilvoorde diese Aufgabe einem anderen.

Fünf Jahre vergehen. Stattlich steht die Weide in ihrem Kübel. Dann kommt der Tag, an dem ihrem Leben ein frühzeitiges Ende gesetzt wird. Sie ist dazu bestimmt, eine Antwort finden zu helfen auf die Frage, wovon sich die Pflanzen ernähren, soll helfen, Licht in das Dunkel geduldig ertragenen Unwissens zu bringen.

Vorsichtig wird sie ausgegraben. Kein Erdkrümel darf verlorengehen. Auch der filzige Wurzelballen wird behutsam ausgeklopft. 74,5 kg hat sie in den fünf Jahren an Masse gewonnen. Wo sind sie hergekommen?

Jetzt muß die Erde getrocknet werden, ehe ihre Masse kontrolliert werden kann. Nur um 57 g hat sie abgenommen. Diese können das Wachstum der Weide nicht verursacht haben.

Das Experiment ist beendet, und das Protokoll kann abgeschlossen werden. Die Schlußfolgerungen erscheinen einfach: Niemand vermochte bisher zu sagen, wie es kommt, daß eine Pflanze wächst. Die Befragung einer Weide durch den niederländischen Arzt Helmont scheint die Antwort ergeben zu haben. Pflanzen ernähren sich von reinem Wasser. Jedem müßte das einleuchten.

Doch da ergab sich noch etwas Bemerkenswertes. Helmont entschloß sich, auch noch die Weide zu trock-



nen. Als er annehmen konnte, alles Wasser sei ihr entzogen, wog er sie noch einmal. Ihre Trockenmasse war viel größer als erwartet. Was hatte das zu bedeuten? Kühn war der Gedanke, der ihm nun kam. Eine Ahnung nur. Sollte auch die Luft zum Wachstum der Weide beigetragen haben? Das wäre eine Erklärung. Was der Holländer da herausgefunden haben wollte, schien zweifelhaft zu sein – Luft als Nahrung für Pflanzen, wer sollte das verstehen!

Die Maus und die Pfefferminze

Da lebte einst in England, in der Grafschaft Leeds, eine Maus. Wohlgenährt tummelte sie sich mit ihren Gefährten in den Getreidespeichern einer Brauerei. Hin und wieder unternahm sie einen Ausflug in die Speisekammer des benachbarten Pfarrhauses.

Eines Abends im August lag der lockende Duft geräucherten Specks in der Luft. Er zog die kleine Maus an – und emsig nagten sechzehn kleine Mäusezähne. Doch als sie weiterziehen wollte, entdeckte sie, daß sie sich in einem seltsamen Gebilde aus Draht befand, und kein Loch war groß genug, sie wieder hinaus zu lassen. Im Morgengrauen kam ein Mann, packte sie im Genick und trug sie in die Küche des Pfarrhauses, aus der sie schon so manchen Leckerbissen geraubt hatte. Eine Käseglocke wurde über sie gestülpt.

Nun stand ihr gläsernes Gefängnis auf einem langen Brett über dem warmen Küchenherd. Viele solcher Gläser entdeckte sie auf dem Brett. Umgestülpt standen

die Gläser auf metallenen Platten, die viele kleine Löcher enthielten, und unter jedem Glas saß eine Leidensgefährtin. Von Zeit zu Zeit wurde eine von ihnen geholt – aber keine kehrte je zurück. Was mochte mit ihnen geschehen sein?

Eines Tages kam die Maus in ein neues Gefängnis; es war größer als das alte und stand in einem Gefäß mit Wasser. In diesem Gefängnis wuchs eine Pflanze. Wie die duftete! Aufgeregt begann die Maus an der Wand des neuen Gefängnisses entlangzutrippeln, doch die Wand nahm kein Ende.

Mehrmals täglich bekam sie Besuch. Es war der Mann mit dem langwallenden Haar, der sie nach jener Nacht aus dem Drahtkäfig befreit hatte. Sehr zufrieden sah er aus, wenn er sie so munter umherhuschen sah.

Der Name des Mannes, der seinen naturwissenschaftlichen Studien mehr zugetan war als seinen pfarrherrlichen Pflichten, ist in die Geschichte eingegangen. Es war Joseph Priestley, der mit seinen Arbeiten viele Grundlagen der modernen Chemie gelegt hat. Die Mäuse, die er gefangenhielt, sollten ihm helfen, den Geheimnissen der Luft auf die Spur zu kommen.

Das Mäuseabenteuer ereignete sich im Sommer 1771. Noch wußte man nicht, daß die Luft ein Gemisch aus acht verschiedenen Gasen ist. Noch kannte man nicht den Sauerstoff, den für uns so lebenswichtigen Bestandteil der Luft – aber man war ihm schon auf der Spur. Auch die Rolle des Kohlendioxids war noch unbekannt, jenes Gases, von dem jeder von uns im Laufe eines Tages rund 1 000 g ausatmet – und das so giftig ist, daß es jedes Leben zu ersticken vermag. Es ist das gleiche Gas, das

unser Selterswasser und auch manch anderes Getränk so erfrischend sprudeln läßt.

Damals unterschied man nur zwischen „unverdorbener Luft“ und „verdorbener Luft“. Man wußte, daß eine Kerze nur in „unverdorbener Luft“ brennen kann – während sie brennt, verdirbt sie die Luft.

Wie aber kommt es, daß Luft verderben kann?

Auch Joseph Priestley suchte nach einer Antwort auf diese Frage. Er nahm eine gläserne Glocke, stellte sie in ein Wasserbad, so daß die Luft unter der Glocke von der des Zimmers abgeschlossen war. Unter die Glocke setzte er eine Maus. Zunächst war jede Maus recht munter. Dann jedoch geschah immer das gleiche. Die Maus schien zu ermüden. Wenig später wurde sie von Krämpfen geschüttelt und verendete. Offensichtlich hatte sie die Luft unter der Glocke verdorben und mußte deshalb sterben. Die Probe mit der Kerze bewies es, sie erlosch.

Dann aber war Priestley eine glänzende Idee gekommen. Er ließ unter einer Glocke Pfefferminze wachsen. Wie lange würde sie unter diesen Bedingungen existieren können? Fast eine Woche verging – die Pflanze war frisch wie am ersten Tage. Wurde die Luft von der Pflanze nicht verdorben? Hell brannte die Flamme der Kerze in der Luft des Gefäßes.

Priestley wandelte das Experiment ab. Mit einer brennenden Kerze „verdarb“ er die Luft unter der Glocke. Dann stellte er die Pfefferminze in die verdorbene Luft. Tage vergingen. Die Pflanze blieb frisch, sie wuchs sogar! Können Pflanzen auch in verdorbener Luft leben?



Es folgten noch viele Experimente, bis eines Tages Maus und Pfefferminze unter eine Glocke kamen. Auch am achten Tag lebte die Maus, und die Pflanze war nicht nur gewachsen, sie hatte sogar neue Triebe gebildet.

Manchen Versuch führte Priestley noch durch. Dann hatte er die Kette der Beweise geschlossen: Pflanzen können verdorbene Luft reinigen; aber nur lebende Pflanzen vollbringen diese merkwürdige Leistung. Offensichtlich ernähren sie sich von dem, was die Luft verdirbt.

Etwa hundert Jahre später erlebte eine weiße Maus im Institut für Hydrobionik in Kiew ein ähnlich aufregendes Abenteuer. 66 Tage lebte sie, hermetisch abgeschlossen von der Außenwelt, in einer Kammer, die mit modernsten Meßapparaturen ausgerüstet war. In der Kammer wuchsen Algen, einzellige Wasserpflanzen. Als man die Maus wieder befreite, hatte sich in der Kammer der Sauerstoffgehalt der Luft von 21 % auf 63 % erhöht.

Die Algen hatten mehr Sauerstoff „produziert“, als die Maus verbrauchen konnte.

Die weißen Mäuse von Kiew sollen nicht mehr das „Rätsel Luft“ lösen helfen, sondern jene Pflanzen erproben, die den Menschen das Leben in Unterwasser- und in kosmischen Stationen ermöglichen, in denen die Algen die von den Menschen „verdorbene“ Luft reinigen.

Das Geheimnis des giftigen Gases

Zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts war man noch nicht zu der Erkenntnis vorgedrungen, daß nur solche

Stoffe als Elemente bezeichnet werden können, die sich mit chemischen Mitteln nicht in andere Stoffe zerlegen lassen. Erst der Beweis der Existenz der Atome konnte den Schlüssel zu einem tieferen Eindringen in die Geheimnisse der Natur liefern. John Dalton, einem Lehrer aus der englischen Industriestadt Manchester, gelang es, ihn zu finden.

Was John Dalton im wissenschaftlichen Experiment beweisen konnte, hatte der griechische Naturphilosoph Demokrit mehr als zwei Jahrtausende zuvor versucht sich vorzustellen: Was geschähe, wenn er ein Stückchen Holz oder einen Kieselstein in zwei Hälften zerlegte, eine der Hälften wiederum teilte – und so mit dem Halbieren fortführe? Einmal, so meinte er, müßte man ein Teilchen erhalten, das sich nicht mehr teilen ließe. Das sei das „a-tomos“, das Unteilbare, der kleinste Grundbaustein aller Materie, so winzig, daß er unsichtbar sein müsse. Sichtbar zu machen vermochte auch Dalton das Atom nicht. Aber er konnte die Existenz der Atome nachweisen.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts – an dessen Beginn das Atom „entdeckt“ wurde – wissen wir, daß auch das Atom teilbar ist. Doch das ändert nichts an der Tatsache, daß es der kleinste Baustein eines Elementes ist. Jedes Element verfügt über seine – unverwechselbaren – Atome, und die sind untereinander alle gleich; jedes einzelne ist mit all den Eigenschaften ausgestattet, die sein Element kennzeichnen. Die Atome eines Elementes unterscheiden sich von den Atomen aller anderen Elemente. Folglich muß es so viele verschiedene „Atomsorten“ geben, wie es unterschiedliche Elemente gibt.

Eine Eigenschaft aber ist den Atomen aller Elemente gleichermaßen zu eigen: Sie können sich sowohl untereinander als auch mit Atomen anderer Elemente verbinden. Natürlich sind sie dabei bestimmten Naturgesetzen unterworfen. Verbinden sich Atome unterschiedlicher Elemente miteinander, so entstehen Stoffe mit neuen Eigenschaften. Verbinden sich beispielsweise Atome der Elemente Wasserstoff und Sauerstoff in einem bestimmten Verhältnis miteinander, so entsteht aus der chemischen Verbindung der beiden Gase die Flüssigkeit Wasser – verbinden sie sich in einem anderen Verhältnis, so entsteht eine ölige, explosive Flüssigkeit, das Wasserstoffsuperoxid.

Mit mechanischen Mitteln lassen sich die Atome der an einer chemischen Verbindung beteiligten Elemente nicht wieder voneinander trennen.

Von jeder chemischen Verbindung gibt es wieder ein kleinstes Teilchen, das Molekül. Das kleinste Teilchen des Wassers ist das Wassermolekül; und jedes Wassermolekül ist die chemische Verbindung zwischen zwei Atomen des Wasserstoffs und einem Atom des Sauerstoffs. In jedem Molekül des Wasserstoffsuperoxids sind zwei Wasserstoffatome an zwei Sauerstoffatome gebunden.

Mit diesem Wissen ausgerüstet, können wir uns nun dem Geheimnis des „giftigen Gases“ zuwenden.

Lange währte der Streit der Gelehrten um die Natur dieses seltsamen Gases und um seine Bedeutung für die Pflanzenwelt. Schließlich aber stand unwiderlegbar fest: Das Kohlendioxid ist keine besondere Art von Luft, sondern ein Gas; seine Moleküle sind aus je einem

Kohlenstoffatom und zwei Atomen des Sauerstoffs zusammengesetzt. An der Luft, die uns umgibt, ist es mit 0,03 % beteiligt – an der Luft, die wir ausatmen, mit 4,1 %. Die Pflanzen sind in der Lage, das Kohlendioxid aus der Luft aufzunehmen, seine Moleküle in ihre atomaren Bestandteile zu zerlegen – und sich den Kohlenstoff zum Aufbau pflanzlicher Substanz anzueignen. So erweist sich das giftige Gas auch als ein nahrhaftes Gas.

Das ungeheure Dickicht

Wenn heute jemand wissen will, was sich hinter dem Namen Chemie verbirgt, dann kann er zunächst einmal zu einem Fremdwörterbuch greifen. Dort findet er die Erklärung: „Chemie ist die Wissenschaft von den Stoffen, ihren Eigenschaften und ihren Umwandlungen“.

Will er mehr erfahren, will er sich beispielsweise einen Überblick verschaffen über alles, was Generationen von Wissenschaftlern zusammengetragen haben zu jenem Teil des Wissenschaftsgebäudes, den man Chemie nennt, so kann er in einem Nachschlagewerk lesen. Im „ABC der Chemie“ zum Beispiel kann er auf sechzehnmal einhundert Seiten das Wichtigste nach Stichworten geordnet finden.

Da hat er dann einen schwergewichtigen Überblick in der Hand, der es ihm erleichtert, sich zu informieren – aber niemand vermag, diese Fülle des Wissens in seinem Gedächtnis zu speichern. Lange schon sind die Zeiten

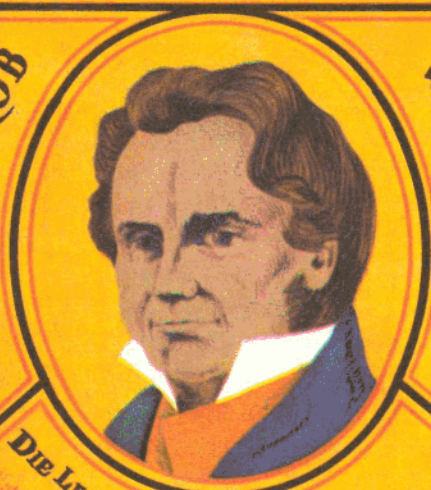
vorbei, in denen ein Universalgelehrter das gesamte Wissen seiner Zeit überblicken konnte. Seither ist der Wissensschatz der Menschheit so ungeheuer angewachsen, daß heute selbst wissenschaftliche Spezialgebiete nicht mehr von den für sie zuständigen Fachgelehrten in ihrem gesamten Umfang überschaubar bleiben. Was unser Nachschlagewerk angeht, es geht ihm wie allen anderen Nachschlagewerken: Zwischen dem Tag, an dem das Manuskript der Druckerei übergeben wurde, und jenem, an dem die ersten Exemplare in den Buchhandlungen erscheinen, sind Tausende wissenschaftlicher Arbeiten veröffentlicht worden, die auf den verschiedensten Spezialgebieten die Wissenschaft Chemie weitergeführt haben. Kein Chemiker der Welt ist in der Lage, sie alle zu verfolgen. So wird es bleiben – bis Computer ihn aus dieser Zwangslage befreien, für ihn lesen, viele hundert Mal schneller, als er es kann, das Gelesene vergleichen mit dem, was in ihren Gedächtnissen gespeichert ist, altes, überholtes Wissen aussondern und neues aufnehmen.

Als sich Justus Liebig der Chemie zugewandt hatte, da ging es – gemessen mit den Maßstäben unserer Zeit – äußerst ruhig zu. Gerade hatte man sich entschlossen, das Reich der Chemie in zwei Teilreiche zu untergliedern.

Da hatte man nun das Reich der anorganischen Chemie, das Reich der „toten Stoffe“, die Welt der Mineralstoffe. Wohl bekannt schien diese anorganische Chemie und weitgehend erforscht.

Eben erst entdeckt worden war dagegen das Reich der organischen Chemie, das Reich der „lebenden Stoffe“.

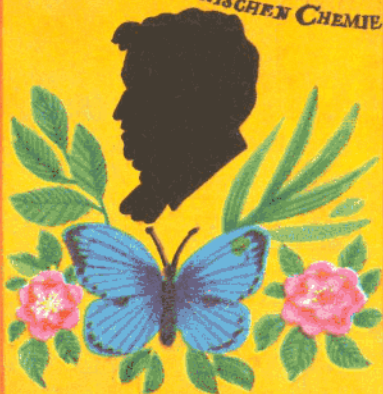
JÖNS JAKOB



v. BERZELIUS

DIE LEBENSKRAFT

DAS REICH DER ORGANISCHEN CHEMIE



DAS REICH DER ANORGAN. CHEMIE



Als ihr Entdecker gilt der schwedische Chemiker Jöns Jakob von Berzelius.

Nun war allerdings der Stockholmer Gelehrte einem Mythos zum Opfer gefallen, der schon so vielen den Blick für die Wirklichkeit getrübt hatte – er glaubte an eine geheimnisvolle Lebenskraft. Dieser Lebenskraft sollten all jene Stoffe ihr Vorhandensein verdanken, die er in das Reich der organischen Chemie eingeordnet wissen wollte, die Stoffe, aus denen die lebenden Organismen aufgebaut sind, die Menschen, Tiere und Pflanzen.

Doch da ereignete sich etwas sehr Aufregendes. Ein unbekannter Lehrer an der Berliner Gewerbeschule, Friedrich Wöhler, stellte 1828 als erster eine organische Verbindung im Laboratorium her – aus anorganischen Stoffen, ohne eine übernatürliche Lebenskraft dafür in Anspruch zu nehmen. Es gelang ihm, Harnstoff künstlich herzustellen – zu synthetisieren. Harnstoff ist eine organische Verbindung, die durch den Eiweißstoffwechsel bei Menschen und Säugetieren entsteht und mit dem Harn ausgeschieden wird. Heute finden wir synthetischen Harnstoff in Düngemitteln und Futterzusätzen für Wiederkäuer, in Penicillinpräparaten, Schlaftabletten und in Kunststoffen.

Damals war Wöhlers Entdeckung eine Sensation – doch da mit ihr die Lebenskraft zu Grabe getragen wurde, weigerten sich viele, sie anzuerkennen. Friedrich Wöhler aber wurde einer der bedeutendsten Chemiker Deutschlands. Seine Entdeckung leitete eine neue Epoche in der Geschichte der Chemie ein.

Die organische Chemie war jenes Merkmals beraubt, das sie so grundsätzlich von der anorganischen Chemie

getrennt zu haben schien. Was blieb, das ist die Bezeichnung „organische Chemie“; sie wird verwendet für jenen Zweig der Chemie, der sich mit Verbindungen beschäftigt, die alle über ein besonderes Kennzeichen verfügen: Sie weisen in ihren komplizierten Molekülen Atome des Kohlenstoffs auf.

Während die anorganische Chemie keine großen Geheimnisse mehr zu offenbaren hatte – zumindest schien es damals so –, war das Gebiet der organischen Chemie noch völlig unerforscht. Wöhler verglich sie mit dem „Urwald der Tropenländer“, mit einem „ungeheuren Dickicht ohne Anfang und Ende“.

Forschungsstation Seltersberg

Eine alte, ehrwürdige Stadt ist dieses Gießen, die Hauptstadt der großherzoglichen Provinz Oberhessen, eng und winklig, schmale Gassen, eingerahmt von Fachwerkhäusern, die das Alter gezeichnet hat.

Auf dem Seltersberg, in dem ehemaligen Wachlokal einer Kaserne, hält Justus Liebig am 7. November 1824 vor zwölf Studenten seine erste Vorlesung. Viel zu klein sind die Räume. Viel zu primitiv ist die Einrichtung des Laboratoriums. Doch der jugendliche Professor, mit 21 Jahren nach Gießen berufen, leidenschaftlich, temperamentvoll, ungestüm, füllt es mit Leben, reißt Studenten und Mitarbeiter mit, setzt Ideenreichtum gegen Unzulänglichkeiten. Er begeistert alle, die mit ihm arbeiten.

Schnell verbreitet sich sein Ruf, denn nirgendwo sonst

auf der Welt gibt es ein Laboratorium, in dem Studenten experimentieren dürfen!

Hier auf dem Seltersberg entdeckt er eine neue Methode der Elementaranalyse. Sicherer und vor allem bedeutend schneller als bisher kann man nun jede organische Verbindung in ihre elementaren Bestandteile zerlegen; die genaue Masse für jedes an der Verbindung beteiligte Element bestimmen.

Vom ersten Morgengrauen bis zum Anbruch der Nacht wird gearbeitet. Tausende und aber Tausende organischer Verbindungen werden analysiert. Wie oft hat der Laboratoriumsdiener seine liebe Not, die Experimentierenden am Abend zu vertreiben, damit er Ordnung schaffen kann für die Arbeit des nächsten Tages. So werden in mühevoller Kleinarbeit Kenntnisse zusammengetragen und Erkenntnisse gewonnen. Die Fülle der Einblicke in die Geheimnisse der Natur gestatten es schließlich, das ungeheure Dickicht in eine übersichtliche Gartenlandschaft umzugestalten. Justus Liebig wird zum Begründer der modernen organischen Chemie.

Dann aber ist er des Laborierens müde. Mögen andere auf den Wegen weiterziehen, die er ihnen geebnet hat. Seine Gesundheit ist schwer erschüttert. Zu groß war das Maß an Arbeit, das er sich aufgebürdet hat. Doch will er nicht etwa ausruhen, obwohl er die Ruhe verdient hat – ihn drängt es mit jener Unrast, die den Forscher auszeichnet, zu einem neuen Thema:

Industriestädte blühen auf, sprunghaft sind die Anforderungen an die Landwirtschaft gestiegen. Sie kann ihnen nicht mehr gerecht werden. Europas Äcker sind



erschöpft. Ihre Fruchtbarkeit scheint zerstört. Von Jahr zu Jahr werden die Ernten kümmerlicher. Liebig will die Antwort finden auf eine der brennendsten Fragen seiner Zeit: Wovon ernähren sich die Pflanzen?

Aus den Ergebnissen seiner bisherigen Arbeit hofft Liebig, eine Antwort auf diese Frage ableiten zu können. Hat er erst einmal die Antwort gefunden, dann wird er auch die Mittel finden, mit denen man den Hunger der Pflanzen stillen kann – um den Hunger der Menschen zu überwinden.

Ein Buch voller Sensationen

Das ist ein Buch! Nicht schnell genug kann der Verlag neue Auflagen drucken lassen. Es erschien in deutscher, englischer und französischer Sprache. „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf die Agrikultur und die Physiologie.“ Der Autor des Buches ist Justus Liebig. Sehr unterschiedlich reagieren seine Leser. Hell begeistert sind die einen – die anderen verdammen Werk und Autor. Die einen lesen es als wissenschaftliche Offenbarung, für die anderen ist der Verfasser ein übler Scharlatan. Manch anderem wieder erscheint das Buch als ein Blick in die Zukunft.

Alle jedoch erregt die „Agrikulturchemie“!

Die Pflanzen entnehmen der Luft Kohlendioxid, dem Boden Wasser und die darin gelösten Mineralsalze. Aus diesen energiearmen anorganischen Stoffen synthetisieren die Pflanzen mit Hilfe der Sonnenenergie energiereiche organische Substanzen.



H_2O

O_2

CO_2

CO_2



H_2O

Mineralsalze

Was aber erhitzt die Gemüter so sehr? Im Laboratorium auf dem Seltersberg sind Tausende Pflanzenproben analysiert worden, und als Ergebnis hat sich herausgestellt, daß am Aufbau der Vielfalt der Pflanzenwelt nur ganz wenige Elemente beteiligt sind! In allen Pflanzenproben hat man vier Metalle gefunden – Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen – sowie sechs Nichtmetalle – Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel.

Das eine oder andere Element ist auch früher schon von Forschern in Pflanzensubstanzen entdeckt worden – hier aber soll es zum ersten Mal gelungen sein, alle, wirklich alle elementaren Zutaten zu registrieren, aus denen sich Pflanzen bilden. Vor allem soll nachgewiesen worden sein, daß alle Pflanzen aus den gleichen Zutaten bestehen – wenn auch die einzelnen Elemente bei den verschiedenen Pflanzen in unterschiedlichen Mengen beteiligt sein sollen.

Noch seltsamer erscheinen die Schlußfolgerungen aus dieser Erkenntnis. Da stellt Liebig alles auf den Kopf, was bislang als richtig galt: Alle mineralischen Stoffe, die sich in den Pflanzen nachweisen lassen, entziehen diese dem Boden, in dem sie wachsen – so behauptet es der Professor aus Gießen. Bisher hat niemand daran zu zweifeln gewagt, daß diese Stoffe in den Pflanzen entstehen, natürlich durch das Wirken der Lebenskraft – denn wer hat schon diesen Wöhler ernst genommen!

Der Kohlenstoff dagegen, der sich in so reichem Maße in allen chemischen Verbindungen der Pflanzen nachweisen läßt, der soll – nach Liebig's Meinung – aus der Luft stammen?

Sicher können die Pflanzen nicht ohne Kohlenstoff leben; aber lehren nicht alle, die etwas davon verstehen, daß als Kohlenstoffquelle nur jener gute dunkle Boden in Frage kommt, der aus der Verwesung von Pflanzenteilen entsteht und den man Humus nennt? Bringt nicht eben deshalb der Landmann den Mist auf die Felder; legt nicht deshalb jeder Gärtner Komposthaufen an?

Der wundervolle Kreislauf

Oft vermag Liebig – noch ehe alle Forschungsergebnisse vorliegen – weit vorausblickend Zusammenhänge zu erkennen, die den anderen verborgen bleiben.

So entdeckt er den großen Kreislauf der Natur.

Unerschöpflich ist der Vorrat an Kohlendioxid. Weit über 2 Billionen t befinden sich in der Atmosphäre, die unseren Planeten umhüllt. Das ist eine wahrhaft phantastische Vorratskammer! Aus ihr beziehen alle grünen Pflanzen den Kohlenstoff, ohne den sie nicht leben können.

Da die Kohlendioxidmoleküle sich mit mechanischen Mitteln nicht in ihre atomaren Bestandteile zerlegen lassen, müssen die Pflanzen chemische Arbeit leisten. Diese chemische Arbeit wird in den mikroskopisch kleinen Pflanzenzellen durchgeführt.

Schon 1665 hatte der englische Professor der Geometrie Robert Hooke entdeckt, daß jedes Pflanzengewebe aus kleinen „Schachteln“ oder Zellen zusammengesetzt ist. Aber es dauerte rund zweihundert Jahre, bis die Mikroskope soweit verbessert worden waren, daß man in das

Innere dieser geheimnisvollen „Schachteln“ blicken konnte. Dann aber öffnete sich den Forschern eine wunderbare Welt. Immer weitere Einzelheiten wurden erkennbar.

Heute stehen den Biologen Elektronenmikroskope zur Verfügung. Die Zahl der Einzelheiten, die man nun in den Zellen beobachten kann, hat sich mehr als vertausendfacht!

Jede lebende Zelle ist ein geradezu ideales chemisches Kombinat. Die Zerlegung des Kohlendioxids in seine elementaren Bestandteile ist nur einer von rund zweitausend chemischen Prozessen, die alle zur gleichen Zeit ablaufen können – in einer einzigen, mikroskopisch winzigen Zelle!

Den Sauerstoff, der bei der „Bearbeitung“ des Kohlendioxids frei wird, brauchen die Pflanzen nicht; sie scheiden ihn aus. So reichern Pflanzen die Atmosphäre ständig mit Sauerstoff an, dem Element, dem man kurz nach seiner Entdeckung den Namen „Lebensluft“ gegeben hat – seit rund zwei Milliarden Jahren wird von den grünen Pflanzen der Sauerstoffgehalt der Erde aufrechterhalten.

Der Kohlenstoff wird als Baumaterial für das Pflanzengewebe verarbeitet. Seine Atome finden wir wieder in den zahllosen organischen Verbindungen, die in der Pflanzenwelt aufgebaut werden. Zehntausende unterschiedlicher Verbindungen lassen sich in jeder Zelle nachweisen, und keine dieser Verbindungen ist denkbar ohne den Kohlenstoff.

Wenn man Pflanzen trocknet, ihnen alles Wasser ent-

Schematische, vergrößerte Darstellung pflanzlicher Zellen.



zieht, das in ihren Geweben gespeichert ist, dann bleibt eine unansehnliche, trockene Substanz zurück. Die Elementaranalyse gibt Auskunft darüber, aus welchen Elementen diese Trockensubstanz zusammengesetzt ist: Der Kohlenstoff steht an der Spitze aller nachweisbaren Elemente. Das saftige grüne Gras der Wiesen und Weiden, die strohgelben Ähren der Getreidefelder, die vitaminreichen Früchte der Bäume und Sträucher, die farbenprächtigen Blüten der Orchideen, die bemoosten Stämme uralter Baumriesen – rund die Hälfte all ihrer Trockensubstanzen besteht aus Kohlenstoff – und der stammt in jedem Fall aus einem unsichtbaren Gas.

Was die Pflanzen noch benötigen, um organische Substanzen synthetisieren zu können, entziehen sie dem Boden. Tief greifen sie mit ihren verzweigten Wurzelsystemen hinein in die unterirdischen Speisekammern. Die andere Hälfte der Trockensubstanz der Pflanzen besteht also aus Elementen, die am Aufbau unserer Erdkruste beteiligt sind, aus verwitterten Bestandteilen der Erdrinde, aus dem Reich der Mineralstoffe.

Wie aber die Pflanzen die anorganischen Verbindungen aus dem Reich der Mineralstoffe so zerlegen, daß sie zu „ihren“ Elementen gelangen, wie in ihren Zellen die ungeheure Vielfalt organischer Verbindungen synthetisiert wird – das ist noch längst nicht in allen Einzelheiten bekannt. Forscher suchen die richtigen Lösungen der vielen noch ungelösten Rätsel.

Es ist eine abenteuerliche und erregende Welt, auf die

Die Trockensubstanz aller Pflanzen der Welt besteht etwa zur Hälfte aus Kohlenstoff.



wir in den Forschungszentren von heute stoßen. Die verschiedenen Fachrichtungen der Biologie, deren Vertreter wir dort treffen, kennt der Laie meist nicht einmal dem Namen nach. An der Seite der Biologen stehen Physiker und Mathematiker, Chemiker und Mediziner. Elektronenmikroskope, Isotope und elektronische Datenverarbeitungsanlagen gehören heute zu den unentbehrlichen Mitteln, ohne die ein tieferes Eindringen in die Geheimnisse der Pflanzenwelt unmöglich geworden ist.

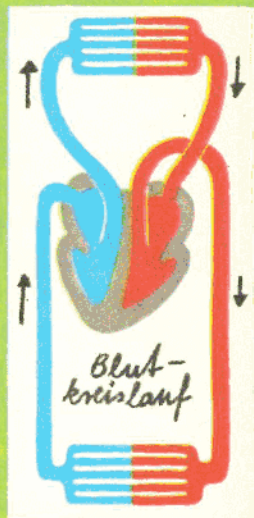
Zu Liebigs Zeiten ahnte man noch nicht, daß einmal die Mathematik zu einem der wichtigsten Werkzeuge der Biologie werden könnte. Es ging auch noch nicht darum, die Aufgaben der organischen Verbindungen im Organismus der Pflanzen zu erkunden. Auch ohne die tiefere Kenntnis der Vorgänge in den Zellen ließ sich der große Kreislauf der Elemente erkennen.

„Die Pflanzen“, so schrieb Justus Liebig, „bilden das Blut der Tiere.“ Dieser Satz enthält mehr als eine bildhafte Beschreibung. Denn während sich die Pflanzen nur von anorganischen Stoffen ernähren, können die Tiere ihren Hunger einzig und allein mit organischen Stoffen stillen, die von den Pflanzen produziert werden – auch die Raubtiere. Letzten Endes ernähren auch sie sich von Pflanzen, wenn auch über einen kleinen Umweg.

So bilden die Pflanzen – direkt oder auf mancherlei Umwegen – auch das Blut des Menschen.

Unser Blut – das eine Vielzahl von Aufgaben zu erfüllen hat – transportiert unter anderem alle lebensnotwendig-

Die Pflanzen liefern alle Stoffe, die der Mensch zum Leben braucht.



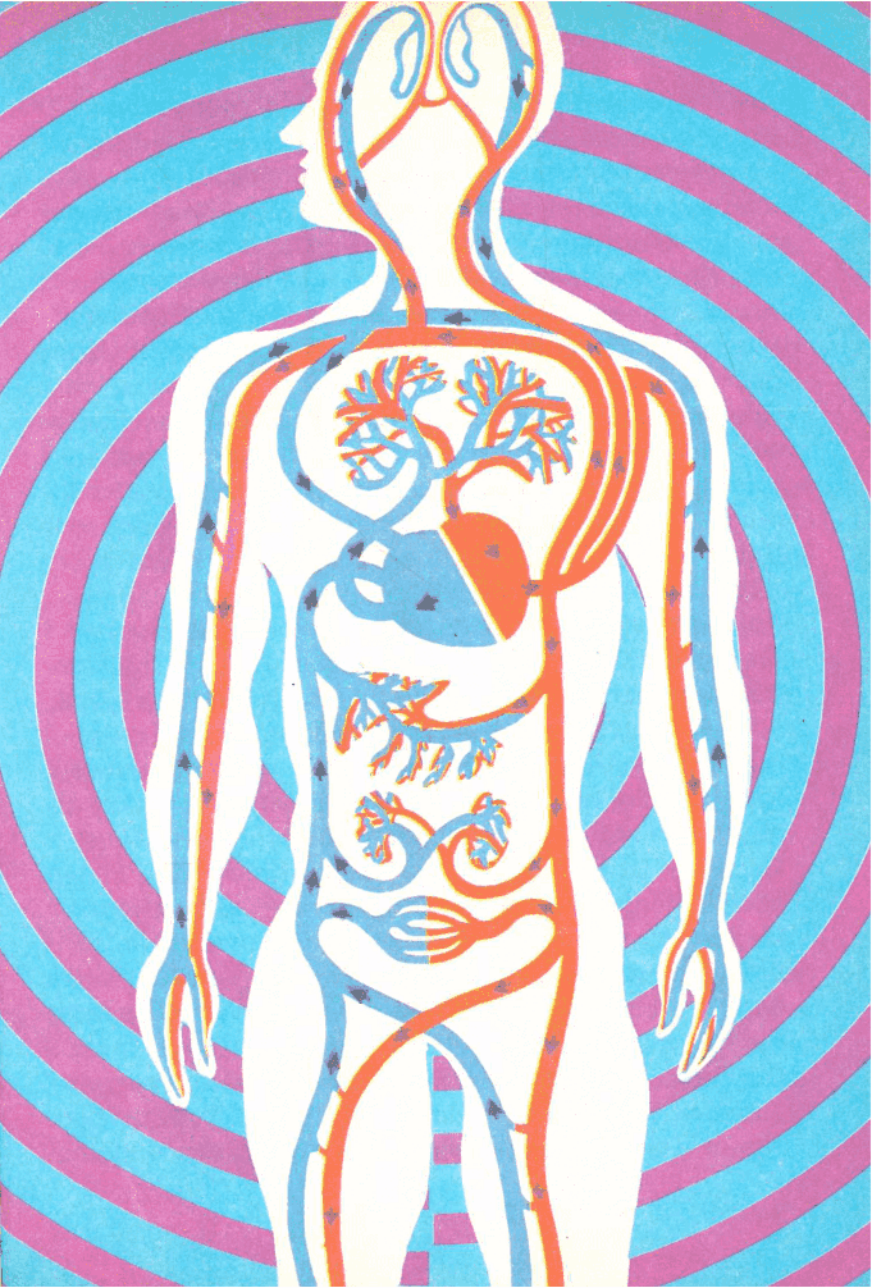
gen Stoffe bis in die entferntesten Zellen unseres Körpers. So erhält jede Körperzelle die Stoffe, die sie benötigt – vorausgesetzt, wir ernähren uns richtig.

Ohne die Mitwirkung des Elementes Sauerstoff, den wir durch unsere Lungen aufnehmen, könnten die zahllosen chemischen Prozesse in unserem Körper nicht ablaufen. Ohne ihn könnten die „energiebeladenen“ Nährstoffe nicht „verbrannt“, nicht oxydiert werden, wäre unser Körper kalt wie ein Ofen ohne Feuerung, könnten unsere Muskeln so wenig leisten wie ein Elektromotor ohne Elektroenergie. Erstaunlich groß sind die Sauerstoffmengen, die wir benötigen – durchschnittlich 900 l Sauerstoff in 24 Stunden! Paarweise sind seine Atome zusammengekettet zu Sauerstoffmolekülen. So wird der Sauerstoff über die Lungenbläschen eingeschleust und von den roten Blutkörperchen weitertransportiert.

Auf Haupt- und Nebenstraßen und über ein fein verzweigtes Netz feinsten Äderchen wird das mit Sauerstoff, Nährstoffen, Säuren, Basen, Salzen, Wirkstoffen und Hormonen angereicherte Blut durch den Körper gepumpt. An dieses Versorgungsnetz – es ist rund 160 000 km lang – sind alle Zellen angeschlossen. Jede Zelle entnimmt dem Blut die Stoffe, die sie benötigt.

Ein Teil der Stoffe wird als Baumaterial verbraucht; denn ununterbrochen muß das komplizierte Zellgebäude erneuert werden, müssen in einem festgelegten Rhythmus alle Bausteine, aus denen die Zelle zusammengesetzt ist, ausgewechselt werden.

Blutkreislauf des Menschen. Das sauerstoffarme Blut ist blau, das sauerstoffreiche Blut rot dargestellt.



Ein Teil der Stoffe dient als Brennstoff. Eine Verbrennung ist eine chemische Stoffumwandlung, bei der Energie freigesetzt wird – und für diese chemischen Umwandlungsprozesse wird Sauerstoff gebraucht. Am Ende der energieliefernden Verbrennungsprozesse, die in unserem Körper ablaufen, bleibt als Asche das Kohlendioxid zurück. In seinen Molekülen finden wir die Sauerstoffatom-Pärchen wieder, jedes an ein Kohlenstoffatom gebunden.

Das Blut fungiert auch als Müllabfuhr – hat es den Sauerstoff abgeladen, nimmt es das Kohlendioxid auf und transportiert es zur Lunge. Durch die gleichen hauchdünnen Wände der Lungenbläschen, durch die der Sauerstoff eingeschleust wird, werden die Kohlendioxidmoleküle ausgeschleust.

So wird die Atmosphäre ständig von Menschen und Tieren mit Kohlendioxid angereichert – zum Wohle der Pflanzen, denen die „verbrauchte Luft“ Nahrung bietet; und was von dem nahrhaften Gas übrigbleibt, der Abfall der täglichen Kohlenstoff-Mahlzeiten der Pflanzenwelt, füllt ständig aufs neue den Sauerstoffvorrat der Atmosphäre auf – zum Wohle der Menschen und Tiere.

Doch das ist nur ein Teil des großen Kreislaufes, in den alle Elemente einbezogen sind, die dem Leben dienen.

Ungestört verläuft der Kreislauf der Elemente, die dem Erdreich entstammen, nur dort, wo die Pflanzen eines natürlichen Todes sterben. Dort verrotten die Überreste der Pflanzen und werden letzten Endes wieder zu Erde.

Die Ernten der Äcker, der Plantagen und Gärten kommen – soweit sie nicht der Industrie als Rohstoff dienen – zu einem Teil direkt in Nahrungsmittelfabriken oder auf

dem Umweg über den Magen der Tiere in unsere Speisekammern und Kühlschränke. Sie decken unseren Bedarf an Nahrungs- und Genußmitteln.

Auf dem langen Weg vom Feld zum Verzehr gibt es viele Abfälle; und Abfälle gibt es auch, wenn die Nahrung verdaut worden ist. In Abfallgruben und auf Müllplätzen, auf Misthaufen und Rieselfeldern, in Jauchegruben und auf Komposthaufen sammeln sich die Überreste der Ernten.

Was immer auch übrigbleibt von den Pflanzen – stets handelt es sich noch um organische Substanzen, um Stoffe, die als Nahrung für die Pflanzenwelt nicht in Frage kommen.

Das letzte Glied im großen Kreislauf der Natur schließen die Bakterien! In 1 g des Erdbodens leben mehr dieser Lebewesen, als die Erde Mensch trägt. Diese Bakterien zerlegen jede organische Substanz, die kein Leben mehr trägt. Sie verarbeiten die organischen Überreste einstigen Lebens zu anorganischen Stoffen, zu Mineralstoffen. Sie stehen von neuem den Pflanzen als Nahrung zur Verfügung.

Soll und Haben

Da verspricht doch dieser Liebig jedem, der seinem Rat folgt, eine Verdoppelung der Ernten innerhalb von zehn Jahren! Von einem Acker soll der Bauer nach zehn Jahren soviel ernten können wie heute von einer Fläche, die doppelt so groß ist – und er soll weder mehr Arbeit noch mehr Zeit aufwenden müssen!

Was vielen so unbegreiflich schien, das war in Wirklichkeit höchst einfach und selbstverständlich: Wenn man den Hunger der Menschen stillen will, dann muß man den Pflanzen genügend Nahrung geben. Denn mit jedem Sack Getreide und jeder Fuhre Kartoffeln, die man in die Stadt fährt, mit jedem geschlachteten Schwein oder Rind, das man auf den Markt bringt, ja selbst mit der Milch und den Eiern verkauft man zugleich auch die Nährstoffe des Ackers, und diese Nährstoffe sind unwiederbringlich verloren.

Immer hat man nur darauf geachtet, daß der Acker etwas einbringt; immer hat man den Acker als ein unerschöpfliches Guthaben betrachtet. Doch niemand hat daran gedacht, daß diesem Guthaben ständig etwas entnommen, aber nur sehr selten etwas hinzugefügt wird. Jedes Konto hat jedoch zwei Seiten, eine Soll- und eine Haben-Seite. Nicht ungestraft darf man von einem Konto immer nur abbuchen, ohne seinen Bestand auch wieder aufzufüllen.

Damit ist das Rätsel der sich häufenden Mißernten gelöst. Raubbau ist getrieben worden an bestimmten mineralischen Bestandteilen der Äcker. Nun sind die Äcker erschöpft. Soll und Haben müssen wieder in Einklang zueinander gebracht werden.

Doch nicht allein diese Erkenntnis liefert Liebig. Er erklärt auch, wie den Äckern die Fruchtbarkeit zurückgegeben werden kann, wie innerhalb von zehn Jahren die Ernten verdoppelt werden können.

Die Erfahrung, daß Düngung den Reichtum der Felder zu mehren vermag, ist so alt wie die Landwirtschaft selbst. Die Menschen der Steinzeit hatten ihre Äcker mit der



Asche der niedergebrannten Wälder gedüngt. Die ägyptischen Bauern wußten um die wunderbare Wirkung des Schlammes, den der Nil nach den regelmäßigen Überschwemmungen zurückließ. Früh war auch die düngende Wirkung von Mist, Jauche und Mergel erkannt worden.

Als die aufblühende Industrie die Menschen in die Städte zog und die Anforderungen an die Landwirtschaft fast sprunghaft in die Höhe trieb, da war immer wieder gefordert worden, man solle alles, was sich an pflanzlichen und tierischen Abfällen auftreiben ließ, auf die Felder bringen. Denn alles, was einmal lebende Substanz gewesen sei, müsse auch neues Leben hervorbringen können.

Ist alles falsch, was aus der Beobachtung der Natur zu Erfahrung geworden ist? Stimmt nichts von dem, was die Lehrer lehrten? Asche und Schlamm, Mist und Jauche – so sagt Liebig – sind völlig unzureichende Dünger, weil in den meisten Fällen viel zuwenig von diesen Düngern auf die Äcker gebracht wird. Überdies: Die Pflanzen ernähren sich gar nicht von den organischen, sondern von anorganischen Stoffen.

Salze des Lebens

Überraschung und Verwirrung herrscht unter Liebig's Zeitgenossen.

Salz – das sollte der Stein der Weisen sein! Salz soll reiche Ernten zaubern! Eine lächerliche Vorstellung – doch was soll schon dabei herauskommen, wenn ein

Apotheker sich mit Dingen beschäftigt, die ihn nichts angehen und von denen er nichts verstehen kann. Nichts hatten die „sachkundigen“ Kritiker begriffen, weder die Lehren Liebig's noch die Tatsache, daß die Chemie eine Wissenschaft ist, ohne die die Landwirtschaft nicht mehr auskommen kann. So hatten sie auch nicht verstanden, daß Liebig nicht schlechthin Salz empfohlen hat, um den Hunger der Pflanzen zu stillen. Wenn man das Wort Salz hört, dann denkt man zunächst einmal an das Kochsalz – doch das ist nur ein Salz unter vielen. Genaugenommen ist Kochsalz sogar ein Gemisch von Salzen. Mit jedem Kilogramm Kochsalz kaufen wir etwa 970 g einer chemischen Verbindung, die man Natriumchlorid nennt. Jedes seiner Moleküle ist zusammengesetzt aus einem Atom des Elementes Natrium und einem Atom des Elementes Chlor. Die restlichen 30 g sind andere Salze, gewissermaßen Verunreinigungen. In bestimmten, allerdings nur sehr geringen Mengen ist das Kochsalz lebenswichtig für den menschlichen Organismus. Selbst im Leben der Kulturpflanzen scheint nach neueren Erkenntnissen das Natriumchlorid eine wichtige Rolle zu spielen – ganz im Gegensatz zu bisher gültigen Vorstellungen. Tomaten, so stellte sich heraus, gedeihen besser, wenn sie eine geringe Menge Kochsalz zu ihrer Nahrung erhalten. Doch nicht dieses Salz meinte Liebig. Er empfahl eine Düngung mit jenen Salzen, die im Gefüge ihrer Moleküle Atome der Elemente besitzen, nach denen in der Pflanzenwelt besondere Nachfrage besteht – zum Beispiel Atome des Phosphors.

Wie kommt der Phosphor ins Gehirn?

Eines der stärksten Gifte ist weißer Phosphor; selbst der Bruchteil von 1 mg ist eine für den Menschen tödliche Dosis – der Körper eines erwachsenen Menschen aber enthält, wenn er gesund und richtig ernährt ist, bis zu 800 g Phosphor. Den größten Teil dieses Phosphors finden wir in den Knochen und in den Zellen des Gehirns. Da unser Körper ein ewiger Bauplatz ist und die Bausteine seiner Zellen ständig gegen neue ausgetauscht werden, muß jeder Mensch an jedem Tag 1,5 g Phosphor zu sich nehmen, eingebettet in die verschiedenartigsten organischen Phosphorverbindungen einer vielseitigen und abwechslungsreichen Nahrung.

Besonders reich an Phosphorverbindungen ist die Milch. Mit 1 l Milch können wir nahezu 1 g Phosphor zu uns nehmen.

Wir Menschen können also einen großen Teil unseres Phosphorbedarfes aus der Milch decken – wie aber kommt die Kuh zum Phosphor? Sein Anteil an ihrer Körpermasse beträgt immerhin 1%! Wenn sie täglich 20 l Milch geben soll, dann muß sie auch Tag für Tag mehr als 50 g dieses Elementes mit ihren täglichen Futterrationen aufnehmen, mit dem Heu der Wiesen, den Blättern der Rüben, dem Hafer des Kraftfutters, der jungen Luzerne und dem Futterstroh. Da die einzelnen Futtermittel sehr unterschiedliche Phosphormengen enthalten, ist es durchaus nicht gleichgültig, wie die Speisefolge zusammengesetzt ist – der Hafer beispielsweise enthält zehnmal mehr Phosphor als die Futterrüben.

Und wie kommt der Phosphor in den Hafer und in die Rüben? Wo wird das erste Glied dieser Kette geschmiedet?

Der Phosphor, den die Pflanzen in recht beachtlichen Mengen zu ihrer Ernährung benötigen, muß im Boden als anorganische Verbindung vorliegen, als ein leicht lösliches Salz. Nur dann kann er von den Pflanzen mit den Wurzeln aus dem Boden aufgenommen und zum Aufbau organischer Phosphorverbindungen verwendet werden – und so gelangt der Phosphor beispielsweise in die Milch, in die Knochen und auch ins Gehirn.

Die Pflanzen brauchen also außer dem Kohlenstoff und dem Wasser verschiedene Mineralsalze, die entweder aus verwitterten Bestandteilen der Erdkruste oder aus mineralisierten organischen Substanzen stammen. Mit jeder Ernte werden dem Boden lebenswichtige Elemente entzogen, bis die Vorräte der Natur eines Tages aufgezehrt sind. Die Pflanzen hungern, und hungernde Pflanzen wachsen nur kümmerlich, leiden an Mangelkrankheiten, sterben schließlich, ohne den Zweck ihres Daseins für den Menschen, der sie angebaut hat, erfüllt zu haben. Mit entsprechenden Mineralsalzen aber – oder mit chemischen Verbindungen, die sich im Boden in Mineralsalze umwandeln –, so schlußfolgerte Liebig, muß sich das Nährstoffdefizit der Äcker ausgleichen lassen. Es wird eine Zeit kommen, schrieb er, „wo man den Acker, wo man jede Pflanze, die man darauf erzielen will, mit dem ihr zukommenden Dünger versieht, den man in chemischen Fabriken bereitet“. In den Zeitungen aber machte man sich lustig über Liebig, verspottete man ihn – ihn und den „Kunstdünger“.

Doch selbst jene, die an ihn glaubten, hätten nicht für möglich gehalten, daß ein Jahrhundert später die chemische Industrie in einem einzigen Jahr einigé 100 Millionen t Mineraldünger produzieren würde, in denen 60 Millionen t der wichtigsten Pflanzennährstoffe enthalten sind. Wer hätte gar prophezeit, daß am Beginn des 21. Jahrhunderts in der Welt so viel Mineraldünger produziert werden müssen, daß allein die reinen Nährstoffe, die in ihnen enthalten sind, mindestens 200 Millionen t wiegen werden?

Wo die Minderheit diktiert

Jeder Pflanzennährstoff hat seine ganz speziellen Aufgaben, keiner kann durch einen anderen ersetzt werden, keiner kann an die Stelle eines anderen treten. Das gilt sowohl für den Phosphor und den Stickstoff, das Kalium und das Kalzium, die in ganz erheblichen Mengen verbraucht werden, als auch für die, die teilweise in nur kaum erkennbaren Spuren vorhanden zu sein brauchen und deren genaue Anzahl sich auch heute noch nicht mit absoluter Sicherheit angeben läßt.

Alle Pflanzennährstoffe, gleich, in welchen Mengen sie auf die Äcker gebracht werden müssen – sind gleichberechtigte Partner.

An dem „Unternehmen Futterrübe“ zum Beispiel sind –

Futterrüben benötigen zum Wachstum ein bestimmtes Mengenverhältnis von Kalzium (weiß), Phosphor (gelb), Stickstoff (grün) und Kalium (violett).



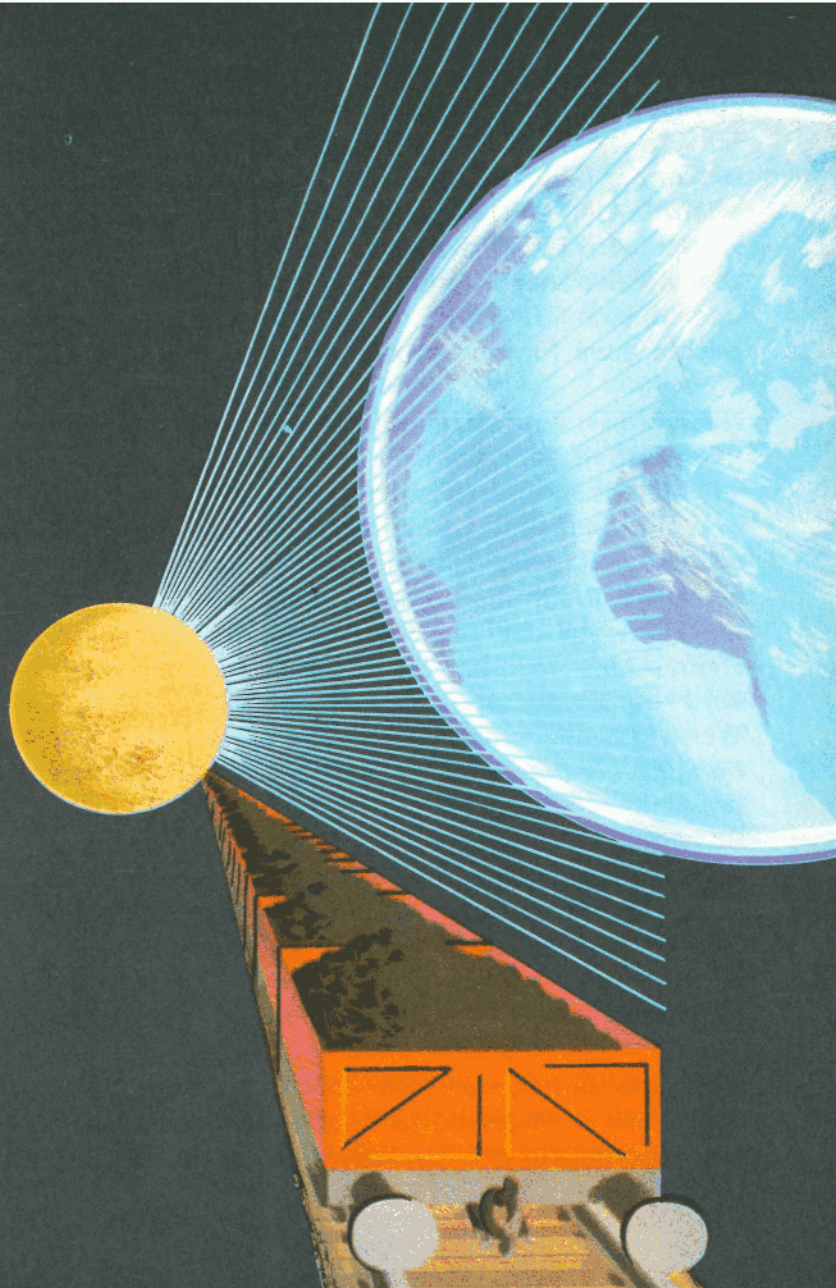
neben vielen anderen – vier Elemente in ganz erstaunlichen Mengen beteiligt. Sollen die Rüben kräftig wachsen und ein gesundes Futter ergeben, dann müssen im Boden eine bestimmte Menge Kalzium – aber auch etwa doppelt soviel Phosphor, viermal soviel Stickstoff und zehnmal soviel Kalium vorhanden sein.

Befindet sich im Boden beispielsweise zuwenig Phosphor, dann nützt es den Rüben nichts, wenn alle anderen Elemente in ausreichenden Mengen vorhanden sind. Fast könnte man die Lage vergleichen mit der eines Betriebes, in dem aus einer Vielzahl von Einzelteilen Maschinen montiert werden sollen. Ist nur ein einziges Teil nicht zur rechten Zeit in ausreichender Anzahl vorhanden, muß die Produktion ins Stocken geraten. Die Möglichkeit, fertige Maschinen ausliefern zu können, wird durch die Teile begrenzt, von denen die geringste Stückzahl am Lager ist. Im Leben der Pflanzen begrenzt stets der Nährstoff die Produktion von Pflanzengewebe, der in unzureichendem Maße zur Verfügung steht. Oder anders ausgedrückt: Der Ertrag eines Bodens hängt in erster Linie von dem Pflanzennährstoff ab, der im Boden am wenigsten vorhanden ist.

Auch hinter dieses Geheimnis kam Liebig. Er nannte die von ihm entdeckte Gesetzmäßigkeit das „Gesetz vom Minimum“, das Gesetz des kleinsten Wertes.

Pflanzen holen das Feuer vom Himmel

Vergeblich hat der Mensch bisher versucht, Sonnenenergie mit technischen Mitteln so wirkungsvoll aus-



zunutzen wie die Pflanzen. Sie fangen das Sonnenlicht ein, gewinnen mit Hilfe seiner Energie aus dem Kohlendioxid der Luft den Kohlenstoff. So entreißen die Landpflanzen der Luft in jedem Jahr etwa 20 Milliarden t Kohlenstoff! Wollte man diesen Kohlenstoff in Form von Steinkohle transportieren, dann brauchte man dazu weit über eineinhalb Milliarden Eisenbahnwaggons – der Zug reichte etwa fünfundvierzigmal von der Erde bis zum Mond!

Noch größer aber ist die Kohlenstoffmenge, die von der Pflanzenwelt der Ozeane gebunden wird – sie wird auf 140 Milliarden t geschätzt!

In den Kohlenstoffverbindungen, die die grüne Pflanze synthetisiert, wird eine gewaltige Energiemenge gespeichert. Wenn die Kohlen in den Öfen glühen, wenn die Flammen der Lagerfeuer prasseln, dann wird in chemischen Prozessen die gespeicherte Energie befreit, wird umgewandelt in Wärmeenergie. Auf ähnliche Weise gewinnt unser Körper aus organischen Verbindungen die Energie, die er für die Lebensprozesse braucht.

So verdankt alles Leben auf unserem Planeten seine Existenz der Fähigkeit der Pflanzen, das „Feuer vom Himmel zu holen“ und für uns nutzbar zu machen.

Alle Ernten der Welt

Heiß geht es her, wenn Erntezeit ist – ob bei der Ernte der Rüben in Magdeburgs braunschwarzer Börde oder des Roggens auf den sandigen märkischen Feldern, ob

beim Roden der Kartoffeln auf Mecklenburgs Äckern oder bei der Weinlese an der Mosel, ob auf den Reisfeldern im Delta des Mekong oder auf den Kaffeeplantagen von São Paulo, ob auf ägyptischen Baumwollfeldern oder kubanischen Zuckerrohrplantagen, ob auf den horizontweiten Weizenfeldern des nordkasachstanischen Neulandes oder der kanadischen Prärieprovinzen.

Wenn die Ernten der Welt eingebracht sind und in Rom die Statistiker der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen Bilanz ziehen, dann stellt sich heraus: Alle Ernten der Welt, eingebracht in einem einzigen Jahr, ergeben den stattlichen Betrag von mehr als 2 Milliarden t Pflanzenmasse.

In den Büros dieser Sonderorganisation der UNO werden zahllose Informationen gesammelt und ausgewertet. Aufbereitet finden wir diese Informationen dann wieder in den Zahlenkolonnen der umfangreichen Statistiken. Ihnen können wir beispielsweise entnehmen, daß in den 2 Milliarden t Pflanzenmasse, die in jedem Erntejahr geerntet werden, an die 100 Millionen t Stickstoff stecken – aber wir können den Statistiken auch entnehmen, daß nicht viel mehr als zwei Zehntel dieser Stickstoffmenge den Äckern durch die Mineraldüngung zurückgegeben wird! Die Ernten der Welt entziehen den Böden, auf denen sie gewachsen sind, mehr als 20 Millionen t Phosphor und über 60 Millionen t Kalium.

Was die Statistiken verschweigen, weil niemand in der Lage ist, den wirklichen Umfang des Schadens mit genauen Zahlen zu beschreiben, ist die Tatsache, daß den

Äckern noch weit mehr Nährstoffe entzogen werden, als in der geernteten Pflanzenmasse enthalten ist – denn ungleich „gefäßiger“ als die Kulturpflanzen sind die Unkräuter. Wir können nur schätzen, daß die Unkräuter die Ernten der Welt um etwa ein Drittel schmälern – wieviel Millionen Tonnen Nährstoffe rauben sie aber wirklich in einem Jahr?

Die Elemente Stickstoff, Phosphor, Kalium und Kalzium werden als die Kernnährstoffe angesehen. Sie werden dem Boden in so großen Mengen entzogen, daß in nahezu allen Kulturböden der Welt ein erheblicher Mangel besteht. Obwohl jährlich viele Millionen Tonnen Mineraldünger ausgebracht werden, mit denen diese Elemente dem Boden zurückgegeben werden sollen, wächst das Defizit der Äcker noch immer.

Welche Rolle spielen die vier Säulen der Pflanzenernährung im Leben der Pflanzen – und im Leben des Menschen? Wo kommen sie her, die Dünger aus der Retorte? Reichen die Rohstoffe der Mineraldüngerproduktion auch für die Welt von morgen?

Acht Gramm Stickstoff brauchst du täglich

Das Gas Stickstoff läßt jede Flamme verlöschen, in reinem Stickstoff kann keine Pflanze leben, kein Tier, kein Mensch; in reinem Stickstoff erstickt jedes Leben. Doch ohne dieses scheinbar so lebensfeindliche Element kann es kein Leben geben! Die Pflanzen brauchen es. Die

Beteiligung des Stickstoffs an den Lebensvorgängen in den Pflanzen.



erhöht das
Massenwachstum
der Blätter und deren
Eiweißgehalt

ist
wesentlicher
Eiweiß-
bestand-
teil

erhöht den
Strohertrag

erhöht das
Massenwachstum
der Rübe

erhöht die Lager-
festigkeit

N

gibt den Blättern
eine saftige dunkelgrüne
Farbe

ist Motor
für das gesamte
Pflanzenwachstum

ist bei
Leguminosen
als Startstickstoff
nötig

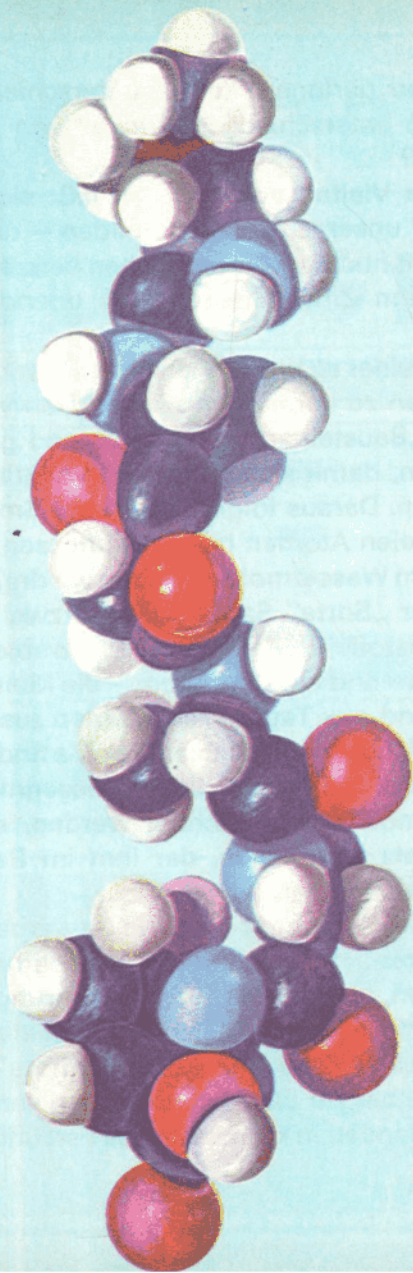
Tiere brauchen es. Der Mensch braucht an jedem Tag 8 g davon!

Zwei Drittel aller Menschen erhalten ihre tägliche Stickstoffration nicht – obwohl wir in einem Meer von Stickstoff leben. Nahezu 80% des Gasgemenges Luft, das die Atmosphäre unseres Planeten bildet, besteht aus Stickstoff. An die 2800 l Stickstoff strömen täglich durch unsere Lungen – doch nicht ein einziges Atom davon kann unser Körper sich nutzbar machen. Denn der elementare Stickstoff ist träge. Seine Atome kommen, wie wir es bereits bei den Sauerstoffatomen kennengelernt haben, immer nur paarweise vor; immer bilden zwei Atome ein Stickstoffmolekül. Um sie auseinander zu bringen, benötigt der Mensch komplizierte technische Anlagen. Getrennt werden müssen sie aber; denn nur als „Einzelgänger“ sind Stickstoffatome bereit, sich mit Atomen anderer Elemente zu verbinden.

Zu den Stickstoffverbindungen zählen die Eiweiße. Sie sind die Grundbausteine des Lebens, die Träger aller Lebensprozesse. Eiweiß – das ist eine Sammelbezeichnung für eine kaum vorstellbar große Vielzahl von unterschiedlichen Eiweißstoffen.

Daß diese Vielfalt unterschiedlicher Eiweißstoffe aus nur vier bis fünf Zutaten gebildet werden kann, mag manchen verblüffen. Denn außer dem Stickstoff finden wir in den Eiweißmolekülen nur die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff vertreten, häufig auch noch Schwefel oder Phosphor. Wie aber ist es möglich, aus

Teil der Hauptkette eines Eiweißmoleküls (Darstellung eines Modells).



einer so geringen Anzahl unterschiedlicher Bausteine eine so unterschiedliche Vielfalt von „Mustern“ zu gestalten?

Welche Vielfalt von Wörtern läßt sich aus den Buchstaben unseres Alphabets bilden – und sie alle lassen sich mit nur zwei Morsezeichen verschlüsseln! Mit Hilfe von zehn Ziffern lassen sich unendlich viele Zahlen bilden!

Um zu einer so großen Anzahl unterschiedlicher Eiweiße kommen zu können, muß man also von jeder elementaren „Bausteinart“ eine genügend große Anzahl verwenden, damit sich genügend Variationsmöglichkeiten ergeben. Daraus folgert, daß Eiweißmoleküle aus sehr, sehr vielen Atomen bestehen müssen.

In jedem Wassermolekül finden wir drei Bausteine: einen von der „Sorte“ Sauerstoff und zwei von der „Sorte“ Wasserstoff. Zu jedem Kochsalzmolekül gehören ein Natrium- und ein Chloratom – die Moleküle der Eiweiße aber sind aus Tausenden Atomen zusammengefügt, ja in den Molekülen mancher Eiweiße finden wir bis zu zehn Millionen Atome! In diesen Riesenmolekülen, die als Makromoleküle bezeichnet werden, muß jedes Atom den Platz einnehmen, der ihm im Bauplan der Natur vorgezeichnet ist.

Manches Geheimnis der Eiweiße werden wir später noch aufspüren; hier wollen wir uns damit begnügen festzustellen, daß unsere tägliche Nahrung uns Energie und Baustoffe liefern soll. Als Energielieferanten dienen in erster Linie Fette und Kohlenhydrate. Alles, was nicht unmittelbar zur Energiegewinnung verbrannt wird, wird umgewandelt in körpereigenes Fett und gespeichert. Die

1 2 3 4 5 6 7 8 9...

A B C D E F G H...

Morsealphabet

•

E

• — •

R

— •

N

—

T

•

E

Aufbau der Eiweißmoleküle



Kohlenstoff



Wasserstoff



Sauerstoff



Stickstoff



Baustoffe zur ständigen Erneuerung der Bausteine aller Zellen werden hauptsächlich den Eiweißstoffen entnommen. Zwar können auch Eiweiße verbrannt werden, wenn nicht genügend andere Energielieferanten bereitstehen – umgekehrt aber können die Hauptenergielieferanten nicht die Rolle der Eiweiße übernehmen. Eiweiße können also nicht durch andere Stoffe ersetzt werden – und sie können auch nicht gespeichert werden. Deshalb müssen wir unsere tägliche Eiweißration mit der täglichen Nahrung zu uns nehmen. Eine – allerdings sehr grobe – Formel besagt, daß jeder Mensch für jedes Kilogramm seiner Körpermasse täglich 1 g Eiweiß benötigt. Da die Moleküle der verschiedenen Eiweiße aus unterschiedlichen Bausteingruppen zusammengesetzt sind, soll etwa die Hälfte unserer täglichen Eiweißration aus pflanzlicher und die andere Hälfte aus tierischer Produktion stammen, denn jeder Eiweißstoff hat ganz spezielle Aufgaben.

Die Atome des Stickstoffs aber sind an jedem Eiweißmolekül mit 15% bis 18% beteiligt. Deshalb braucht jeder Mensch an jedem Tag etwa 8 g Stickstoff.

Die meisten Pflanzen fördern den Stickstoff aus dem Boden. Sie verarbeiten ihn zu den Baustoffen des Lebens; und auf diese Stoffe sind Tiere und Menschen angewiesen.

Die Riesenmoleküle der Pflanzeneiweiße werden im tierischen Organismus in Bausteingruppen zerlegt. Diese

Eiweißgehalt einiger Nahrungsmittel. Die Zahlen geben an, wieviel Gramm Eiweiß in 100 Gramm des jeweiligen Nahrungsmittels enthalten sind.



17,6

22,5

3,4

12,6

17,4

1,6

12,3

7,4

5,4

10,9

23,1

2,5

0,4

1,3

Bausteingruppen werden Aminosäuren genannt. Sie stellen recht kompliziert gebaute chemische Verbindungen dar, gewissermaßen vorgefertigte Baugruppen. Zwanzig verschiedene Arten von Aminosäuren sind am Aufbau der Eiweißstoffe beteiligt, die für unsere Ernährung benötigt werden.

Die Pflanzen synthetisieren also Aminosäuren und fügen diese zusammen zu den Riesenmolekülen der Pflanzeiweiße. In den tierischen Zellen werden diese Riesenmoleküle wieder zerlegt in ihre Bausteine, die Aminosäuren. Es geschieht etwas, was die menschliche Zelle nicht fertigbringt – ein Teil der Aminosäuren wird umgebaut, dient als Ausgangsstoff für die Bildung jener acht Aminosäuren, die nur im tierischen Körper aufgebaut werden können. So fügt die tierische Zelle die von den Pflanzen synthetisierten Aminosäuren – unter Verwendung der „umgebauten Bausteine“ – zu den tierischen Eiweißstoffen zusammen. Deshalb sind wir darauf angewiesen, unseren Bedarf sowohl aus pflanzlichen als auch aus tierischen Eiweißen zu decken. Unsere Ernährung ist dann vollwertig, wenn vor allem jene acht unersetzlichen Aminosäuren in einem bestimmten Verhältnis in ihr enthalten sind. Das einzige Nahrungsmittel, das diese Voraussetzungen erfüllt, ist die Muttermilch. In allen anderen Nahrungsmitteln weicht die Aminosäurezusammensetzung mehr oder weniger stark von diesem Wert ab.

Rätselvoll mag die Bemerkung erschienen sein, daß zwei Drittel aller Menschen nicht ihre tägliche „Stickstoffration“ erhalten. Nun wird der Sinn dieser Feststellung deutlich: Zwei Drittel der Weltbevölkerung leidet unter

Eiweißmangel, ihnen fehlt in ihrer Nahrung vor allem das unersetzliche tierische Eiweiß, Fleisch, Fisch, Milch, Käse und Eier. Selbst in Ländern, in denen der Hunger gebannt zu sein scheint, ergibt eine genaue Analyse der Ernährung, daß viele Menschen nur ungenügend mit hochwertigem tierischem Eiweiß versorgt werden.

Viele Bedingungen müssen erfüllt werden, wenn der Hunger endgültig aus der Welt verbannt werden und die beste Zusammensetzung der Nahrung für alle Menschen erreicht werden soll. Eine von ihnen ist die ausreichende Versorgung aller landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Stickstoffdüngemitteln.

Eine Wüste wird berühmt

Heiß brennt die Sonne über der Atacama, der flimmern-den Wüste an Südamerikas westlicher Küste. Einst, weit zurück in der geologischen Vergangenheit unserer Erde, türmten sich hier Eis und Schnee. Die Schneefälle ungezählter Jahrtausende entledigten sich einer salzigen Fracht, die sie aus atmosphärischen Höhen zur Erde transportiert hatten. Trockene Winde trugen später die Feuchtigkeit davon. Kein Schmelzwasser bekam Gelegenheit, die Salze zu lösen und in tiefere Schichten hinwegzuspülen. So blieben, als Eis und Schnee verschwunden waren, riesige Salzlager zurück. Trockenes Wüstenklima konservierte sie. Eines Tages erlangten diese Lager Weltruhm. Sie enthielten in großen Mengen Rohsalpeter, ein Salz der Salpetersäure.

Einer der atomaren Bausteine der glitzernden Salzkri-

stalle ist der Stickstoff. Etwa 16% Stickstoff stecken in dem Salpeter der Atacama, und die salzigen Moleküle sind so beschaffen, daß Pflanzen sie leicht als Nahrung aufnehmen können.

Nachdem Liebig das „salzige Geheimnis der Pflanzenernährung“ gelüftet und ein französischer Chemiker endgültig nachgewiesen hatte, daß die meisten Pflanzen ihren Stickstoffhunger tatsächlich nur aus stickstoffhaltigen Mineralsalzen stillen können – da wurde die Wüste zum wichtigsten Rohstofflieferanten der schnell aufblühenden Stickstoffindustrie.

Alle Welt verlangte plötzlich nach den Salzen, die den Äckern die Fruchtbarkeit zurückzubringen versprochen. Englische Kapitalgruppen, die sich in Chile eingenistet hatten, sahen eines der ganz großen Geschäfte. Nur – Chile besaß so gut wie keinen Anteil an den Salpeterlagern der Wüste. So überfiel es, dem Auftrag seiner Beherrscher folgend, seine Nachbarn Bolivien und Peru, vernichtete deren Armeen und brachte sämtliche Salpeterlager in seinen Besitz. Die englischen Kapitalgruppen erhielten ein Weltmonopol, denn nirgendwo anders in der Welt gab es solche Vorkommen an natürlichen Salpetersalzen.

Die Naturschätze der Atacama ließen die Menschheit hoffen – die Weizenernten der Welt jedoch waren, wie der englische Wissenschaftler William Crookes 1898 mahnend feststellte, in völlige Abhängigkeit von Chiles Salpeterlagern geraten.

Der Kapitalismus war in ein neues Entwicklungsstadium getreten, in sein letztes. Die Gefahr weltumspannender Kriege von bisher ungekanntem Ausmaß war herauf-



gezogen. Doch „ohne Salpeter kann man nicht schießen“, erklärte 1903 der deutsche Chemiker und spätere Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald. „Alles Schießpulver wird direkt oder indirekt aus Salpeter hergestellt.“ So habe neben der Landwirtschaft noch eine andere Instanz ein besonderes Interesse an den chilenischen Salpeterlagern – die Heeresverwaltung.

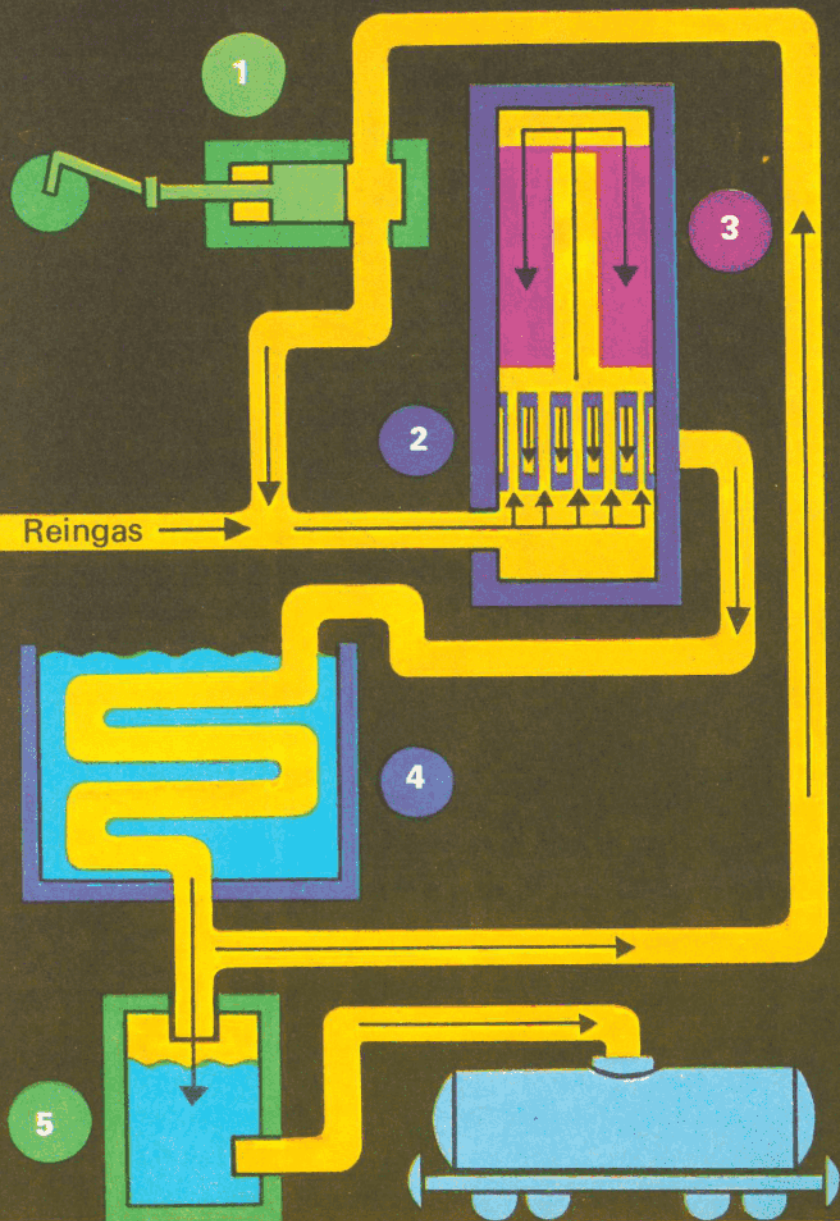
Brot – aus Luft und Abfällen

Hoch ragen die schlanken Türme der Reaktorkolonnen in den Ammoniaksynthesewerken, hoch wie vier- bis sechsgeschossige Häuser. Hinter ihren dicken Hochdruckstahlwänden vollziehen sich jene komplizierten Vorgänge, in deren Verlauf sich Stickstoff- und Wasserstoffatome zu Ammoniakmolekülen vereinigen. Bei den modernsten Anlagen und Verfahren kann der Druck, bei dem die Entstehung der Ammoniakmoleküle erfolgt, bis zu 1 000 at betragen; und die höchsten Temperaturen, die bisher für die Synthese verwendet wurden, erreichen 1 000 °C.

Ohne die Anwesenheit eines bestimmten Stoffes jedoch kann die Synthese nicht in Gang kommen. Dieser Stoff braucht nur dazusein – sonst nichts. Katalysator nennt man einen solchen Stoff.

Katalysatoren werden für viele chemische Reaktionen benötigt. Sie sorgen dafür, daß diese chemischen Reak-

Ammoniaksynthese (stark vereinfacht). 1 Umlaufpumpe, 2 Kontakt-ofen, 3 Katalysator, 4 Kühler, 5 Abscheider.



tionen ablaufen können, oder regulieren deren Geschwindigkeit. Dafür, daß in den Ammoniaksynthesereaktoren Ammoniak entstehen kann, sorgen Eisenkatalysatoren.

Billig ist der Stickstoff – kostspielig dagegen ist es, den Wasserstoff zu gewinnen. Nach dem klassischen – von den deutschen Chemikern Haber und Bosch entwickelten und nach ihnen benannten Verfahren – werden Luft und Wasserdampf über glühenden Koks geblasen. Dabei entsteht ein Gasgemisch, das von allen unerwünschten Verbindungen gereinigt werden muß – bis schließlich das Synthesegas zur Verfügung steht, das nur noch den Stickstoff und den Wasserstoff enthält. Dieses Gas wird in die schlanken stählernen Türme der Reaktorkolonnen geleitet, und dort entstehen durch Druck und Hitze – und durch die Anwesenheit des Katalysators – die Ammoniakmoleküle.

In den chemischen Werken unserer Republik haben in den letzten anderthalb Jahrzehnten Kohlenwasserstoffe des Erdöls und des noch billigeren Erdgases die Rolle des Wasserstofflieferanten übernommen. Hocheffektive und energiesparende Technologien sind entwickelt worden. So traten zunächst in Leuna an die Stelle des Kokses Rückstände aus der Erdölverarbeitung. Einige hundert Millionen Mark kosteten die Anlagen für das Öldruckvergasungsverfahren – die Produktionskosten für jede Tonne Ammoniak sanken auf die Hälfte.

Noch billiger wurde die Ammoniakgewinnung im Stickstoffwerk Schwedt. Dort werden Abfallgase des Erdölverarbeitungswerkes für die Wasserstoffgewinnung genutzt – und ein Schwedter Ammoniaksynthesereaktor

ist zehnmal leistungstärker als ein Reaktor in Leuna. Einer der größten und modernsten Stickstoffproduzenten der Welt ist in Piesteritz errichtet worden. Ein Werk der Superlative, von 5 000 Menschen aus 13 Ländern auf einer Fläche von 37 ha erbaut. Mehr als tausend Daten muß der Computer in der zentralen Meß- und Steuerwarte in jeder Sekunde erfassen und aufbereiten. Den Wasserstoff für die Ammoniaksynthese liefert hier sowjetisches Erdgas, das über eine 5 000 km lange Pipeline aus dem sibirischen Tjumen kommt. Aus Ammoniak und Kohlendioxid stellen die Piesteritzer Harnstoff her, eine hochkonzentrierte feste Stickstoffverbindung. Die starke Konzentration von Stickstoff in dem feinkörnigen Dünger spart Transport- und Lagerkosten; erheblich billiger wird die Stickstoffdüngung durch Agrarflugzeuge – mit denen mehr als 4 Millionen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche bearbeitet werden.

Der VIII. Parteitag hatte den Bau dieses Werkes beschlossen – am Vorabend des IX. Parteitages (1976) konnte berichtet werden, daß alle Hauptanlagen des Ammoniak-Harnstoff-Komplexes, des teuersten Investvorhabens des damaligen Fünfjahrplanes, in Betrieb genommen worden sind. Nun verlassen täglich 3 000 t Harnstoff das Piesteritzer Werk.

Motor des Pflanzenwachstums

Ammoniak ist Ausgangsprodukt für ein vielfältiges Sortiment von Stickstoffdüngern. Bei der Ernährung unserer Kulturpflanzen hat der Stickstoff eine besondere

Bedeutung. Er wird in großen Mengen verbraucht, und es gibt kaum einen landwirtschaftlich genutzten Boden, in dem er ausreichend vorhanden wäre. Fast immer befindet er sich in der Minderheit, begrenzt den Ernteertrag und die Qualität der Ernte, den Gehalt an Eiweißen und Vitaminen. Deshalb wird der Stickstoff oft als der „Motor des Pflanzenwachstums“ bezeichnet.

Zu Beginn unseres Jahrhunderts wurden etwa 200 000 t Stickstoff im Jahr auf die Äcker gebracht, sie stammten fast ausschließlich aus den Salzlagerstätten der Atacama. 1968 wurden 25 Millionen t verarbeitet. 25 Millionen t Stickstoff für die Landwirtschaft! Weit über 20 Milliarden Mark mögen in die Anlagen investiert worden sein, mit denen diese Stickstoffmenge hergestellt wurde, die der Welt eine zusätzliche Ernte von mehr als 300 Millionen t Getreide hätte bringen können. Denn 1 kg Stickstoff kann eine zusätzliche Ernte von 18 kg Getreide bringen – bei Kartoffeln Mehrererträge bis zu 90 kg, bei Futterrüben bis zu 200 kg.

Für das Jahr 2000 erwarten die Fachleute eine Jahresproduktion von etwa 100 Millionen t! Doch selbst dann wird die Stickstoffbilanz der Äcker dieser Welt, von denen große Teile noch nie Stickstoffdünger erhalten haben, negativ sein.

Steine der Fruchtbarkeit

Lang ist die Polarnacht in Chibiny, kurz und kühl ist der Sommer, fast immer vom Nebel verhangen die Polarsommersonne. In diesem ungewöhnlichen rauen Klima

recken sich nicht einmal die Berge kühn in den Himmel; zaghaft nur, so scheint es, schieben sie ihre rundlichen Buckel durch die Wolkendecke. Eiszeitliche Gletscher, von Skandinavien her kommend, haben sie einst abgeschliffen. Hier in der „Kältesahara“ – rund 200 km nördlich des Polarkreises – schlägt das Herz der Halbinsel Kola.

Früher nannte man die Halbinsel das „Land der unbezwungenen Pfade“. Noch vor einem Menschenalter war sie nahezu unbewohnt. Nur einige Lappenfamilien trieben ihre Herden über die Tundren und Polarweiden. An den Küsten gab es einige arme Fischerdörfer. Das „Industriepotential“ des Landes bildeten drei kleine Sägewerke.

Dann aber kam die junge Sowjetmacht. Geologen durchforschten die Halbinsel. Sie entdeckten gewaltige Reichtümer. Das Land der unbezwungenen Pfade erwies sich als eine Schatzkammer ganz ungewöhnlichen Ausmaßes, als eines der an Bodenschätzen reichsten Gebiete der Welt – und dieses Gebiet ist etwa so groß wie unsere Republik!

Städte entstanden und mehr als ein Dutzend Kraftwerke. Erzvorkommen wurden erschlossen. In einem Tal der Chibinyberge liegt der nördlichste botanische Garten der Welt. 600 m unter einem der eisigen Hochplateaus blühen in einer unterirdischen Orangerie Tulpen, reifen Erdbeeren und Tomaten, Radieschen und Mohrrüben. Das Land der unbezwungenen Pfade ist für viele Menschen zur Heimat geworden.

Das Kostbarste in dieser Schatzkammer aber ist der „Stein der Fruchtbarkeit“, graugrün und weißgrau wie

die Grundfarben der Chibinytundren, ein nahrhaftes Mineral – der Apatit. Er enthält große Mengen Phosphor, einen der Kernnährstoffe der Pflanzenwelt. Die Apatitvorkommen der Chibinyberge gelten als die größten der Welt – ganze Gebirge aus reinem Apatit, aus Phosphat, einem Salz der Phosphorsäure.

Am südlichen Rand dieser „Phosphorgebirge“, etwa 50 km südlich von Chibiny, liegt Kirowsk, eine der nördlichsten Städte der Welt. In der Nähe von Kirowsk haben Geologen vor wenigen Jahren einen neuen Apatitberg entdeckt, den Teufelsberg. Einige Dutzend Millionen Tonnen Erz werden hier im Jahr gewonnen. In den Aufbereitungswerken werden sie zerkleinert. Ein Teil des so vorbereiteten Erzes wird in benachbarten Werken zu Phosphordüngemitteln weiterverarbeitet. Der größte Teil jedoch wird exportiert, in viele Länder der Welt.

Massengutfrachter bringen jährlich weit über eine Million t Apatitkonzentrat von Murmansk nach Rostock, vorwiegend für die Düngemittelproduktion, zum Beispiel im VEB Fahlberg-List in Magdeburg oder im VEB Phosphatwerk in Rüdersdorf.

Vom Nutzen des Phosphors

Im Februar 1945 vernichteten britische und amerikanische Bombergeschwader Dresden. Das Feuer, das in der zertrümmerten Stadt tobte, wurde genährt durch Tausende Phosphorbomben.

Abbau von Apatit in den Chibiny-Bergen in 1 000 m Höhe.



In Millionen Menschen weckt das Wort Phosphor noch heute unauslöschbare Erinnerungen an Nächte des Grauens.

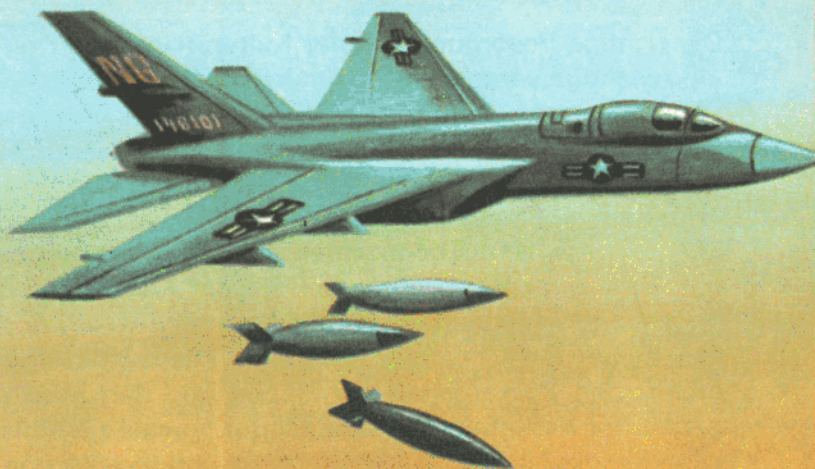
Doch Phosphor ist ein Element des Lebens. Ohne Phosphor hätte sich kein Leben entwickeln können, und ohne Phosphor kann kein Leben bestehen.

Da gibt es zum Beispiel eine organische Phosphorverbindung, sie heißt Adenosintriphosphorsäure. Doch meist kürzt man ihren Namen ab und nennt diese Substanz ATP. Die ATP ist eine Verbindung, die Energie zu speichern vermag.

Wenn Nährstoffe verbrannt werden, wird Energie freigesetzt. Diese Energie kann durch den Aufbau von ATP gespeichert werden. Überall dort, wo in den Zellen Energie benötigt wird, kann sie aus den Molekülen der ATP wieder freigesetzt werden. So ist die Adenosintriphosphorsäure als universelle Energiequelle für den Energiehaushalt der Lebewesen unentbehrlich.

In jedem Molekül der ATP stecken drei Phosphoratome. Phosphoratome sind aber auch in den Molekülen vieler Eiweiße, Vitamine und als Bausteine in manchen Enzymen enthalten, die als Katalysatoren den Ablauf zahlloser chemischer Reaktionen in den Zellen regulieren.

Im Körper jedes gesunden Menschen findet man ungefähr 750 g Phosphor, hauptsächlich in den Knochen, denn das Knochenmark bildet in jeder Sekunde fünf Millionen rote Blutkörperchen. Für den Bau eines jeden roten Blutkörperchens wird eine bestimmte Menge Phosphor benötigt. Auch unser Gehirn braucht Phosphorverbindungen; Phosphormangel kann zu Gedächtnisstörungen führen.



Die richtige Versorgung unserer Kulturpflanzen ist also eine wichtige Voraussetzung für unsere Gesundheit. Auf phosphorarmen Böden entwickeln sich die Pflanzen langsamer. Die Bildung von Blüten und die Entwicklung von Früchten und Samen, in denen die höchste Konzentration an Phosphor vorhanden ist, die sich an einem Pflanzenorganismus beobachten läßt, wird beeinträchtigt. Eine gute Versorgung mit diesem Kernnährstoff dagegen beschleunigt die Entwicklung der Pflanzen und das Reifen ihrer Früchte, festigt die Pflanzengewebe, erhöht den Zuckergehalt der Rüben und den Stärkegehalt der Kartoffeln. Die Qualität der Früchte und ihre Lagerfähigkeit hängt in hohem Maße von ihrem Phosphorgehalt ab. 1 kg zusätzlicher Phosphornahrung kann einen Mehrertrag von 6,3 kg Getreide bringen; bei Kartoffeln können die Mehrerträge 46 kg und bei Futterrüben 125 kg betragen.

In unserer Republik werden in jedem Jahr von jedem Hektar Nutzfläche durchschnittlich 30 kg Phosphor „geerntet“ – doch zurückgegeben werden müßte dem Boden mindestens die doppelte Menge; denn nur ein geringer Teil des Phosphors wird im Bodenwasser oder in den Säuren, die von den Pflanzenwurzeln abgesondert werden können, gelöst. Er geht als Phosphorsäure in die chemischen Prozesse des Pflanzenlebens ein. Wohin jedoch die große Mehrheit der Phosphorsalzmoleküle verschwindet, das blieb lange Zeit ein ungelöstes Rätsel. Dann aber stellte sich heraus, daß sie sich verwandeln. Sie nehmen Eisen- oder Aluminiumatome in ihre Molekülgefüge auf und werden so zu unlöslichen Phosphorsalzen, die für die Pflanzenernährung wertlos sind.

Auch in der Verbindung mit Kalk ist Phosphor für die Pflanzen sehr schwer zugänglich.

Doch was für die Pflanzen so sehr von Nachteil zu sein scheint, dem Boden bekommt es ausgezeichnet. Die „zweckentfremdete“ Pflanzennahrung erhält dem Boden die krümelige Struktur. Ein Boden, dessen kleinste Teilchen nicht zu Krümeln zusammenbacken, kann keine Feuchtigkeit speichern, keine Nährsalze festhalten und wird schlecht durchlüftet. In ihm können die Bodenbakterien kaum gedeihen. Ihre Lebenstätigkeit jedoch ist eine der Voraussetzungen für die Fruchtbarkeit des Bodens.

... doch die Reserven sind begrenzt

An der Südküste Perus und auf einigen Inseln, die ihr vorgelagert sind, gibt es riesige Vogelparadiese. Jahrtausendlang haben hier ungezählte Generationen fischfressender Vögel ihren Kot abgeladen. So haben sich in diesen regenlosen Gegenden bizarre, schneeweiße Landschaften gebildet. Sie bestehen aus steinharten Guanoschichten, die 30 m bis 450 m mächtig sind. Zu Millionen hocken in diesen Vogellandschaften die Guanovögel, fressen Tausende Tonnen Fisch am Tag und vermehren unermüdlich die kostbaren Guanolager, die reich an Phosphor und Stickstoff sind.

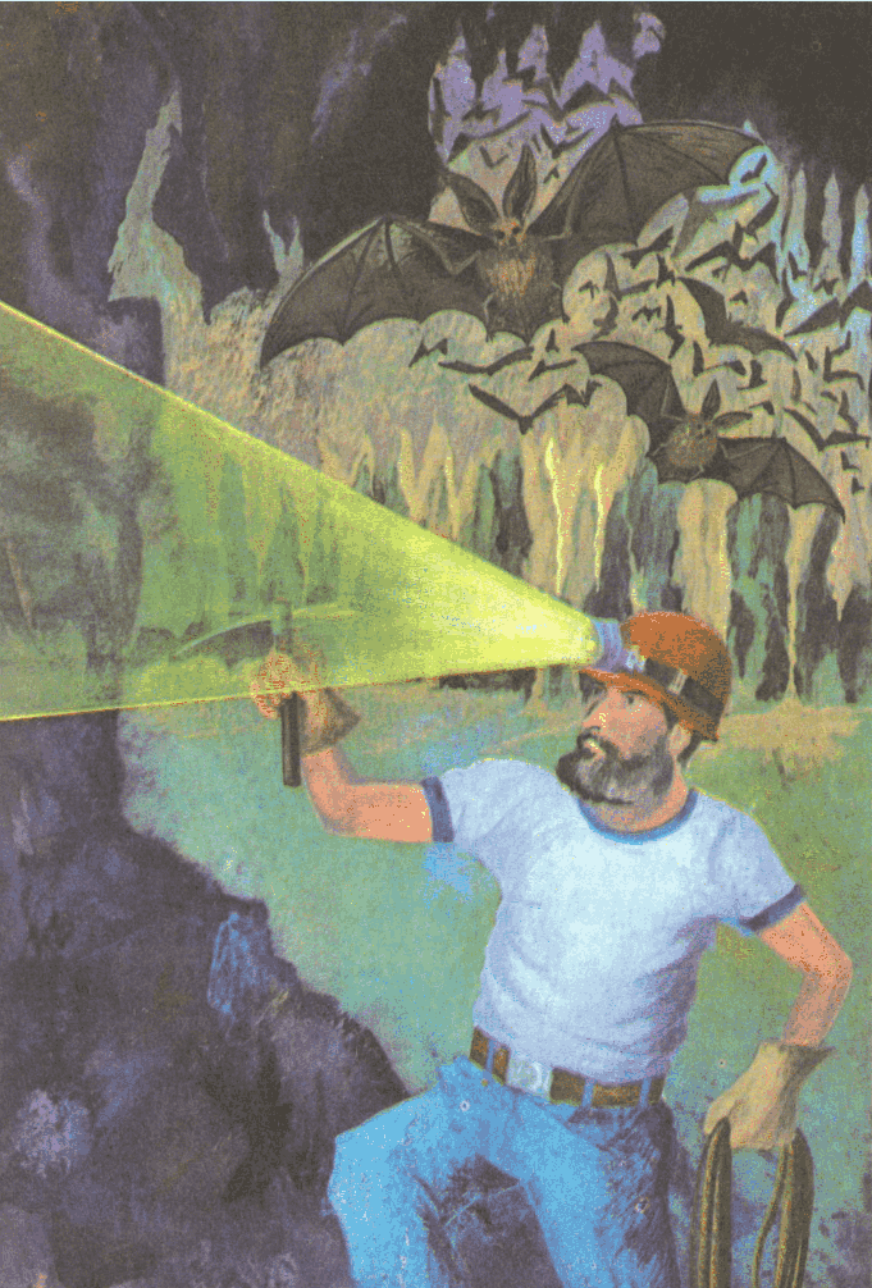
In der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts wurden größere Mengen Guano als Düngemittel nach Europa geliefert. Dieser Export brachte der peruanischen Regierung für einige Jahrzehnte so hohe Einkünfte, daß

sie auf die Erhebung von Steuern in ihrem Lande verzichten konnte. Heute aber wird Guano fast nur noch für den Inlandbedarf abgebaut. Seit einigen Jahren gehen die Vogelparadiese zugrunde, denn es erscheint produktiver, nicht die steingewordenen Exkremente abzubauen, sondern jene Fische zu fangen, die den Vögeln als Nahrung dienen. Ohne den Umweg über die Vogelmägen kommen die Fische direkt in Düngemittelfabriken. Der Raubbau an den Fischen läßt die Vögel hungern.

Schwarz ist dagegen der Guano der Fledermäuse. Er ist Kubas „schwarzes Gold“. Etwa 10 000 Höhlen gibt es auf Kuba, darunter solche Riesenhöhlen wie die Cueva Santo Thimas, die sich über 14 km erstreckt. Fast alle Höhlen sind seit Jahrtausenden von Fledermäusen bewohnt. Bis zu 40 m hohe Schichten von Fledermausguano haben sich gebildet, reich an Phosphorverbindungen, Dünger für Kubas Zuckerrohrplantagen.

Hauptquellen für die Phosphordüngerproduktion der Welt aber sind die Minerale Apatit und Phosphorit, beide entstanden in erdgeschichtlicher Vergangenheit. Der Apatit ist aus der glutflüssigen Gesteinsschmelze des Erdinnern ausgeschieden worden. Organischer Herkunft ist der Phosphorit. Er ist Zeugnis vergangenen Lebens, in chemischen Prozessen zu phosphorsaurem Kalk umgewandelte Knochenreste, Schalen niederer Tiere und Ausscheidungen Zehntausender fischfressender Vogelgenerationen an den Küsten urzeitlicher Meere. Bereits um die Jahrhundertwende wurden in der Welt

Fledermausguano in den Höhlen Kubas.



rund 200 000 t Phosphor durch Chemiedünger in die Böden gebracht. Allerdings wird hier nicht der Gehalt an reinem Phosphor angegeben, sondern der an Phosphor-pentoxid, einer Verbindung von zwei Phosphor- und fünf Sauerstoffatomen.

In der Mitte unseres Jahrhunderts erreichte die Produktion der Welt 5 Millionen t, 1960 knappe 10 Millionen t und 1975 fast 25 Millionen t. Für 1980 wird nach Schätzungen von Fachleuten eine Phosphordüngerproduktion erwartet, die 30 Millionen t reinen Pflanzennährstoff enthält.

Die großen Phosphatvorkommen der Welt liegen in den Chibinybergen auf der Halbinsel Kola und im Karataugebirge in Kasachstan, im Innern der tropischen Halbinsel Florida und in den nordafrikanischen Bergbauzentren des immer noch erdbebenreichen Atlasgebirges. Gewiß reichen diese Vorräte noch für viele Jahrzehnte – doch unerschöpflich sind sie nicht. Für die Wissenschaft ergibt sich daraus die dringliche Aufgabe, rechtzeitig neue Wege zu erkunden, den Phosphorhunger der Pflanzen zu stillen.

Wie der Wüstenwind einst Reichtum schuf ...

Die Zeit der riesenwüchsigen Urwälder war vorbei. Nie wieder würde es auf diesem Planeten ein so gigantisches Pflanzenwachstum geben. Die Eiszeit auf der Südhalbkugel hatte begonnen. Australien und Indien lagen unter einer mächtigen Gletscherdecke. Gebirgshoch türmten sich Eismassen über Südafrika.

Auf der nördlichen Erdhalbkugel hatten trockene, heiße Winde die letzten sumpfigen Wälder verdorren lassen. Noch einmal riß hier und dort die Erdkruste auf, quollen Massen glutflüssigen Gesteins heraus, Gebirge zerbarsten. Es bildete sich eine neue Falte in der runzligen Haut, die unseren Erdball umspannt. Der Ural schob sich in den heißen Himmel.

Vom Norden her ergoß sich Meereswasser über Nord- und Mitteleuropa, so, als schwappte das Weltmeer über, weil die Erde zu unruhig geworden war. Es ergoß sich wie eine Pfütze über große Teile Europas und wurde erst aufgehalten an den Hängen des neugeborenen Ural. So bildete sich das Zechsteinmeer.

Wüstenwind strich über dieses flache Binnenmeer. Inselgleich wuchsen kristallene Salzwüsten aus dem vertrocknenden Zechsteinmeer. Doch von Zeit zu Zeit, in Abständen von einigen Jahrzehntausenden etwa, überflutete erneut ozeanisches Salzwasser das Land. So erreichten die Salzlager stellenweise eine Mächtigkeit, als wäre ein 60 km tiefer Ozean eingedampft worden.

Staubstürme trieben Wolken verwitterten Gesteins hoch in die Luft. Hatten sie sich ausgetobt, ließen sie kraftlos fallen, womit sie gespielt. Nach einigen Jahrmillionen waren die kristallinen Schätze tief vergraben.

Was das Zechsteinmeer und der Wüstenwind auf unserem Territorium hinterlassen haben, das gehört heute zu den kostbarsten Bodenschätzen unserer Republik – es sind schätzungsweise 90 Billionen t Salze.

Zu je 20 t auf Güterwagen verladen, ergäbe das einen Güterzug, der rund zweihundertfünfundsiebzigmal so lang wäre wie die mittlere Entfernung zur Sonne!

... und aus einem Abfall „weißes Gold“ wurde

Dieses verdammte Zeug! Bitter war es und ungenießbar! Der Berghauptmann Rudolf von Carnall war enttäuscht, als man ihm die erste Probe brachte. Wieviel Mühen hatte dieser Schacht gekostet. Rund 250 m hatte man ihn in die Tiefe getrieben, doch dieses Salz hatte man nicht gesucht.

Carnall ließ weiterarbeiten. An die 600 t des rötlich schimmernden, bitteren Salzes, das niemand kannte, wurden abgeräumt und auf die Abraumhalde geschüttet. Dann stieß man doch noch auf das gesuchte Steinsalz, schneeweiß und wohlschmeckend.

Das geschah im Jahre 1856 in Staßfurt. Noch ahnte der Berghauptmann nicht, daß einige Jahre später dieses „verdammte, bittere Zeug“ nach ihm benannt werden würde und den Namen Carnallit bekommen sollte.

Einige Monate nach der „bitteren“ Entdeckung beendete in Berlin ein junger Mann, Adolf Frank, sein Chemiestudium. Er entdeckte in den Abraumsalzen von Staßfurt Kalium, nach dessen Salzen die erschöpften Äcker hungerten. Er fand auch den Weg, aus jenem scheinbar so unnützen Abraum hochwertigen Dünger zu gewinnen.

Die erste Fabrik, in der Kalidünger produziert wurde, konnte 1861 in Betrieb genommen werden. 5 t Carnallit wurden täglich verarbeitet. Zehn Jahre später arbeiteten in Deutschland, das als einziges Land in der Welt über Kalivorkommen zu verfügen schien, bereits zwanzig

Abbau von Carnallit um 1850.



Kaliwerke. Die Kaligruben wurden zu Goldgruben. Doch das Gold gehörte nicht denen, die es schürften.

Das Ziel des „Schürfens nach dem weißen Golde“ war nicht die Milderung des Hungers der Welt – der Hunger der Welt bot die Möglichkeit, reich zu werden. Das Tempo, in dem sich der Reichtum der Kalikapitalisten mehren ließ, hing ab von dem Preis, den sie für jede Tonne Düngesalz auf dem Weltmarkt fordern konnten. Viele Produzenten aber verderben die Preise.

So schlossen sich die Mächtigsten zusammen zu einem Kalikartell. Die Einigkeit der Großen machte stark gegen die Kleinen – und gegen die, denen man die Preise diktieren wollte. So wurden die Kleinen unter den Kaliproduzenten aus dem Wege geräumt, und die Preise wurden „reguliert“. Drohten sie zu sinken, legte man Düngesalze in stillgelegten Stollen „auf Lager“. Mitunter wurde auch die Produktion verringert. Knapp wurde dann auf dem Markt das Angebot an Kalidüngern. Der Käufer, angewiesen auf die nahrhaften Salze, war gezwungen, hohe Preise zu zahlen.

Die Wirksamkeit eines solchen Monopols hängt natürlich davon ab, daß ihm keine nennenswerte Konkurrenz im Wege steht. Nach der militärischen Niederlage des deutschen Kaiserreichs kam jedoch ein Gebiet an Frankreich zurück, in dem sich reiche Kalilager befinden. Es dauerte nicht lange, und es kam zu einem Zusammenschluß der deutschen und französischen Kaligewaltigen. Die deutschen Partner, die über weit größere Salzlager und über die größere Kapitalmacht verfügten, gaben in diesem Bündnis den Ton an. Ihnen gelang es auch einige Jahre später, die amerikanischen Kalivorkommen unter

ihre Kontrolle zu bringen. Als die Entdeckung von Kali in Spanien eine spanische Konkurrenz heraufzubeschwören schien, herrschten Deutschlands Kalifürsten bald auch dort.

Mit gleich großem Eifer betrieben sie noch ein anderes Geschäft – den Antikommunismus. Bald nach dem ersten Weltkrieg forderten sie von den Westmächten „als Belohnung für gute Geschäftsbeziehungen“ die Duldung der deutschen Wiederaufrüstung. Ein starkes deutsches Heer sollte gegen den jungen Sowjetstaat gerichtet werden.

In den Listen der deutschen Großindustriellen, die Hitler finanzierten, standen die Namen der Kaligewaltigen an führender Stelle, und sie gehörten auch zu jenen, die sich maßlos bereicherten, als der deutsche Faschismus begann, Europa auszuplündern.

Zwei Drittel der Kalivorkommen des ehemaligen deutschen Reiches liegen heute auf dem Gebiet unserer Republik, die nach der Sowjetunion und Kanada der drittgrößte Kaliproduzent der Welt ist. Die Hauptlager befinden sich zwischen Magdeburg und Halle, zwischen Harz und Thüringer Wald. Das Thälmannwerk bei Merkers ist zur Zeit das größte Kaliwerk der Welt. Das Kaliwerk in Zielitz bei Magdeburg, das 1973 nach einem Jahrzehnt Bauzeit seinen Dauerbetrieb aufgenommen hat, ist das modernste unserer Republik – seine Erschließungs- und Baukosten überschritten die Milliarden-grenze.

In der volkseigenen Kaliindustrie arbeiten 31 000 Menschen. Etwa 1 000 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker forschen an ihren Instituten. Sie suchen

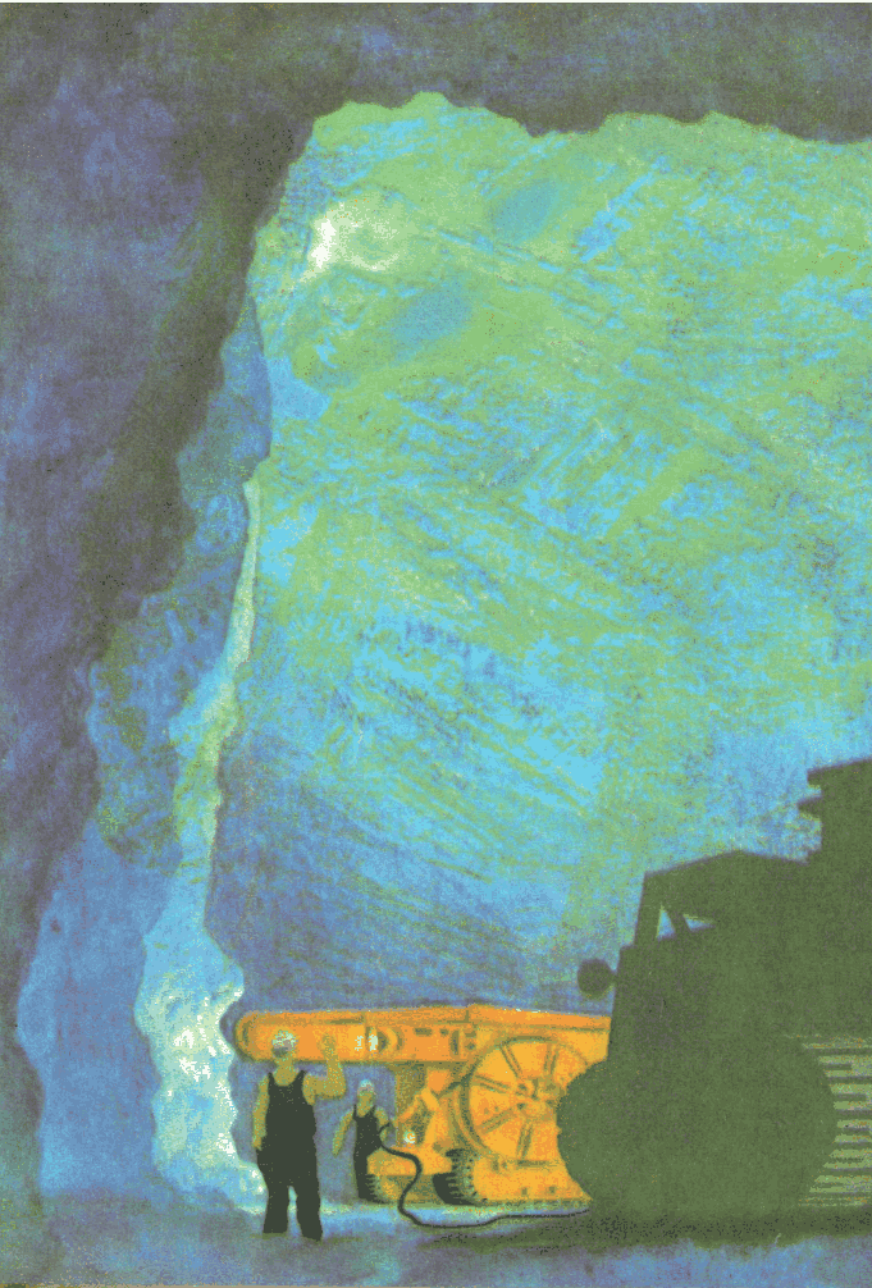
gemeinsam mit den Geologen nach neuen Lagerstätten, entwickeln neue Maschinen und Verfahren, die dem Kumpel unter Tage die Arbeit erleichtern sollen, erproben neue Verfahren für die Aufbereitung der Salze, um den Wert der Düngemittel zu erhöhen.

Wie sieht es nun in einem Kalischacht aus?

Über ein Netz betonierter Straßen rollt der Verkehr bis zu 900 m tief unter der Erdoberfläche. Mehr als 100 km kann ein solches Straßennetz messen. Verkehrsschilder an den Straßenrändern, Einbahnstraßen, Stoppschilder, Geschwindigkeitsbegrenzungen. Verwundert stößt der „Ortsfremde“ auf eine Kraftfahrzeug-Reparaturwerkstatt und eine Tankstelle, und mancher Kalikumpel entpuppt sich als Ingenieur für Kraftfahrzeugtechnik. Vorbei ist die Zeit der kilometerlangen Fußmärsche unter Tage. Mit Mannschaftswagen fahren die Kumpel vor Ort. Dumpfern kann man begegnen und Traktoren, Planierraupen und Gabelstaplern, Schwerlasttransportern mit mannshohen Rädern und starken Tieffahrladern, den „Büffeln unter Tage“.

Vor Ort, wo das Salz geschossen wird, rattern die Bohrer, fressen sich in den Berg, 5 m tief – Löcher für den Sprengstoff, der aus sicherer Entfernung gezündet wird. Dann sind die Schrapper am Werk. Sie befördern das abgesprengte Rohsalz auf die bereitstehenden Schwerlasttransporter, die es zu den Förderbändern fahren. Kilometerweit transportieren die Förderbänder das Salz zu den Bunkern, von denen aus es dann schließlich in Fördergefäßen ans Tageslicht gebracht wird.

Kalibergwerk. Schrapper bei der Arbeit unter Tage.



So kommt das Salz von den Bergleuten zu den Chemikern. Sie müssen die Salze aufbereiten, von unerwünschten Verunreinigungen befreien, ihnen wertvolle chemische Substanzen entziehen, die in vielen Wirtschaftszweigen benötigt werden – und die verschiedenen Arten der Kalidünger herstellen.

Vom Nutzen des Kalis

Mehr als ein Jahrhundert ist vergangen, seit der Berghauptmann Rudolf von Carnall die bitteren Salze gefunden und der Chemiker Adolf Frank ihren Nutzen erkannt hat.

Seit 1807 ist das Element Kalium bekannt. Humphry Davy, ein englischer Chemiker und Physiker, hat das silbrigweiß glänzende, butterweiche Metall, das in der Natur immer nur in salzigen Verbindungen vorkommt, entdeckt.

Kaliumverbindungen aber werden schon seit vielen Jahrhunderten praktisch genutzt, zum Beispiel für die Herstellung von Seife und Glas. Noch um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde dafür Holzasche in Wasser gekocht und ausgelaugt und die Lauge in großen, eisernen Pfannen eingedampft – die Rückstände enthielten die Kalisalze aus den ehemaligen Pflanzensubstanzen. Die Entwicklung der chemischen Industrie im 19. Jahrhundert führte dazu, daß ganze Wälder verbrannt wurden –

Beteiligung des Kaliums an den Lebensvorgängen in den Pflanzen.



erhöht den
Stärkegehalt

ist mitbeteiligt
an der
Assimilation

verstärkt das Halm-
gerüst und erhöht die
Lagerfestigkeit

schützt
vor Rost

hilft bei der Ablagerung
von Assimilaten



Kali
 K_2O

unterstützt die Bildung
von Faserstoffen

regelt den Wasser-
haushalt und schützt
die Pflanze vor Dürre

hilft beim Aufbau
von Eiweiß aus
Aminosäuren

fördert die
Stärkebildung



deren Asche dennoch nicht den steigenden Bedarf an Kaliumverbindungen zu decken vermochte.

So wurden einst Pflanzen verbrannt, um aus organischer Substanz Kaliumverbindungen für die Chemie zu gewinnen. Heute produziert man aus anorganischen Salzen viele Millionen Tonnen Kaliumverbindungen, damit mehr organische Substanz geerntet werden kann.

Jedes Pflanzengewebe braucht Kalium. Kaliummangel verringert seine Fähigkeit, Wasser zu speichern. Je mehr Kalium eine Pflanze enthält, desto länger lassen sich ihre Früchte lagern.

Kalium ist an vielen Stoffwechselprozessen beteiligt. Es erleichtert den Pflanzen, Stickstoff aus dem Boden aufzunehmen, mit seiner Hilfe Eiweißbausteine zu synthetisieren und sie zu den Riesenmolekülen der Eiweißstoffe zusammenzufügen. Je mehr Kali den Pflanzen zur Verfügung steht, desto mehr Karotine können sie aufbauen. Karotine sind jene gelbroten Pflanzenfarbstoffe – die in der Leber des tierischen und menschlichen Organismus in das lebensnotwenige Vitamin A umgewandelt werden können, vorausgesetzt, die Schilddrüse funktioniert normal und liefert genügend Schilddrüsenhormon, das unter anderem auch diese Stoffumwandlung steuert. Am Bau der Karotinmoleküle selber ist das Kalium jedoch nicht beteiligt.

Eine Kuh muß in ihrer täglichen Futterration genau soviel Kalium wie Phosphor vorfinden. Wir Menschen brauchen etwa 3 g Kalium täglich, unter anderem zum Bau der roten Blutkörperchen und zur Regulierung der Funktion unseres Nervensystems.

Um die Jahrhundertwende wurden in der Welt 3 600 t

Kali auf die Äcker gebracht, 1950 waren es etwa 4,8 Millionen t und 1975 fast 25 Millionen t. Soll aber jeder Hektar landwirtschaftlich genutzten Bodens in der Welt mit nur 40 kg Kali gedüngt werden – und das wäre nur ein Bruchteil der Menge, die höchste Ernten von bester Qualität verspricht –, dann müßten jährlich mindestens 60 Millionen t Kali in den Kalidüngesalzen stecken, die die chemischen Werke verlassen.

Vom Nutzen des Kalkes

Für die Industrie ist der Kalk zu einem bedeutenden Rohstoff geworden – unentbehrlich ist er jedoch vor allem für das Leben. Kalk ist ein Salz der Kohlensäure; lebensnotwendige Bedeutung erhält dieses Salz durch seine Kalziumatome.

Die Atome des silberweiß glänzenden Leichtmetalls Kalzium können sich nicht nur mit der Kohlensäure, sondern auch mit anderen Säuren verbinden. Immer dann, wenn ein Metall und eine Säure aufeinander einwirken, bildet sich ein Salz. Bei diesem Vorgang werden die Wasserstoffatome freigesetzt, und der Rest der jeweiligen Säuremoleküle verbindet sich mit dem Metall. Das ist einer der Wege, die zur Bildung von Salzen führen. Da der Weg zum kohlensauren Kalk über die Kohlensäure führt und alle Salze der Kohlensäure Karbonate genannt werden, trägt er den wissenschaftlichen Namen Kalziumkarbonat.

Kein anderes Salz der Kohlensäure kommt in so großen Mengen in der festen Erdrinde vor.

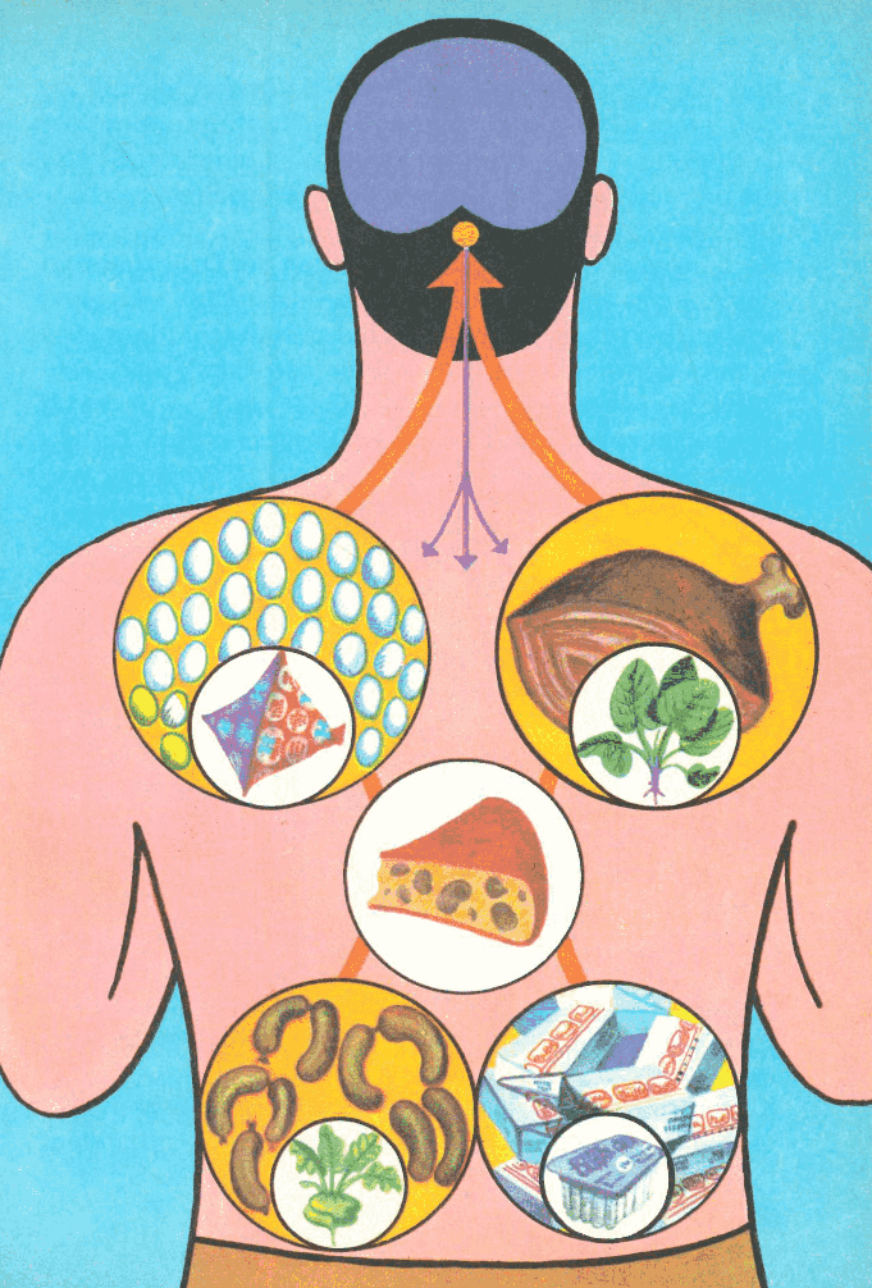
Weiß leuchtet der kostbare Marmor aus Carrara, den berühmten Marmorbrücken nördlich von Pisa. Seit der Antike ist er begehrter Werkstoff für Baumeister und Bildhauer. Doch ob weißer Marmor aus Carrara oder grüner aus den Alpen, ob purpurrot oder schwarz, ob einfarbig, gefleckt oder geflammt – Marmor ist Kalk, und Kalk ist ein Salz.

Aus dem gleichen Salz – nur ist es von der Natur etwas anders bearbeitet worden – besteht die Kreide. Kalziumhaltig ist auch der Gips – doch ist an seinem Zustandekommen nicht die Kohlensäure beteiligt, sondern die Schwefelsäure. Da alle Salze der Schwefelsäure Sulfate genannt werden, trägt der Gips den wissenschaftlichen Namen Kalziumsulfat. An den Kalziumphosphaten wiederum ist, wie aus dem Namen hervorgeht, die Phosphorsäure beteiligt, an den Kalziumnitraten die Salpetersäure.

Doch ganz gleich, welcher Säurerest diesen Salzen ihren jeweiligen Namen und vor allem ihren jeweiligen chemischen Charakter verleiht – gemeinsam ist allen der Besitz von Atomen des Elementes Kalzium.

Als eines der unentbehrlichen Elemente des Lebens finden wir das Kalzium in jeder Pflanze, in jedem Tier und auch in jedem Menschen. Der Körper eines vernünftig ernährten Erwachsenen enthält 1 kg dieses Leichtmetalls, aber Atom für Atom gebunden an Atome anderer Elemente. So ist das Kalzium an einer Vielzahl lebenswichtiger Verbindungen beteiligt und nimmt aktiven Anteil an einer großen Anzahl von Lebensfunktio-

Vergleich des Kaliumgehaltes einiger Nahrungsmittel.



nen. Ein kompliziertes System soll dafür sorgen, daß im Blut stets eine genau bemessene Kalziummenge zur Verfügung steht – aber das Kalzium ist einer der Stoffe, die in der Nahrung der meisten Menschen nur unzureichend vorhanden sind.

An der Akademie der Wissenschaften der DDR zu Berlin besteht ein Institut, dessen Wissenschaftler sich ausschließlich mit Ernährungsproblemen beschäftigen. Die Mitarbeiter dieses Instituts haben festgestellt, daß viele Bürger unserer Republik viel zu viel essen – und sich dennoch unzureichend ernähren. Der statistische Durchschnittsbürger nimmt beispielsweise nur 70% der Kalziummenge zu sich, die als tägliche Mindestmenge angesehen werden muß. Manche Forscher vermuten sogar, daß das Defizit noch größer ist. Die Kalziumunterernährung bereitet aber auch den Ernährungsforschern in allen anderen Ländern der Welt Sorgen.

Die Tagesration Kalzium, die wir benötigen, finden wir in 5,6 kg Butter oder in 50 kg Speck – aber auch in 300 g Quark, in zweihundert Brötchen oder hundertfünfzehn Paketen Puddingpulver. Zucker und Schmalz enthalten kein Kalzium. In einer einzigen mittelgroßen Kohlrabiknolle dagegen befindet sich mehr als in neun Bockwürsten, in 1 l Milch mehr als in dreißig Eiern und in 500 g Spinat mehr als in 32,5 kg Speck. Mit 100 g halbfettem Käse können wir unserem Körper mehr Kalzium zuführen, als er am Tag benötigt – in der gleichen Menge fettem Käse dagegen steckt nur die halbe Menge Kalzium!

Kalzium hält die Zellwände elastisch. Es steuert die Erregbarkeit der Nerven und der Muskeln und ist beteiligt

an der Regulierung der Herztätigkeit und der Blutgerinnung. Ohne Kalzium gibt es keinen Phosphorstoffwechsel; ständiger Kalziummangel verhindert die Verarbeitung des meist ausreichenden Phosphorangebotes. Weit über 90% des Kalziumbestandes unseres Körpers ist konzentriert im Skelett – Knochen und Zahnschmelz erhalten durch das Kalzium ihre Festigkeit. Folglich benötigt der Körper während des Wachstums besonders viel Kalzium.

In der Tierwelt haben Hochleistungsmilchkühe den höchsten Bedarf an Kalzium, denn mit jedem Liter Milch gibt die Kuh mehr als 1 g Kalzium; eine 30-l-Kuh muß 100 g Kalzium am Tag erhalten. Eine säugende Stute kommt mit der halben Ration aus, einem Schaf genügen 2 g. 4 g muß eine Legehenne bekommen, denn außer den 30 mg Kalzium für jedes Ei wird auch Kalk für die Eierschale gebraucht. Den bezieht die Henne aus ihrem Skelett, das fortwährend erneuert werden muß. Kalziumhaltig muß auch die Nahrung der Bienen sein, damit sie Honig liefern können.

Wo immer der Mensch landwirtschaftliche Nutztiere hält, muß er die täglichen Futterrationen sehr genau berechnen. So enthält die Maissilage zehnmal mehr Kalzium als Kartoffeln, Kleeheu vierzehnmal mehr als Maissilage – Fischmehl schließlich, der wertvollste Kalziumlieferant, fünfhundertmal so viel.

Doch das sind immer nur statistische Mittelwerte – was tatsächlich in den pflanzlichen Futtermitteln enthalten ist, das kann sowohl über als auch ganz erheblich unter diesen Durchschnittswerten liegen. Beeinflußt wird das durch die Qualität der Pflanzensorten und durch die

klimatischen Bedingungen während der Vegetationsperiode, durch den Zeitpunkt der Ernte, die Dauer und die Bedingungen ihrer Lagerung, in erster Linie aber durch die Düngung der Äcker und Wiesen.

Durch Kalkdüngemittel kann aber auch die physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit der Böden wesentlich verbessert werden.

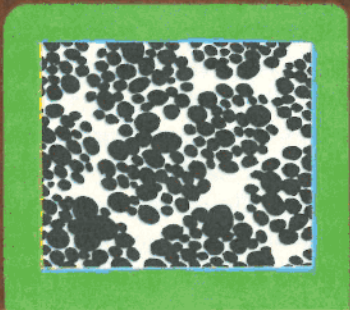
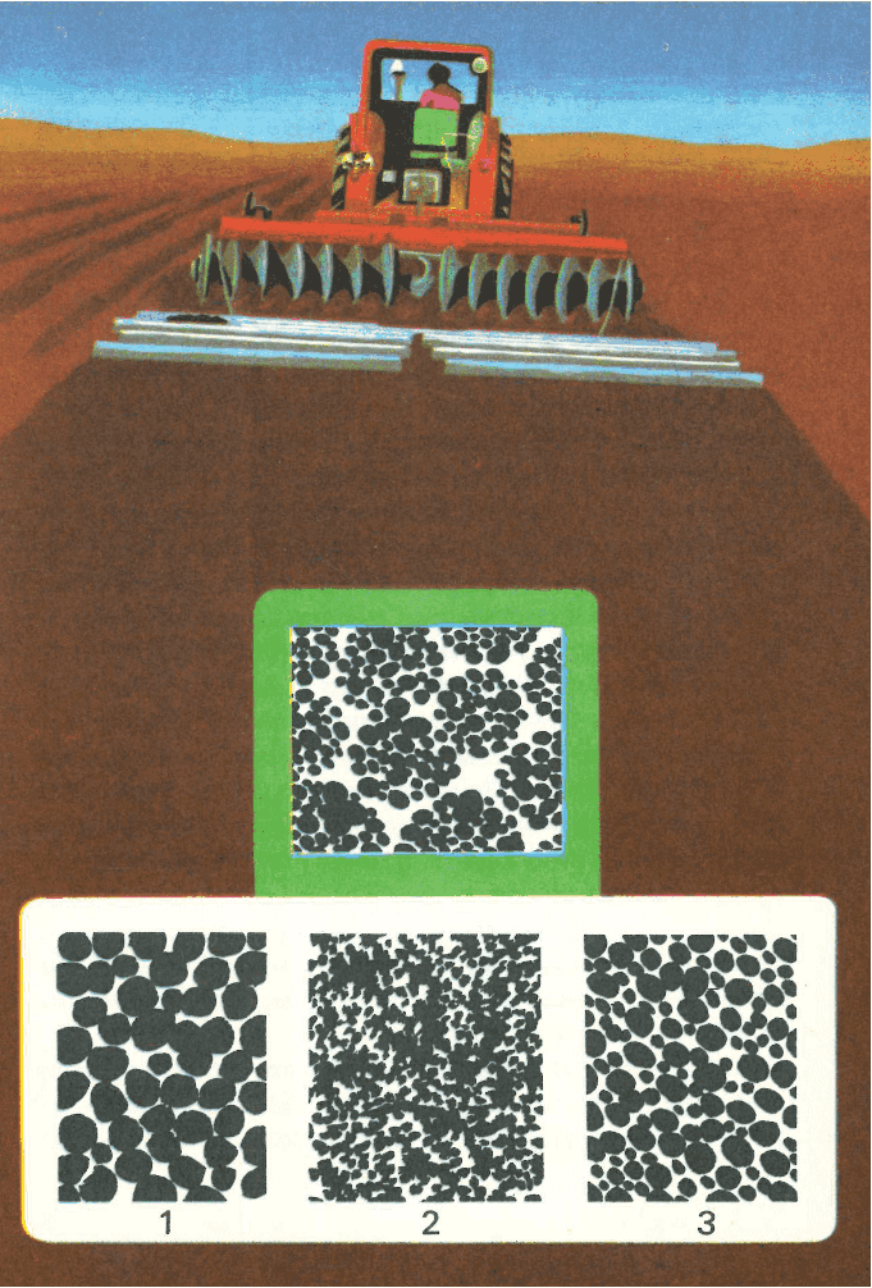
Saure Sandböden und Hochmoore sind zu mager, um den Kalziumhunger der Pflanzen stillen zu können. In allen anderen Böden fände sich jedoch genügend Kalzium für den unmittelbaren Bedarf der Pflanzen, denn die meisten Böden sind von der Natur ausreichend mit Kalzium versorgt worden. Mit jeder Ernte wird ihnen zwar durchschnittlich 50 kg je Hektar entzogen, doch durch unterschiedliche Prozesse wird ergänzt, was von den Pflanzen entnommen und vom Sickerwasser ausgewaschen wird – und das sind noch einmal 100 bis 400 kg je Hektar im Jahr.

Wenn aber dennoch Böden an Kalzium verarmen, dann sind die Säuren schuld daran, die sich im Boden ansammeln.

Säuren werden durch die Lebenstätigkeit der Bodenlebewesen gebildet, zum Teil auch von den Wurzeln der Pflanzen ausgeschieden. In ständig feuchten Böden können organische Substanzen nicht vollständig zersetzt werden – die Bildung unerwünschter Säuren ist eine der Folgeerscheinungen.

Ein fruchtbarer Boden ist krümelig und locker. Wie ein

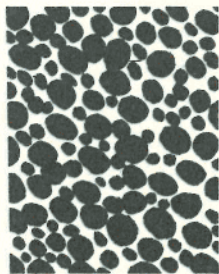
Schematische Darstellung der Bodenstruktur. Krümelstruktur (grün), Einzelkornstruktur (weiß); 1 Sandboden, 2 Tonboden, 3 Lehmboden.



1



2



3

Schwamm vermag er Feuchtigkeit aufzunehmen und festzuhalten. Mit zunehmender Versauerung aber wird seine Fruchtbarkeit zerstört. Wie ein Schwamm, den man zu Staub zermahlt, so verliert dieser Boden seine lockere Struktur und sein Volumen, kann nicht mehr durchlüftet werden und vermag das Bodenwasser nicht festzuhalten. Ohne Bodenluft und Wasser kann sich aber kein pflanzliches Leben entwickeln. Der Regen schwemmt die Nährstoffe fort, in tiefere Bodenschichten, in denen sie für die Pflanzen nicht mehr von Nutzen sind. Manche Nährstoffe werden unter diesen Bedingungen chemisch so umgewandelt, daß sie den Pflanzen nicht mehr zugänglich sind. Am leichtesten fällt der Phosphor solchen Prozessen zum Opfer, erst das Kalzium vermag ihn wieder aus diesen chemischen Fesseln zu befreien. So setzt jede Kalkdüngung unter anderem auch beachtliche Mengen Phosphor für die Pflanzenernährung frei.

In einem Fingerhut voll Erde stecken einige Milliarden Mikroben. Die Masse der Mikroorganismen, die in der Ackerkrume eines Hektars leben sollen, beträgt etwa 400 kg! Diese 400 kg Kleinstlebewesen verarbeiten unter günstigen Lebensbedingungen an einem Tag eine Bodenmasse, die dem Tausendfachen ihrer eigenen Masse entsprechen kann.

Diese Mikroorganismen aber, deren Lebensfähigkeit eine der Grundvoraussetzungen für das Leben eines gesunden Bodens ist, atmen und vermehren sich in einem sauren Milieu nicht.

Das Kalzium neutralisiert die Säuren, sorgt dafür, daß die staubigen Teilchen des Bodens zusammenbacken zu jener lockeren, porösen Krümelstruktur, die genügend

Wasser und Luft aufnehmen kann. In einem solchen Boden fühlen sich nicht nur die Mikroorganismen wohl, sondern auch die Regenwürmer und die anderen Bodentiere, die unermüdlich den Boden auflockern und so seine Durchlüftung fördern. Der Boden kann leben.

Vor dem zweiten Weltkrieg erhielt in Deutschland jeder Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche 78 kg Kalk im Jahr. Heute ist in unserer Republik die 250-kg-Grenze längst überschritten. Kalkreserven mußten erschlossen und neue Technologien gefunden werden. Vor fast zwei Jahrzehnten tauchten im Oderbezirk die ersten umgebauten Zementsilowagen auf, die mit kräftigen Gebläsen Kalkstaub auf die Äcker brachten. Heute sorgen etwa fünfhundert spezialisierte Brigaden für das Ausbringen der Kalkdünger in der ganzen Republik.

An Rohstoffen stehen die reichen Kalksteinvorkommen zur Verfügung, die auf verschiedene Art verarbeitet werden können. Auch eine Vielzahl von Abfallprodukten der Industrie können verwendet werden. In den Zuckerfabriken beispielsweise wird der zuckerhaltige Saft der Rüben mit Kalk gereinigt, zurück bleibt der Scheideschlamm, der 40 % Kalzium und zugleich auch Stickstoff enthält. Die Hochofenschlacke, Abfallprodukte der Gaswerke, der Sodagewinnung, der Seifenproduktion, der Zellulose – und der Papierherstellung, verschiedene Aschen und Zementstaub enthalten meist ebensoviel Kalzium wie der gemahlene Kalkstein.

Das Geheimnis der tanzenden Hühner

Im Juli 1893 bricht Fridtjof Nansen auf, um sich mit seinem Expeditionsschiff „Fram“ im Packeis einschließen und durch das Polarbecken treiben zu lassen. Vielleicht wird es ihm gelingen, zum Pol vorzustoßen. Im gleichen Jahr beendet der schwedische Forscher Sven Hedin die Vorbereitungen für seine große Expedition in das Innere Asiens, und in Holland begibt sich ein junger Gerichtsmediziner an Bord eines Schiffes, das ihn nach Indonesien bringen soll. Ihn lockt nicht die unbekannte Ferne, sondern eine unerforschte Krankheit. Christian Eijkman folgt einem Auftrag seiner Regierung. Auf den Inseln zwischen Asien und Australien, zwischen dem Indischen und dem Stillen Ozean wütet eine Krankheit, gegen die es kein Mittel zu geben scheint. Sie bereitet den niederländischen Kolonialherren Sorgen, denn kranke Eingeborene bringen keinen Gewinn.

In Batavia – dem heutigen Djakarta –, der Hauptstadt des niederländischen Kolonialreiches, nimmt Eijkman seine Arbeit auf. Was ist Beriberi für eine Krankheit? Müdigkeit und Schwäche befällt die Erkrankten, ihre Haut zeigt seltsame Veränderungen, Lähmungen und Krämpfe quälen sie. Am stärksten werden die Beinmuskeln angegriffen, die weiche Hirnhaut kann sich entzünden, die Leber wird geschädigt, Herzerweiterungen treten auf – und am Ende steht der Tod.

Wie eine Seuche grassiert diese Beriberi. Es scheint sich um eine Infektionskrankheit zu handeln – doch ihr Erreger bleibt unauffindbar. Eijkman bleibt in Batavia, das Geheimnis der Beriberi hält ihn gefangen.



Eines Tages steht er gedankenversunken am offenen Fenster seines Laboratoriums und schaut hinab auf den Hof des Krankenhauses. Seltsam, wie sich die Hühner dort gebärden, sie tanzen, taumeln und torkeln. Da kommt ihm plötzlich der Gedanke: Die Hühner sind an Beriberi erkrankt.

Eijkman stellt fest, daß die Hühner die Reste der Reispeisen, des Hauptnahrungsmittels in Ostasien, erhalten, die für die Patienten bereitet werden. Kann auf diesem Wege eine Ansteckung erfolgt sein? Eijkman nimmt seine bakteriologischen Untersuchungen wieder auf. Wird er diesmal den Erreger finden?

Er glaubt sich seinem Ziel nahe, doch zu diesem Zeitpunkt entdeckt ein Inspektor, daß die Hühner der Anstalt mit poliertem Reis gefüttert werden. Ab sofort dürfen sie nur noch Reiskleie fressen, jenen Abfall, der übrigbleibt, wenn die Reiskörner geschält und poliert werden, um eine weiße Färbung zu erhalten.

Die Geschichte nimmt eine verblüffende Wendung. Plötzlich sind die Hühner wieder gesund! Reis und Beriberi – haben sie etwas miteinander zu tun? Eijkman fordert von allen Gefängnissen der Inselwelt Berichte über den Gesundheitszustand der Insassen an. Dort, wo die Häftlinge mit unpoliertem Reis ernährt werden, tritt keine Beriberi auf. Die Schlußfolgerung erscheint einfach: In dem Silberhäutchen, von dem das Reiskorn umhüllt ist – und das man beim Schälen und Polieren entfernt –, muß ein unbekannter Stoff verborgen sein. Dieser Stoff, stellt Eijkman 1906 fest, ist für die Gesundheit des Menschen unentbehrlich und unterscheidet sich erheblich von den Eiweißen, Zuckern, Fetten und Salzen,

von denen man bislang angenommen hatte, sie reichten aus, den Menschen vollwertig zu ernähren.

Wenige Jahre später konnte der polnische Forscher Casimir Funk den noch unbekannten Stoff aus der Reiskleie isolieren. Er nannte ihn Vitamin. Dieser Name wurde später zur Sammelbezeichnung für eine ganze Gruppe von Wirkstoffen, die vorwiegend in den Pflanzen gebildet werden und für Tiere und Menschen unentbehrlich sind – und wie man seit wenigen Jahren weiß, können auch Pflanzen nicht ohne Vitamine leben. Der ungarische Biochemiker Szent-Györgyi, der das Vitamin C entdeckt hat, definierte Vitamine als „Substanzen, die einen krank machen, wenn man sie nicht ißt“!

Wie kommt das Kobalt in die Leber?

Die Geschichte, die mit den tanzenden Hühnern von Batavia begonnen hat, ist noch nicht zu Ende. Jenes Vitamin B, das Eijkman entdeckt und Funk aus der Reiskleie isoliert hatte, erwies sich als ein Komplex von Wirkstoffen. Bis heute sind 15 Vitamine dieser B-Gruppe bekannt geworden. Eines der wichtigsten wurde im Kampf gegen die perniziöse Anämie, der tödlich verlaufenden Blutarmut, entdeckt.

In den etwa 5 l Blut, die in unserem Körper kreisen, müssen stets etwa fünfundzwanzig Billionen roter Blutkörperchen vorhanden sein. Etwa zweihundert Milliarden abgenutzter Blutkörperchen werden täglich in der Milz abgebaut, und das rote Knochenmark muß den täglichen Ersatz liefern. Wird dessen Produktion an-

haltend gestört, tritt eine Blutarmut ein, an der der Patient sterben muß.

Zwei amerikanische Ärzte stellten 1925 die Vermutung auf, daß die an perniziöser Anämie Erkrankten nicht genügend Fleisch äßen. Man gab den Patienten täglich 200 g rohe Leber, eine hochkonzentrierte Eiweißnahrung. Das Mittel half. Niemand konnte erklären, warum. Vierundzwanzig Jahre lang wurde nach einer Erklärung gesucht. Dann gelang es gleichzeitig in Amerika und England, eine Substanz, dunkelrote Kristalle, aus Leberextrakt zu gewinnen, die Vitamin B₁₂ genannt wurde. Millionstel Teile eines Grammes genügten, die Produktion der roten Blutkörperchen wieder in den lebensnotwendigen Rhythmus zu bringen.

Nach weiteren sieben Jahren war auch geklärt, aus welchen Atomen und nach welchen Bauplänen die komplizierten Moleküle dieses Vitamins zusammengefügt sind. Man begann Wege zu suchen, dieses Vitamin künstlich zu erzeugen. Die letzten Geheimnisse um die Wirkungsweise dieses Vitamins sind jedoch auch heute noch nicht gelöst. Wir wissen nur, daß es allein im Zusammenspiel mit einer anderen Substanz wirksam werden kann, die direkt in unserem Körper synthetisiert wird.

Etwas überraschte die Entdecker des Vitamins B₁₂ besonders: Das Kobalt stellt das Zentralatom, den Mittelpunkt jedes dieser kompliziert gebauten Vitaminmoleküle. In reinem Zustand ist Kobalt ein weißglänzendes Metall, das einen rötlichen Schimmer zeigt. Seinen

Abbau von Kobalt im Mittelalter.



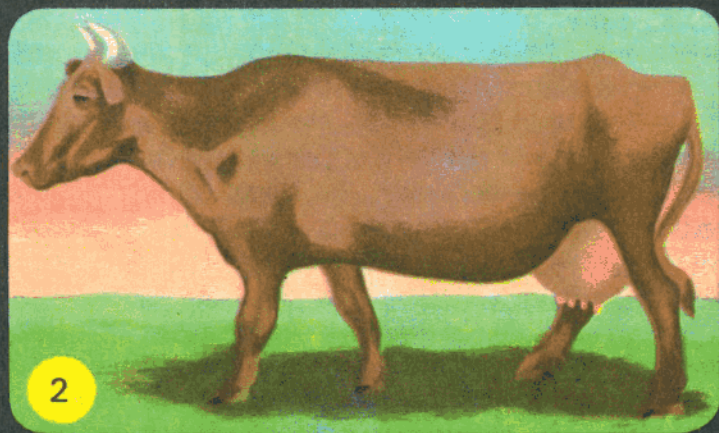
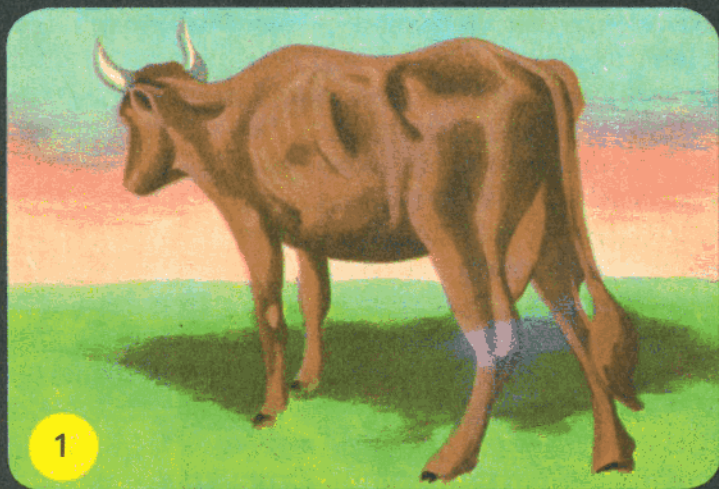
Namen erhielt es im Mittelalter, als im Erzgebirge Minerale gefunden wurden, die Silber-, Kupfer- und Zinnerzen täuschend ähnlich sahen, aus denen sich aber kein brauchbares Metall gewinnen ließ. Da fühlten sich die Bergmänner von den Berggeistern, den Kobolden, ge-neckt, und sie nannten dieses Mineral Kobalt. Der Name ging dann später auf das Metall über, als man lernte, es rein darzustellen.

Das Kobalt ist eines der wichtigsten Spurenelemente. Die Entdeckung der Spurenelemente, besser gesagt, die Entdeckung ihrer Bedeutung für das Leben, leitete einen neuen Abschnitt in der Erforschung der Pflanzenernäh-rung ein. Neue Erkenntnisse über die chemischen Pro- zesse in den Zellen wurden gefunden. Vieles begann im Lichte des wachsenden Wissens um die Spurenelemente erkennbar zu werden.

Die folgende Begebenheit mag stellvertretend stehen für eine Vielzahl ähnlicher, die hinter die Geheimnisse dieses oder jenes Spurenelementes geführt haben.

Nach der Beendigung des Krieges in den Baltischen Sowjetrepubliken hatte man begonnen, die Viehbe- stände wieder aufzubauen. Doch bald breitete sich in einigen Gebieten eine scheinbar unheilbare Krankheit aus. Ihr Erscheinungsbild war schon seit langem bekannt – man kannte sie in Weißrußland so gut wie in Nord- deutschland, in Schweden wie in Australien. Generatio- nen von Forschern hatten sich vergeblich bemüht, ihr Geheimnis zu lüften. Bisher wußte man nur, daß sie auf

1 an Kobaltmangel erkrankte Kuh; 2 dasselbe Tier nach der Behandlung mit Kobaltpräparaten.



bestimmte Gebiete beschränkt blieb. In diesen Gebieten wurde gesundes Vieh krank, magerte ab, und spätestens nach drei Jahren trat der Tod ein. Die Bauern nannten diese Krankheit Rückenmarkschwindsucht. Siedelte man erkranktes Vieh jedoch um in andere Gebiete, wurde es bald wieder gesund.

Wissenschaftler der Lettischen Akademie der Wissenschaften nahmen sich der seltsamen Krankheit an. Zunächst wurde das Futter untersucht, doch alle Stoffe, die das Vieh zum Leben braucht, schienen im Futter enthalten zu sein. Man analysierte das Trinkwasser, fand aber keine Spur. Da traf eine merkwürdige Nachricht ein. Mitten in einem ausgedehnten Krankheitsgebiet hielt ein Förster Kühe – und die waren kerngesund! Sie erhielten das gleiche Futter wie alle anderen Kühe in dieser Gegend, doch zusätzlich noch Melasse, das schwarzbraune, sirupartige Abfallprodukt der Zuckerproduktion. Viele wertvolle Nährstoffe enthält Melasse, aber sie enthält auch Kobalt! In Spuren nur, etwa 1,5 mg in jedem Kilogramm. Im weiteren Verlauf der Experimente bestätigte sich, daß winzige Gaben von Kobalt die Rückenmarkschwindsucht zu heilen vermögen. In Riga und Leningrad wurde sofort die Produktion eines Kobaltpräparates aufgenommen.

Die kranken Böden aber wurden mit 2 kg Kobalt je Hektar, in einer den Pflanzen zugänglichen Form, gedüngt und geheilt. Das Futter, das sie tragen, enthält wieder jene Spuren von Kobalt, die für das Leben der Tiere unerlässlich sind.

Die winzigen Riesen

Zehn Elemente des Lebens hatte man unter Liebig's Leitung in dem Laboratorium auf dem Seltersberg entdeckt. Sie werden in erheblichen Mengen verbraucht: man nennt sie deshalb heute auch Makroelemente. Das Kobalt dagegen gehört zu einer weit umfangreicheren Gruppe von Elementen, die mit den Apparaturen und Methoden, die Liebig zur Verfügung standen, unauffindbar bleiben mußten. Sie werden in äußerst geringen Mengen, in Spuren benötigt und heißen Spurenelemente oder Mikroelemente.

Während 98% unseres Körpers aus Atomen der zehn Makroelemente zusammengesetzt sind, werden für die restlichen 2% weit über sechzig Mikroelemente benötigt. Wahrscheinlich werden sich mit der weiteren Vervollkommenung der Analyseverfahren alle natürlichen Elemente in den lebenden Zellen nachweisen lassen. Aber ob Makro- oder Mikroelemente, alle muß die Pflanze für uns dem Boden entziehen.

Während der Mensch sich seit Jahrzehnten bemüht, den Böden in steigendem Maße jene Makroelemente zurückzugeben, die er ihnen mit den Ernten entzieht, steht die Düngung mit Mikronährstoffen noch am Anfang. Erst seit einigen Jahren wird die Wirkungsweise der Spurenelemente gründlich und systematisch erforscht.

Sehr kompliziert sind die Aufgaben, die zu bewältigen sind. Es gilt, den Weg zu verfolgen, den die Atome dieser Elemente in den Organen von Pflanzen, Tieren und Menschen nehmen. Sie müssen wiedergefunden werden, wenn sie ihre Plätze in den Molekülen der che-

mischen Verbindungen eingenommen haben. Mitunter muß ein einzelnes Atom eines Mikroelementes aufgespürt werden in einem Riesenmolekül, an dessen Bau die Atome der Makroelemente zu Tausenden beteiligt sind. Mehr noch: Man muß auch herausfinden, welchen Platz es in den Molekülen einnimmt, welche Aufgabe es dort zu erfüllen hat, warum es gerade dort und nicht an einer anderen Stelle der Moleküle sitzt. Erst wenn all diese Fragen beantwortet sind, kann das Geheimnis der Spurenelemente als gelöst betrachtet werden.

Nach allem, was wir heute wissen, liegt die Hauptaufgabe der Spurenelemente darin, die zahlreichen Enzyme zu aktivieren.

Ununterbrochen laufen in den lebenden Zellen Hunderte chemischer Prozesse ab. Alle sind miteinander verkettet, und weil sie in Zellen ablaufen, nennen wir sie biochemische Reaktionen. Komplizierte chemische Verbindungen werden in einfache Bausteine zerlegt, die Bausteine zu neuen Verbindungen zusammengefügt. Wie an einem Fließband werden im „Chemiekombinat Zelle“ die Moleküle bearbeitet, Molekül für Molekül.

Wie bei einer industriellen Fließfertigung oder in einem automatisierten Betrieb sind alle Prozesse in kleine Einzelschritte zerlegt. In der Industrie nennt man solche aufeinander abgestimmten Schritte Takte. In der Zelle ist jeder Takt eine biochemische Reaktion, wird bei jedem Takt eine Veränderung an dem zu bearbeitenden Molekül vorgenommen. Für fast jede biochemische Reaktion wird ein spezieller Katalysator benötigt, so etwa wie bei der Ammoniaksynthese ein Eisenkatalysator anwesend sein muß. Die Katalysatoren für biochemische Prozesse

nennt man Enzyme. Keine Reaktion kann ohne die Anwesenheit des für sie notwendigen Enzyms ablaufen. Wie die Katalysatoren in der industriellen Chemie brauchen auch die Enzyme bei den biochemischen Reaktionen nur anwesend zu sein, in die Produkte der Reaktionen gehen sie nicht ein.

Die Enzyme können auch die Geschwindigkeit der biochemischen Reaktionen verändern.

Ein Enzym in reiner Form zu gewinnen, gelang 1926 zum ersten Mal. Seither sind einige Dutzend weitere Enzyme kristallisiert worden, und einige Hundert lassen sich fast rein darstellen. Die Gesamtzahl aller Enzyme aber wird auf einige Tausend geschätzt. Erst wenn man ein Enzym in reiner Form gewonnen hat, kann man an die Aufklärung seiner molekularen Struktur gehen. Den Molekülaufbau einer möglichst großen Zahl von Enzymen aufzuklären, liegt im Interesse der Wissenschaftler vieler Disziplinen. Die Biologen und Mediziner warten darauf und auch Verfahrenstechniker der chemischen Industrie, denn wenn es eines Tages gelingt, bestimmte Enzyme industriell zu gewinnen, werden diese neue und erheblich leichter zu beherrschende Technologien ermöglichen.

Die Enzymforschung wird auch viele Geheimnisse der Spurenelemente lüften helfen, denn von den Spurenelementen erhalten die Enzyme ihre Aktivität. So sind die Spurenelemente an allen Stoffwechselprozessen beteiligt, auch an der Synthese der Hormone und Vitamine, die oft selber Atome von Spurenelementen enthalten.

Bisher konnten in den lebenden Zellen mehr als sechzig Spurenelemente nachgewiesen werden, ob sie alle für

das Leben unentbehrlich sind, konnte jedoch noch nicht geklärt werden. Als unbedingt lebensnotwendig haben sich vor allem erwiesen: Bor, Molybdän, Kupfer, Mangan, Kobalt, Zink und Jod. Gewißheit herrscht auch darüber, daß diese Elemente auf den meisten Kulturböden nicht ausreichend vorhanden sind.

Hülsenfrüchte, Klee, Luzerne, Tomaten und Blumenkohl gedeihen besser, wenn sie mit Molybdän gedüngt werden. Viele Pflanzen werden durch Molybdän zu schnellerem Wachstum angeregt. Warum, weiß bis heute noch niemand!

Eine für die Wirkungsweise von Mikroelementen bezeichnende Geschichte wird aus Neuseeland berichtet. Die wirtschaftliche Grundlage dieser Doppelinsel im Stillen Ozean bildet eine hochentwickelte Viehwirtschaft. Um für diese großen Viehbestände ausreichend Futter ernten zu können, werden die Weiden sehr oft gekalkt. Vor einigen Jahren mußten Farmer aus finanziellen Gründen auf billigere Kalksorten zurückgreifen, und sie ernteten bedeutend mehr Klee und Luzerne als ihre Nachbarn, die sich die üblichen teuren Kalksorten leisten konnten. Genaue Analysen ergaben, daß der billigere Kalk Spuren von Molybdän enthielt. Nun düngte man auch Bergweiden, die von Flugzeugen aus mit Kalk versorgt werden, mit Molybdän, und 50 g dieses Spurenelementes erwiesen sich so wirksam wie 1 t Kalk. Wissenschaftler eines Versuchsgutes stellten fest, daß sich

Mangelerscheinungen durch fehlende Spurenelemente. 1 Bormangel am Apfel, 2 Bormangel am Blumenkohl, 3 Manganmangel am Hafer, 4 Kupfermangel am Apfel, 5 Bormangel an der Zuckerrübe, 6 Manganmangel am Pfirsich.

1



2



3



4



5



6



erschöpfte Weiden nach einer Molybdändüngung sofort wieder erholten.

Andererseits traten in einigen Grafschaften Englands Massenerkrankungen bei Haustieren auf – weil die Böden der Weidenflächen weitaus mehr Molybdän enthalten, als für die Tiere zuträglich ist.

Wie bei allen Spurenelementen ist auch beim Bor der Verbrauch durch die einzelnen Pflanzenarten unterschiedlich. Bescheiden sind die Gräser, anspruchsvoll die Rüben. Fehlt Bor im Boden, so erkrankten die Rüben an Herzfäule, und bei den Hülsenfrüchten fallen die Fruchtsätze ab. Manche Pflanzen werden durch eine Düngung mit Bor frostbeständiger. Doch man weiß noch nicht genau, welche Bedeutung das Bor im Leben der Pflanzen spielt.

Auch über die Rolle des Kobalts ist bisher nur sehr wenig bekannt geworden, fest steht jedoch, daß das Kobalt die Intensität der Photosynthese zu steigern vermag. Sowjetische Wissenschaftler berichteten, daß sie bei Versuchen die Erträge von Kartoffeln durch eine zusätzliche Kobaltdüngung um 30 % steigern konnten.

Mangan ist an vielen Stoffwechselprozessen beteiligt und steuert die Verwertung der anderen Nährstoffe. Seine Atome sind in den Molekülen mehrerer Enzyme enthalten. Ermittelt werden konnte auch, daß der Mensch täglich 3 mg bis 5 mg Mangan benötigt.

Wie Versuche ergaben, können Pflanzen auf Böden, die kein Mangan enthalten, nicht leben. Manganhunger leiden fast alle Pflanzen, die auf Torf- und Sandböden wachsen. Unter dem Einfluß von Mangan können Zitronenbäume früher blühen, Erdbeeren größere und

süßere Früchte tragen, die vor allem reich an Vitamin C sind. Besondere Bedeutung könnte die Mangandüngung im Zuckerrübenanbau erlangen. Sowjetische Wissenschaftler haben errechnet, daß die Steigerung des Zuckergehaltes für die Sowjetunion rund 250 000 t Weißzucker entspräche!

Das Spurenelement Kupfer scheint eine ganze Reihe von Stoffwechselprozessen zu beschleunigen. Am besten nehmen es die Pflanzen in ihrem Jugendstadium auf. Ertragssteigerungen durch Kupfergaben konnten bei sehr vielen Kulturpflanzen erreicht werden, bei Weizen, Gerste, Zuckerrüben, Mais, Hanf, Lein und bei Sonnenblumen und Erbsen. Weinreben, die mit einer Kupferlösung bespritzt werden, tragen größere und süßere Trauben. Kupfer aber erhöht nicht allein die Erträge, sondern auch die Qualität der pflanzlichen Produkte und die Widerstandskraft der Pflanzen gegen Pilzkrankheiten.

Im letzten Jahrzehnt ging in Kasachstan der Zuckergehalt der Zuckerrüben auffällig zurück. Erhöhte Mineraldüngergaben brachten keine Besserung. Genauere Bodenanalysen ergaben schließlich eine Verarmung an Spurenelementen. Eine Düngung mit Zink ließ den Zuckergehalt fast wieder auf die alte Höhe steigen. Noch weit empfindlicher gegenüber Zinkmangel reagieren Mais, Hopfen und vor allem Obstbäume. Ein enger Zusammenhang besteht zwischen dem Zink und den Vitaminsynthesen, vor allem scheint Zink die Synthese des Vitamins C zu fördern.

Seit Jahren sind Wissenschaftler bemüht, Düngemittel zu entwickeln, durch die den Böden die wichtigsten

Mikroelemente zugeführt werden können – in Verbindungen, die den Pflanzen leicht zugänglich sind. Doch das ist schwierig, denn noch ist zu wenig über die Wirkungsweise der Spurenelemente bekannt. Ihre wirksamsten Einsatzmengen sind noch nicht erforscht, und der Bedarf der einzelnen Pflanzenarten daran ist unterschiedlich. Was der einen Pflanzenart ausgezeichnet bekommt, kann für die andere schädlich sein. Doch den Böden werden immer größere Ernten abverlangt. Immer mehr Makronährstoffe werden zu diesem Zweck eingesetzt. Immer brennender wird das Problem der Pflanzenernährung mit Mikronährstoffen, denn immer spürbarer begrenzt das Fehlen von Spurenelementen die Wirksamkeit der anderen Nährstoffe. In den USA wurde eine glasartige Schlacke hergestellt, Fritte genannt. Sie enthält Kobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Bor und Molybdän. Mit diesem Dünger soll der Boden jeweils für den Zeitraum von einigen Jahren auf Vorrat versorgt werden. Fritte aber ist teuer, denn das Produktionsverfahren ist sehr aufwendig.

In der Sowjetunion wurde ein Dünger aus Kohleabraum entwickelt, der mehr als zehn Spurenelemente enthält. Auf Versuchsfeldern hat er erstaunliche Ertragssteigerungen bewirkt, die geringste wurde bei Weizen mit 12%, die größte bei Mohrrüben mit 42% erzielt. Bevor aber dieser Dünger zum allgemeinen Einsatz kommen kann, müssen weitere Großexperimente die Erfahrungen vertiefen. Der natürliche Rhythmus der Vegetationsperioden legt jedoch dem drängenden Bedürfnis nach schnellerem Fortschritt Zügel an.

Auch in unserer Republik ist ein Mikronährstoffdünger

entwickelt worden. In sozialistischer Gemeinschaftsarbeit zwischen Ingenieuren des Mansfeldkombinates, Wissenschaftlern des Institutes für Pflanzenernährung Jena und des Institutes für Grünland- und Moorforschung in Paulinenaue entstand ein Dünger, für den Abfallprodukte der Hüttenindustrie eingesetzt werden können. Als „Kupferdüngemehl“ wird er in beschränkter Menge bereits seit einigen Jahren in Mansfeld produziert. Nach dem Aufbau einer Großanlage wird von dort aus der gesamte Bedarf unserer Republik gedeckt werden. In seiner Vielfalt – er enthält einundzwanzig Spurenelemente – und seiner Wirksamkeit übertrifft dieser Dünger alle im kapitalistischen Lager gehandelten Mikronährstoffdünger.

Speisepläne vom Computer

Nur wenn der Mensch die Pflanzen richtig ernährt, die seinen Hunger stillen sollen – seinen und den der Tiere, die zu seiner Ernährung beitragen –, nur dann wird sein Körper all jene Stoffe erhalten, die er benötigt. Doch sieht man es den Pflanzen an, ob sie richtig ernährt werden? Vor einigen Jahren wurde in den Nordbezirken unserer Republik die herbstliche Heuernte untersucht. Hunderteinunddreißig chemische Analysen ergaben, daß nur 16% der Proben allen Anforderungen entsprachen, 84% dagegen waren von minderer Qualität oder sogar wertlos. Das Heu enthielt zu wenig Eiweiße; es fehlten Phosphor, Kalzium und Magnesium. So deckt die chemische Analyse der Ernte die Fehler der Düngung auf.

Im gleichen Jahr wurden in Ohio in den USA Getreidepflanzen untersucht. Nur 48% der Pflanzen waren ausreichend mit allen Nährstoffen versorgt. 52% wiesen einen erheblichen Mangel an einem oder an mehreren Nährstoffen auf. Doch nur einem sehr geringen Teil der unterernährten Getreidepflanzen konnte man diese Mängel ansehen.

Als man im betriebseigenen Laboratorium eines tschechischen Staatsgutes begann, regelmäßig Pflanzenanalysen vorzunehmen, stellte sich beispielsweise heraus, daß nur 5% aller analysierten Roggenpflanzen alle Nährstoffe im richtigen Verhältnis enthielten.

Es sind also nicht allein die mit dem bloßen Auge deutlich erkennbaren Mangelkrankheiten, die auf eine Fehlernährung der Pflanzen hinweisen. Die Beispiele zeigen, daß Erfahrungen und Faustregeln nicht mehr ausreichen. Will man die größtmögliche Menge an Erntegut einbringen, soll die Ernte die für den Menschen bestmögliche chemische Zusammensetzung aufweisen – dann muß man die Pflanzen fehlerfrei ernähren. Eine gute Versorgung der Pflanzen aber hängt von vielen Faktoren ab, vom Zustand des Bodens und von den sehr unterschiedlichen Bedürfnissen der verschiedenen Pflanzenarten, von den klimatischen Bedingungen und vom Zeitpunkt der Düngung. Ein wichtiger Faktor ist auch die chemische Aufbereitung der Dünger. Davon hängt ab, wie schnell ein Düngemittel zu wirken beginnt und wie lange seine Wirksamkeit anhält.

Für jede Pflanzenart gibt es Bedingungen, unter denen alle Nährstoffe besonders gut aufgenommen werden. Doch es ist außerordentlich kompliziert, ideale Lebens-



bedingungen für die Pflanzen zu schaffen und aufrechtzuerhalten.

Wie in vielen Ländern muß auch bei uns der Umfang der Ernten von Jahr zu Jahr gesteigert werden. Eine ständige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion bei gleichbleibender Anbaufläche bezeichnet man als Intensivierung der Landwirtschaft. Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ist auch bei uns dringlich, denn die Nutzfläche, die uns zur Verfügung steht, um einen Bürger mit pflanzlichen und tierischen Produkten zu versorgen, ist kleiner als in vielen anderen Ländern; sie beträgt nur 0,37 ha. Von einer etwa fußballfeldgroßen Anbaufläche müssen also drei Menschen mit all jenen Nahrungsmitteln versorgt werden, die unter unseren klimatischen Bedingungen gewonnen werden können. Die Bevölkerung der DDR wird aber bis zum Jahr 2000 gegenüber der letzten Volkszählung um etwa 2,5 Millionen Menschen zunehmen.

Die wissenschaftlich-technische Revolution wird mit all ihren Möglichkeiten auch in der Landwirtschaft wirksam. Die Hauptrolle fällt dabei der Chemie zu. Das ist eine außerordentlich vielseitige Rolle, und die Versorgung mit Chemiedüngern ist nur ein Ausschnitt aus dem Aufgabenbereich der Agrochemie, allerdings ein besonders wichtiger. Im Jahre 1969 brachte der Einsatz von Chemiedüngern unserer Republik einen Nutzen, der sich in einem Mehrertrag im Werte von 3 000 Millionen Mark niederschlug! Der Aufwand für diese Düngemittel, für ihren Transport, ihre Zwischenlagerung und Ausbringung betrug etwa 1 500 Millionen Mark.

Der Einsatz von Mineraldüngern und anderen Agro-

chemikalien wird ständig erhöht – der damit verbundene Aufwand läßt sich mit althergebrachten Mitteln nicht bewältigen. So wurden in der DDR – erstmals in der Welt – agrochemische Arbeiten aus den Betrieben der Pflanzenproduktion ausgegliedert und spezialisierten agrochemischen Zentren übertragen. In einem Netz von 266 dieser Zentren sind die modernsten technischen Mittel konzentriert. Rund 22 000 Spezialisten können in diesem Bereich die dem neuesten Erkenntnisstand entsprechenden industriemäßigen Produktionsmethoden anwenden. Mehr als 50 Prozent Ertragszuwachs wird dadurch erwartet.

Doch genügen agrochemische Zentren mit hochentwickelter Technik und eignen Flugplätzen? Reicht es aus, ein breites Sortiment an Chemiedüngern und ein wachsendes Heer an hochqualifizierten Spezialisten in Forschung und Praxis einzusetzen?

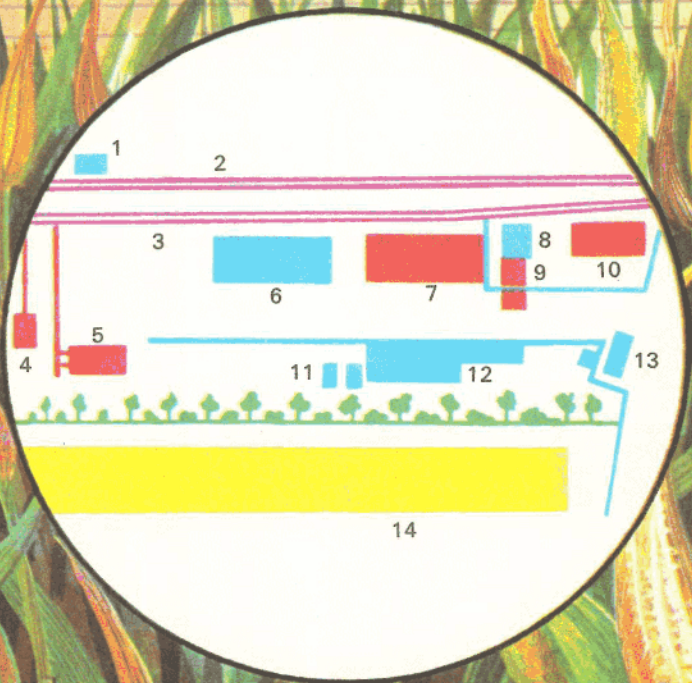
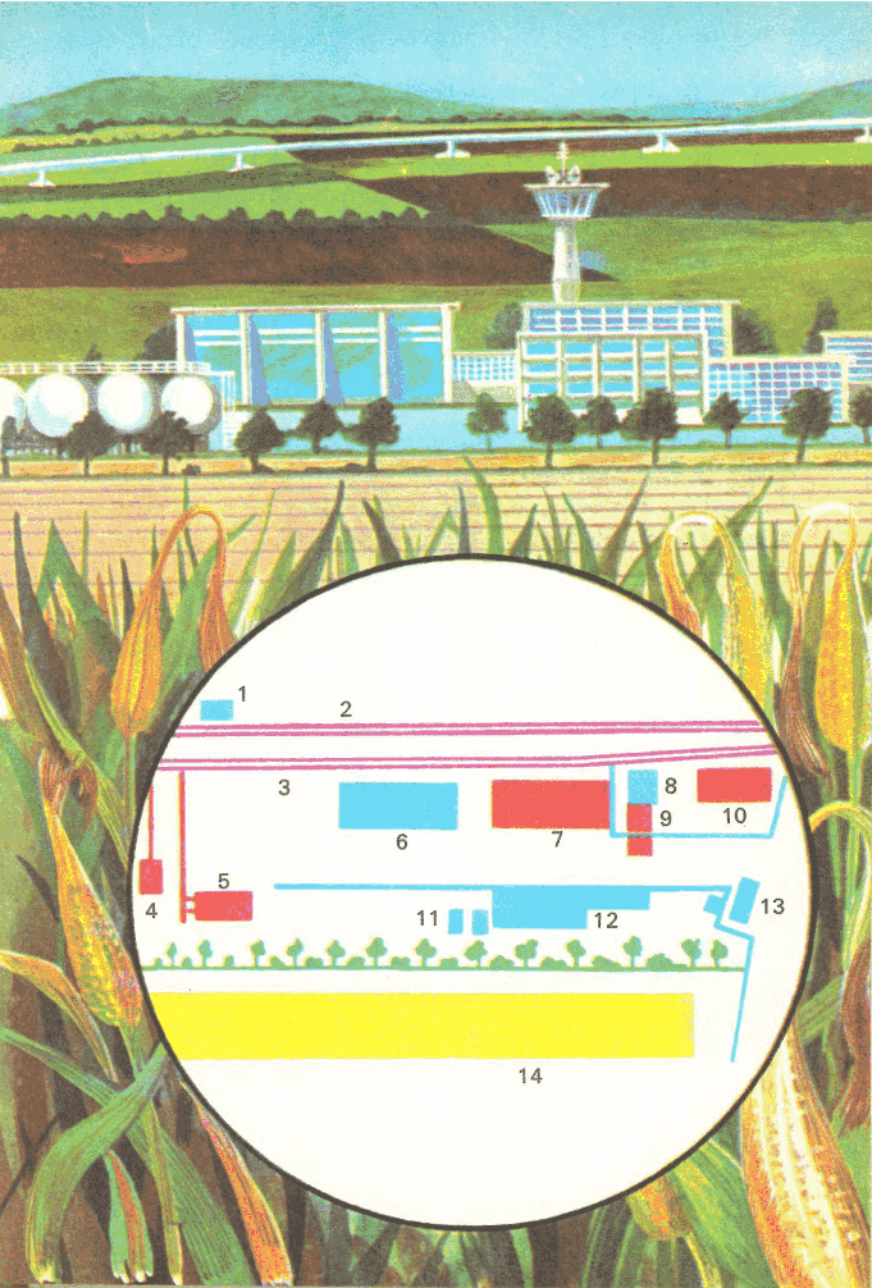
Um unsere Nutzpflanzen gut ernähren zu können, muß eine Fülle von Daten erfaßt und ausgewertet werden. Die wichtigsten Daten müssen chemische Bodenuntersuchungen liefern. Unsere Republik hat 1952 als erstes Land der Welt solche Bodenuntersuchungen gesetzlich eingeführt. Systematisch werden alle fünf Jahre die landwirtschaftlich genutzten Böden analysiert, die Ergebnisse der chemischen Analysen in agrochemischen Nährstoffkarteien eingetragen. Die Landwirtschaftsbetriebe erhalten so eine Anleitung für die zweckmäßigste Düngung.

Eine chemische Bodenanalyse ist eine Information, die aus vielen Einzeldaten zusammengesetzt ist: aus den Angaben, in welcher Konzentration sich jedes gesuchte

Element in der Bodenprobe befindet. In der DDR werden jährlich etwa achtzig Millionen Einzeldaten aus chemischen Bodenanalysen verarbeitet. Aus der Verarbeitung dieser Daten kann eine Vielzahl von Aussagen gewonnen werden – auch für die Aufstellung wissenschaftlich exakter Düngepläne. Doch eine solche Datenfülle kann nur mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitungsanlagen schnell, gründlich und fehlerfrei verarbeitet werden. So halten die Computer auch Einzug in die Landwirtschaft.

In modernen Laboratorien werden die Bodenproben durch automatische Anlagen analysiert. Innerhalb weniger Minuten kann abgelesen werden, in welcher Konzentration die Elemente in dem untersuchten Boden vorhanden sind. Wird so eine kostspielige Anlage mehrschichtig genutzt, dann kann sie viele hundert Bodenproben täglich analysieren und so Tausende von Einzeldaten liefern. Diese Daten gibt der automatische Analysator weiter an einen Computer, der sie verarbeitet. So kann man beispielsweise mit früheren Ergebnissen vergleichen und aus diesem Vergleich Schlußfolgerungen ziehen. Teilt man dem Computer mit, welche Pflanzenart man auf dem analysierten Boden anzubauen beabsichtigt, dann wird er in Sekundenbruchteilen ermitteln, welche Chemiedünger ausgebracht werden

Lageplan eines Agrochemischen Zentrums: 1 Lager für Pflanzenschutzmittel, 2 Hauptgleis, 3 Anschlußgleis, 4 Ammoniaklade, 5 Tanklager für Ammoniak, 6 und 7 Düngerlager, 8 Maschinenhalle, 9 Ersatzteillager, Heizung und Sozialgebäude, 10 Ingenieurbüro und Konsultationspunkt, 11 Tanklager für Aerosprühmittel, 12 Stützpunkt Waschplatte, 13 Tankstelle, 14 Flugplatz.



müssen, um die besten Lebensbedingungen für diese Pflanzen schaffen zu können. Über einen Schnelldrucker wird er die entsprechenden Anweisungen an das zuständige Agrochemische Zentrum ausdrucken.

Wenn die chemische Industrie auch noch nicht in der Lage ist, sämtliche für eine optimale Versorgung erforderlichen Chemiedünger zur Verfügung zu stellen, so können Computer doch die zweckmäßigste Verteilung der vorhandenen Mengen berechnen, mit dem Ergebnis, daß der Gewinn aus der Düngung um ein Drittel erhöht wird!

Doch Computer können mehr. Man muß nur lernen, die Aufgaben zu formulieren.

Wir wissen aus Tausenden von Experimenten, daß jede Pflanze ununterbrochen Informationen verarbeitet. Entsprechend dem Inhalt dieser Informationen beschleunigt oder verlangsamt sie bestimmte Prozesse. Wenn es gelingt — und ein Großforschungsvorhaben der Moskauer Landwirtschaftsakademie ist dieser Aufgabe gewidmet —, ein System zu schaffen, das in der Lage ist, die Reaktionsimpulse, die von den Pflanzen ausgehen, aufzufangen und an einen Computer zur Auswertung weiterzuleiten, dann kann dieser Computer gleichsam auf Bestellung über stationäre Berechnungsanlagen Wasser, Pflanzennahrung, Wachstumsstimulatoren und Pflanzenschutzmittel liefern.

Hier zeichnen sich die Wege zu einer computergesteuerten stabilen Pflanzenproduktion ab.

Der vollautomatisierte Salatkopf

In den zwölf Jahrtausenden seit Bestehen der Landwirtschaft hat sich der Mensch darauf beschränken müsse, den Pflanzenanbau auf nutzbaren Flächen auszuweiten. Jetzt beginnt er, auch die dritte Dimension zu erschließen.

Auf dem Gelände der Internationalen Gartenschau vor den Toren Wiens steht seit einigen Jahren ein Turm-gewächshaus von 41 m Höhe. Ersonnen wurde dieser Turm von dem österreichischen Ingenieur Ruthner. Ähnliche Pflanzentürme stehen bereits in vielen Ländern der Welt.

Es sind nicht Gewächshäuser im herkömmlichen Sinne, etwa nur aus Platzmangel auf enger Grundfläche zusammengedrängt und auf mehrere Etagen verteilt, es sind Türme, in denen die Pflanzen pausenlos in Aufzügen fahren. Diese Pflanzenaufzüge gleichen den Umlaufaufzügen, den Paternostern. An sechs Strängen hängen die „Beete“, so etwa wie die Kabinen in einem Riesenrad. Nur bewegen sich die Pflanzenkabinen nicht in einer kreisförmigen Bewegung auf und ab, sondern parallel zueinander; und die Masse der abwärtsfahrenden Beete hilft, die der aufwärtsfahrenden emporzuheben, eine endlose Kette, für deren Betrieb verhältnismäßig wenig Energie benötigt wird.

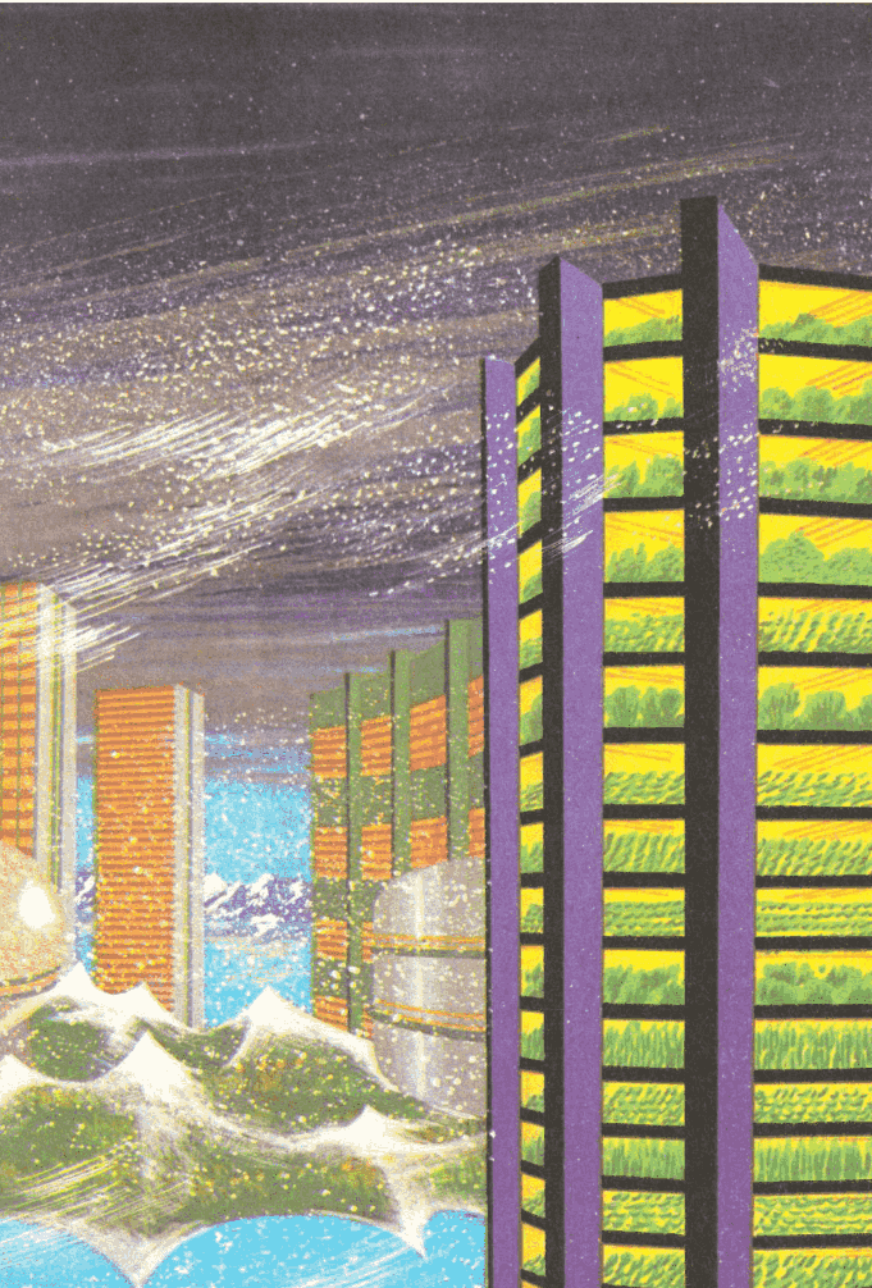
Nur 50 m² nimmt die Grundfläche des Gewächshausturmes ein — durch seine Höhe aber bietet er eine Anbaufläche von 1 000 m². Die hohen und sehr schlanken Türme gleichen Schornsteinen — und Frischluft und Wärme steigen im Turm aufwärts wie in einem

Schornstein. Die Geschwindigkeit der Luftbewegung wird den Bedürfnissen der Pflanzen angepaßt. Stufenlos reguliert werden kann auch die Geschwindigkeit des Pflanzenaufzuges; eine Rundfahrt durch den Turm kann eine bis sechseinhalb Stunden dauern.

Bedeutungsvoll ist die Trennung der Pflanzen vom natürlichen Boden. Sie wachsen nicht in mühevoll hergestellter Gewächshauserde, sondern werden durch eine Nährlösung mit Nahrung versorgt, nach dem Hydroponikprinzip, nach dem auch in vielen Haushalten schon seit langem Zierpflanzen gehalten werden.

Seit etwa zwei Jahrzehnten wird überall in der Welt versucht, dieses Hydroponikverfahren im Großmaßstab für die Gemüseproduktion nutzbar zu machen. Es ermöglicht größere Ernten und gleichmäßige Erträge, es erlaubt, den Aufwand an Arbeitskräften erheblich zu senken. Doch was im kleinen Maßstab ausgezeichnet funktioniert – im Großmaßstab stellt es die Forschung überall in der Welt vor immer neue Schwierigkeiten. Auch in unserer Republik bereiten Wissenschaftler die Errichtung erdloser Gemüsefabriken vor, die jeweils mehrere Hektar Fläche einnehmen und in der Nähe großer Industriewerke stehen sollen – dort also, wo billig heiße Abwässer oder Dampf anfallen. Beim Kraftwerk Vockerode an der Elbe wurde der größte Gewächshauskomplex der DDR errichtet; ein Drittel der 30 ha großen Anlage ist für die Gemüseproduktion in Hydrokultur vorgesehen.

Im Gewächshauturm aber werden die Beetkabinen an der tiefsten Stelle des Umlaufaufzuges in ein Becken mit Nährlösung getaucht, deren Gehalt an Nährsalzen sich



leicht zusammenstellen läßt. Die Lösung, die beim Eintauchen aufgenommen wird, reicht für die Dauer eines Umlaufes aus. Ähnlich wie in der Steuerzentrale eines Industriewerkes kann hier der Gärtner in einem Sessel sitzen. Er bedient und überwacht die Steuervorrichtungen und läßt die Pflanzen an sich vorüberziehen. Er begutachtet sie und fällt die notwendigen Entscheidungen. Salat und Zierpflanzen und selbst Erdbeeren wurden auf diese Weise im Gewächshausturm von Wien gezogen. Solche Gewächshäuser können überall stehen, inmitten der großen Städte und in Wüstengebieten, in der arktischen Kälte und auf felsigen Hochebenen. Überall dort, wo die lebensnotwendige Versorgung mit Frischgemüse auf Schwierigkeiten stößt – etwa durch hohe Transportkosten –, werden sich die zur Zeit noch recht kostspieligen Anlagen bald bezahlt machen. Doch der Pflanzenturm von Wien ist nur eine Vorstufe zum „vollautomatischen Salatkopf“.

Vollautomatische Pflanzenproduktion – das klingt heute noch utopisch. Doch unerfüllbar ist diese Wunschvorstellung nicht – sie ist ein reales Ziel. Allerdings muß zunächst noch eine umfangreiche Forschungsarbeit bewältigt werden; denn eine Vielzahl von Zusammenhängen zwischen den biochemischen Prozessen in den

Beispiel für elektronisch gesteuerten Pflanzenanbau. 1 Wasser, 2 Kohlensäure, 3 Licht, 4 Sauerstoff, 5 Hydrosender, 6 Mikrothermistor, 7 Photoelektronengerät, 8 Meßinstrument für den Wasserstrom, 9 Meßinstrument für die Temperatur, 10 Meßinstrument für den Stand der Nährlösung, 11 Computerzentrale, 12 Speicher, 13 Dosierer, 14 Mischer, 15 Kohlensäure tanks, 16 Heißwasserspeicher, 17 Mischer, 18 Pumpe.



Pflanzenzellen und den Umweltbedingungen ist zur Zeit noch unbekannt und kann folglich auch noch nicht mathematisch beschrieben werden.

Das aber ist die Voraussetzung dafür, einen Computer so programmieren zu können, daß er optimale Steuerungsprogramme für die verschiedensten Pflanzenarten erarbeiten und den automatischen Produktionsprozeß überwachen kann.

Die Wissenschaftler des Agrophysikalischen Institutes in Leningrad versuchen, dieses Hindernis zu umgehen. Sie wollen es den Pflanzen selber überlassen, die Umweltfaktoren ihren Bedürfnissen entsprechend zu steuern. In langjährigen Versuchen haben sie winzige Halbleitermeßfühler entwickelt. Mit ihnen werden einzelne Pflanzen ausgestattet. Diese senden – stellvertretend für die gesamte Pflanzengeneration, die in einer Anlage heranwächst – Einzelheiten über ihr biologisches Wohlbefinden an einen Computer. Der vergleicht die eingehenden Meldungen miteinander, um Fehlinformationen auszuschalten, und er regelt jene Bedingungen, aus denen sich das Mikroklima der Gemüsefabrik zusammensetzt. Buschbohnen, so verlautet aus Leningrad, sollen auf diese Weise sehr „vernünftig“ ihren Computer veranlaßt haben, für optimale Wachstumsbedingungen zu sorgen.

Nun bauen die Leningrader Agrophysiker einen fünfgeschossigen elektronisch gesteuerten Gemüsegarten. Er wird unabhängig vom Boden und auch von der Lebenstätigkeit der Bodenorganismen sein. Er wird frei sein von Störungen, die durch das in absehbarer Zeit nicht beeinflussbare Klima verursacht werden, und er

wird das ganze Jahr über in Betrieb sein können. Die Aufgaben der Sonne übernehmen spezielle Leuchtstofflampen. Sie schaffen Sonnenlicht nach Maß, für eine genau berechnete Stundenzahl. Die künstliche Sonne scheint auch, wenn draußen Regenwolken den Himmel verdunkeln und wenn der Winter die Tage verkürzt. Die Zusammensetzung ihres Lichtes – das wie das der Sonne ein Gemisch aus dem Licht verschiedener Wellenlängen darstellt – kann den Bedürfnissen der Pflanzen genau angepaßt werden.

Solche Gemüsefabriken werden einen wichtigen Beitrag zur vollwertigen Ernährung des Menschen liefern.

Die „Eiserne Kuh“

Es gab einige Probleme, die den englischen Wissenschaftler Pirie jahrelang beschäftigten. So ärgerte es ihn, daß auf unserem Planeten viele hunderttausend Pflanzenarten wachsen – der Mensch für seine Ernährung aber nur einen geringen Anteil davon nutzt; und es ärgerte ihn auch, daß die wenigen Kulturpflanzen, die der Mensch anbaut, von Hunderten von Unkräutern bedroht werden. In ihrer Vitalität sind die Unkräuter den Kulturpflanzen weit überlegen, überwuchern sie, nehmen ihnen Licht, Wasser und Nährsalze. Jahr für Jahr rauben sie so einen beträchtlichen Teil unserer Ernten.

Es mutet auch wie eine Verschwendung an, daß fast 90% der Pflanzenmasse, die an die Tiere verfüttert wird, verlorengehen und nur etwa 10% des Pflanzeneiweißes im tierischen Organismus aufbereitet werden.

Aus dem Nachdenken über diese Unzulänglichkeiten der Natur entstand in der Landwirtschaftlichen Versuchsabteilung Rothamsted am nördlichen Stadtrand Londons eine „1,5-PS-Kuh“. Sie erregte gegen Ende der fünfziger Jahre Aufsehen, denn diese Apparatur konnte mit Grünzeug aller Art gefüttert werden. Sie verwandelte die Pflanzenmasse in einen dicken Brei. Aus diesem Brei ließ sich ein eiweißreicher Saft auspressen. Der Saft wurde auf 80°C erhitzt; das Eiweiß gerann und ließ sich abfiltern. Es entstand ein „fast geschmackloser, dunkelgrüner Kuchen, der 60% Wasser enthält – also die Konsistenz von Käse oder Hefe hat – und bei Zimmertemperatur etwa eine Woche lang genießbar bleibt“. So lieferte die „Eiserne Kuh“ konzentrierte Eiweißnahrung aus Unkräutern, 45 kg pro Tag, mit einem Eiweißgehalt von 40%. Nur mit der Genießbarkeit, da haperte es.

Pirie, der mit seiner Behauptung, das Produkt seiner „Eisernen Kuh“ sei fast geschmacklos, stark übertrieben hatte, suchte nach Auswegen. Er versteckte die bittere grüne Masse in Blätterteigpasteten und ließ „Cocktail-Snacks“ backen. Doch der Unkrautkuchen wurde dadurch nicht schmackhafter. Pirie ließ ihn pressen und trocknen und dann zu einem feinen Pulver vermahlen, das den verschiedenartigsten Lebensmitteln zugesetzt wurde, um ihren Eiweißgehalt zu erhöhen. Doch das Grün war unverwüstlich; wo immer das Pulver verarbeitet wurde, entstanden Lebensmittel mit einer intensiven, grünen Färbung.

Pirie aber ließ nicht locker. In der englischen Zeitschrift „Nature“ schlug er vor, in den großen Hungergebieten



der Welt „Eiserne Kühe“ aufzustellen, vor allem an den großen Strömen, in denen sich die Wasserhyazinthe in riesigen Mengen ausbreitet, allen Bemühungen, sie auszurotten, zum Trotz. Kurios mutete Piries Idee an – und sie war dennoch nicht abwegig.

Ein knappes Jahrzehnt später verlautete aus Rotterdam, es sei gelungen, Pflanzenabfälle – so die Blätter und Halme der Erbsen, die doppelt so viel Eiweiß enthalten wie die an sich schon sehr eiweißhaltigen Früchte – im Gefriertrockenverfahren zu einem hellen Pulver mit teeartigem Geschmack zu verarbeiten. Auf verschiedenartige Weise lasse sich der Geschmack des Pulvers abwandeln.

Wissenschaftler der Universität von Neusüdwaales in Sydney beschäftigten sich ebenfalls mit diesem Problem. Auch sie wollten hochwertiges Eiweiß aus Pflanzen gewinnen, die an sich für den Menschen nicht genießbar sind. Sie ersannen keine mechanischen Apparaturen – sie suchten und fanden Bakterienstämme, die sich von Gras ernähren und dabei hochwertiges Eiweiß produzieren. Rund die Hälfte der Körpersubstanz dieser Bakterien besteht aus Eiweiß. Mit diesem Eiweißgehalt stellen sie alle anderen Lebewesen weit in den Schatten. Allerdings besteht ihr Körper nur aus einer einzigen Zelle; und wenn man tausend Stück nebeneinanderlegen würde, erhielte man eine „Strecke“ von nur 1 mm. Mancher mag sich nun fragen, wie Lebewesen, die so winzig sind, daß man sie nur mit Hilfe eines Mikroskopes entdecken kann, Nahrung in nutzbaren und großen Mengen produzieren können. Bakterien vermehren sich durch einfache Spaltung, daher auch der Name „Spalt-

pilze“. Sie teilen sich in einer schwer vorstellbaren Geschwindigkeit, bei günstigen Lebensbedingungen zum Beispiel etwa alle fünfzehn Minuten. So können sich innerhalb von vierundzwanzig Stunden über siebzig Generationen ablösen – beim Menschen wären dafür etwa 1 500 Jahre erforderlich!

Bei keinem anderen Lebewesen ist die Intensität der Stoffwechselprozesse auch nur annähernd so groß. Innerhalb von vierundzwanzig Stunden kann ein Bakterium eine Nahrungsmenge verarbeiten, die dem Dreißig- bis Vierzigfachen seines eigenen Gewichtes entspricht. Um die gleiche Leistung vollbringen zu können, müßte ein Mensch täglich rund 2 t bis 3 t Lebensmittel verzehren und umsetzen. So lassen sich die Bakterien ungleich schneller mästen als die Mastbullen in der industriellen Rindermast. Jede Gewichtszunahme schlägt sich etwa zur Hälfte in Eiweiß nieder.

Zur Welt der Mikroorganismen gehören nicht nur die Bakterien, sondern beispielsweise auch Hefepilze und Algen. Sie alle verwandeln in ihren Zellen einen Großteil ihrer Nahrung in Eiweißstoffe und Vitamine – nur sind diese mikrobiologischen Synthesen weit effektiver als die Synthesen in den Zellen der Pflanzen und Tiere. Für ihren Stoffwechsel eignen sich auch Stoffe, die für die tierische und menschliche Ernährung ungeeignet sind. Der Mensch hat sogar gelernt, Mikroorganismen zu züchten, die eine besondere „Vorliebe“ für bestimmte Stoffe entwickeln, und er kann ihnen auch vorschreiben, was sie synthetisieren sollen.

Werden also in Zukunft Mikroorganismen helfen, die gefürchtete Eiweißlücke zu schließen?

Der Hunger der Welt von heute ist vor allem ein gesellschaftliches Problem. Gegen Ende der Urgesellschaft hatte der Mensch ihn besiegt – aber mit der Klassengesellschaft hielt er erneut seinen Einzug. Was immer im Kampf gegen den Hunger unternommen werden wird, es kann nur dann voll wirksam werden, wenn die grundlegenden gesellschaftlichen Probleme gelöst werden, wenn beispielsweise der Hunger aufhört, ein Geschäft sein zu können, wenn die koloniale Ausbeutung und ihre Folgen überwunden werden, wenn Wettrüsten und Kriege endgültig aus der Welt verbannt worden sind und viele Hundert Milliarden Mark in jedem Jahr für die vernünftige Gestaltung unseres Planeten ausgegeben werden können. Das Hauptproblem im Kampf gegen den Hunger ist die „Eiweißlücke“. Es fehlen nämlich nicht allein Nahrungsmittel schlechthin – vor allem fehlt Eiweiß, jene Stickstoffverbindung, die durch nichts zu ersetzen ist. Eiweiß fehlt selbst in den Ländern, in denen es keinen Mangel an Nahrungsmitteln gibt. Der Präsident der Lenin-Akademie der Landwirtschaft, Prof. P. Lobanow, teilte 1969 mit, daß in der Sowjetunion für die menschliche Ernährung jährlich 1,6 Millionen t Eiweiß fehlen und für die Viehwirtschaft rund 6 Millionen t. Zu Beginn der sechziger Jahre wurde das Eiweißdefizit der Weltbevölkerung auf etwa 15 Millionen t geschätzt – doch dieses Ergebnis war vermutlich zu optimistisch, zumindest setzte es nicht eine optimale Eiweißversorgung voraus. Für eine tägliche Versorgung mit etwa 100 g Eiweiß pro Kopf der Bevölkerung der Welt wären in jenen Jahren bereits 100 Millionen t Eiweiß im Jahr erforderlich gewesen. Im Jahre 1980 werden voraus-

sichtlich 165 Millionen t und im Jahre 2000 weit über 250 Millionen t Eiweiß benötigt. Auf traditionelle Weise werden sie sich nicht beschaffen lassen – in den letzten 20 Jahren ist die Prokopfproduktion an Nahrungsmitteln im Weltmaßstab sogar zurückgegangen. Zwei Drittel der Menschheit müssen sich mit nur 20 % der Welteiweißproduktion begnügen! Selbst wenn vorausgesetzt werden kann, daß der heute bereits erreichte Stand von Wissenschaft und Technik und die in der Welt vorhandenen landwirtschaftlich nutzbaren Flächen ausreichen, eine weit größere Anzahl von Menschen zu ernähren – die Nutzbarmachung dieser Reserven kostet Zeit und wird mit dem Tempo des Bevölkerungszuwachses der überschaubaren Zukunft nicht Schritt halten können. Die Eiweißlücke läßt sich mit den herkömmlichen Mitteln der Landwirtschaft nicht schließen.

Wenn Mikroben Erdöl fressen

Sommer 1963 – in Frankfurt am Main tagt der 6. Welt-Erdöl-Kongreß, von vielen mit Spannung erwartet. Der französische Wissenschaftler Alfred Champagnat wird einen Vortrag halten; eine Sensation wird erwartet. Alle anderen Themen des Kongresses stehen in dessen Schatten. Champagnat wird berichten, wie man Erdöl in Eiweiß verwandeln kann. Seit fünf Jahren schon arbeitet er an diesem Problem; und seit über zwei Jahren laufen in einem kleinen Ort bei Marseille die praktischen Experimente.

Champagnats Vortrag wird wirklich eine Sensation.

Unverständlich scheint nur, daß niemand vor ihm auf diesen Gedanken gekommen ist. Daß unter teergedeckten Straßen Mikroorganismen leben können, weiß man seit langem. Sie ernähren sich von dem Bitumen des Straßenbelages, einer Kohlenwasserstoffverbindung, die vorwiegend aus Erdöl gewonnen wird. Auch auf den Böden von Erdöltanks kann man Mikroorganismen finden, denen Kohlenwasserstoffe als Nahrung dienen. Die Lebensgewohnheiten dieser Mikroorganismen hat Champagnat erforscht. Er hat Mikrobenarten gezüchtet, die eine ausgeprägte „Vorliebe“ für Erdölprodukte zeigen, die sich schnell vermehren und wertvolles Eiweiß liefern. Ein Tank, der etwa einer übergroßen Propangasflasche ähnelt, bildet die Welt, in der sie leben – vorläufig noch eine Versuchsanlage. Dieser Tank wird mit Rohöl – dessen Paraffinanteil die Mikroben verzehren – und mit Nährsalzen beschickt, denn außer einer Kohlenstoffquelle benötigen die mikroskopischen kleinen Eiweißlieferanten natürlich auch Stickstoff, Phosphor, Kalium und einige Spurenelemente. In diesem Medium leben und vermehren sich die Mikroorganismen. Als Eiweißkonzentrat verläßt das Rohprodukt den Tank. In einer Zentrifuge wird das Eiweiß abgesondert. Es wird getrocknet und liegt schließlich als flockige Masse vor, die etwa 45 % Eiweiß und einen hohen Anteil von Vitaminen jener B-Gruppe enthält, die Eijkman einst entdeckt hatte. In seinem Gehalt an B-Vitaminen übertrifft dieses Eiweiß alle bekannten Nahrungsmittel.

Ein 500-kg-Mastochse kann selbst bei sorgsamster Fütterung nur 500 g Eiweiß am Tage ansetzen. 500 kg Mikroorganismen dagegen können in der gleichen Zeit



die zweitausendfünfhundertfache Eiweißmenge liefern. In seiner biologischen Qualität steht das Eiweiß dem des Mastochsen kaum nach. Der Paraffinanteil, der in 1 % der Welterdölförderung enthalten ist, könnte durch die Lebenstätigkeit von Mikroben verwandelt, die Eiweißlücke der Welt schließen. 30 kg des Produktes, das Champagnat aus Erdölabbfällen gewinnt, sollen nicht mehr kosten als 1 kg Fleisch! Champagnats Hörer sind begeistert.

In der Erdölraffinerie bei Marseille trat bald an die Stelle der ersten Versuchsanlage eine größere. Mit ihr wurde eine Tagesleistung von 1 t Eiweißkonzentrat erreicht. Der Bau einer Großanlage mit einer Jahreskapazität von 16 000 t wurde 1968 begonnen. Aus Methan, einem gasförmigen Kohlenwasserstoff, der unter anderem reichlich im Erdgas vorkommt, gewannen amerikanische Wissenschaftler erstmals 1967 Eiweiß. Eine sowjetische Anlage, mit der täglich 30 t Eiweißkonzentrat aus Erdölparaffinen gewonnen werden können, wurde 1968 in Betrieb genommen, leistungsfähige Großanlagen sind im Bau. Es entwickelt sich ein neuer Zweig der Volkswirtschaft. Unter der Leitung der Hauptverwaltung für mikrobiologische Industrie werden künftig einige Millionen Tonnen Futterhefe jährlich gewonnen werden. Mikrobeneiweiß für die Viehwirtschaft – der Eiweißgehalt wird den der gegenwärtigen Fleischproduktion übersteigen! Jede weitere Million Tonnen, aufbereitet für die menschliche Ernährung, wird 2,4 Millionen Tonnen Fleisch entsprechen. Die Herstellungskosten für das Mikrobeneiweiß aber betragen heute allgemein nur 3 % bis 7 % der Kosten für die Fleischproduktion.

Das modernste Verfahren zur Gewinnung von Futterhefe wurde 1975 auf der Leipziger Herbstmesse der Weltöffentlichkeit vorgestellt. Biologen, Chemiker und Technologen aus der Sowjetunion und der DDR entwickelten es in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit. Wenig später begann, auf Beschluß des IX. Parteitags, im Petrolchemischen Kombinat Schwedt der Bau des bislang größten Anlagenkomplexes in diesem Chemie Giganten – des ersten Großbetriebes unserer mikrobiologischen Industrie, der Futterhefefabrik. Projektiert wurde sie vom Warschauer Büro „Prochem“. Die Apparaturen kommen aus dem Chemieanlagenbau unserer Republik. Montiert werden sie von 2 000 polnischen Spezialisten. Mit dem Beginn der achtziger Jahre werden hier jährlich 60 000 t „fermosin“ produziert. Diese Futterhefe weist einen hohen Eiweißgehalt und einen hohen Anteil an Vitaminen des Vitamin-B-Komplexes auf. Verfüttert wird an die Mikroorganismen bei diesem inzwischen in vielen Ländern patentrechtlich geschützten Verfahren Dieselkraftstoff – von dem am Ende des Prozesses 80 % als gereinigtes Dieselöl besonderer Qualität „übrigbleiben“. Außerdem werden Ammoniak, Phosphorsäure sowie Nähr- und Spurensalze benötigt. In jahrelangen Experimenten ist „fermosin“ unter der Kontrolle des Präsidenten der Weltgesundheitsorganisation an mehreren Tiergenerationen erprobt worden. Nun werden mit diesem besonders eiweißreichen Futtermittelzusatz vor allem Schweine und Broiler gemästet.

Unterschiedlich reagierte die Öffentlichkeit auf die ersten Meldungen über das Eiweiß aus dem Erdöl. Da gab es Berichte voller Begeisterung und Zuversicht, aber auch

solche, aus denen eine gewisse Abscheu vor den neuen Produkten klang, die den Berichterstattern unappetitlich erschienen. In einer westdeutschen Zeitschrift wurde die Meinung vertreten, man könne diese „Nahrung“ den kultivierten Nationen natürlich nicht zumuten – für die „unterentwickelten Völker“ dagegen sei sie zweifellos geeignet!

Selbstverständlich wurden diese Erzeugnisse aus der mikrobiologischen Synthese in der ersten Phase der Experimente als Eiweißzusatz zum Viehfutter erprobt, und das unter wissenschaftlicher Kontrolle. Dennoch bleibt die Frage: Was kann an diesem vitaminreichen Eiweiß unappetitlich sein? Die Kohlenwasserstoffe, die den Mikroorganismen als Nahrung dienen? Deren Moleküle werden von einer größeren Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen gebildet – beide aber gehören zu den Grundbausteinen aller lebenden Substanz, und kein Nahrungsmittel kommt ohne sie aus. Auch die Tatsache, daß die Mikrobennahrung aus dem Erdöl stammt, braucht niemanden zu erschrecken – was dient den Pflanzen nicht alles als Nahrung! Da wird mit Fäkalien gedüngt, also mit Mist und Jauche, mit kompostiertem Müll, mit Abfällen der Industrie und der Schlachthöfe. Auch das Futter der Tiere, von deren Produkten wir uns ernähren, ist in den meisten Fällen für den menschlichen Verzehr ungeeignet. Was immer den Pflanzen und Tieren – und selbstverständlich auch dem Menschen – als Nahrung dient, wird durch die Stoffwechselprozesse in seine Grundbausteine zerlegt; und was die Körper benötigen, wird in den Zellen zu körpereigenen Stoffen zusammengefügt.

Jeder Stoff erhält seine charakteristischen Merkmale dadurch, daß sich bestimmte Atome nach einem genau festgelegten Bauplan zu Molekülen verbinden. Selbstverständlich spielt meist das Zusammenwirken der Moleküle unterschiedlicher chemischer Verbindungen eine Rolle. Jedes Atom der beteiligten Elemente aber ist in seinem Charakter unveränderlich, gleichgültig, ob es in einer reinen Substanz nur in Gesellschaft gleichartiger Atome auftritt oder in irgendeiner beliebigen chemischen Verbindung vereint ist mit Atomen anderer Elemente.

So unterscheiden sich denn auch die von den Mikroben aus den atomaren Bausteinen der Kohlenwasserstoffe und der Nährsalze synthetisierten Eiweiße nicht von denen der Pflanzen und Tiere. Das von den erdölgemästeten Mikroben produzierte Eiweiß enthält sämtliche für unsere Ernährung erforderlichen Eiweißbausteine, also alle Aminosäuren, aus denen in den Zellen die Riesenmoleküle der verschiedenen Eiweißstoffe zusammengesetzt werden – auch jene unentbehrlichen Aminosäuren, die nur im tierischen Organismus synthetisiert werden können.

Rehrücken aus Retorten?

Um es gleich vorwegzunehmen: Ein Nahrungstablettengepenst, das manche Autoren spuken lassen, konnte nur ersinnen, wem es an den einfachsten Grundkenntnissen über die menschliche Ernährung mangelt. Der Mensch braucht täglich etwa 80 bis 100 g Eiweiß,

450 g Kohlenhydrate, 60 bis 80 g Fett – und eine ganz erhebliche Menge Wasser, die als natürlicher Bestandteil in allen unseren Nahrungsmitteln enthalten ist. Die Trockensubstanz, in Nahrungspillen gepreßt, ergäbe eine Tagesration, die in ihrem Umfang etwa 3 000 Spalttabletten entspräche! Eine wahrlich schaurige Vorstellung, unser täglich Brot in Tablettenform schlucken zu müssen!

Einen Vorzug allerdings hätten die Nahrungspillen: Es könnte garantiert werden, daß ihre chemische Zusammensetzung stets gleich bliebe. In dieser Hinsicht wäre eine Nahrung aus der Retorte allen anderen Nahrungsmitteln weit überlegen.

So können wir beispielsweise aus entsprechenden Tabellen den durchschnittlichen Eiweißgehalt der einzelnen Fleischsorten ablesen – der tatsächliche Eiweißgehalt aber schwankt recht stark um diesen Durchschnittswert. Auch die qualitative Zusammensetzung der Eiweiße ist unterschiedlich, und schließlich wird durch unsachgemäße Lagerung und Zubereitung ein Teil gerade jener Eiweißmoleküle beschädigt, an denen unsere Nahrung ohnehin schon arm ist.

Der Fettkonsum läßt sich ebenfalls nur schwer kontrollieren. Der größte Teil der 60 bis 80 g, die wir je Tag benötigen, ist versteckt in anderen Nahrungsmitteln. Mit der Nahrungspille ließe sich der Fettverbrauch unter Kontrolle bringen, und es ließe sich gewährleisten, daß gerade jene Fette, die viele Menschen trotz stark überhöhtem Fettverbrauch nicht in ausreichender Menge zu sich nehmen, in der Tagesration enthalten wären. Die Vitamin- und Mineralstoffversorgung ließe sich durch

die Nahrungsspiße genau regulieren. Das Ergebnis wäre eine Nahrung nach Maß, die sich sehr genau auf den Bedarf des einzelnen Menschen abstimmen ließe.

Man hat in einigen Ländern bereits Menschen mit synthetischer Nahrung ernährt – selbstverständlich in Kliniken und aus medizinisch zwingenden Gründen. Die Erfolge bestätigten, wie nicht anders zu erwarten war, die Theorie.

Die Vorzüge einer synthetischen Nahrung sind also unübersehbar – doch es gibt keinen Grund, sie in Tabletten zu pressen. Der Mensch ißt nicht zum Spaß allein – doch das muß nicht ausschließen, daß er seine tägliche Nahrungsmenge mit Genuß verzehrt. Die Nahrung aus den Retorten wird unsere Speisepläne sogar bereichern.

Es geht vor allem darum, daß vier von fünf Menschen auf dieser Erde nicht genügend Eiweiße erhalten. Mit dem Pflanzenanbau ist diese Lücke nicht zu schließen. Es geht auch darum, den erheblichen Aufwand, den der Pflanzenanbau erfordert, entscheidend zu verringern. Wenn heute von synthetischen Nahrungsmitteln gesprochen wird, dann werden im Grunde simulierte Nahrungsmittel gemeint. Simulierte Nahrungsmittel sind Produkte, die den herkömmlichen in Struktur, Geschmack, Farbe und Geruch ähneln – in ihrem Genuß-, Nähr- und Gesundheitswert aber überlegen sind.

Der Rehrücken aus der Retorte ist keine Utopie. Das Eiweiß – gleich ob von Bakterien, Hefepilzen oder Algen synthetisiert – wird zu feinen Fäden versponnen. Diese gerinnen in einer Speziallösung und sind nun den Fleischfasern sehr ähnlich, werden in der gewünschten

Tönung gefärbt, mit Geschmacks- und Aromastoffen versehen – und am Ende der Verarbeitungsprozesse erhalten wir ein Produkt, das sich vom Original geschmacklich kaum unterscheiden läßt.

Noch gibt es den Rehrücken aus der Retorte nicht. Einfachere Fleischerzeugnisse wurden in Laboratorien jedoch bereits zubereitet. Kunstfleisch aus dem Eiweiß der Sojabohnen wird seit Jahren hergestellt. Schon 1964 lieferte es eine amerikanische Firma tonnenweise in den Geschmacksrichtungen von „Huhn“ bis „Roastbeef“. 1969 wurde am Institut für Warenkunde der Karl-Marx-Universität in Leipzig anläßlich eines öffentlichen Seminars holländisches Kunstfleisch vorgeführt; aus Sojabohneneiweiß hergestellt, wird es als Rindfleisch und Schweinefleisch geliefert; und wie die Verkostung bewies, läßt es sich zu wohlschmeckenden und bekömmlichen Gerichten verarbeiten. Selbst Milch, Butter und verschiedene Obstsorten sind aus Sojabohneneiweiß imitiert worden.

Amerikanische Wissenschaftler stellten 1977 synthetische Ananas, Bananen, Äpfel und Kirschen vor, produziert nach einem Verfahren, das für die Raumfahrt entwickelt wurde. Ein weit bedeutungsvolleres Verfahren hatten ein Jahr zuvor polnische Wissenschaftler der Öffentlichkeit vorgestellt: aus Fischresten und -abfällen sowie aus Fischen, die bislang nicht für die menschliche Ernährung genutzt wurden, wird ein völlig geruchs- und geschmacksfreies Eiweißkonzentrat gewonnen, das sich hervorragend und vielseitig verarbeiten läßt. Überdies hat es den Vorteil, völlig fettfrei zu sein. Bisher wurde es unter anderem als Zusatz für Fleischkonserven und

Wurst, Kuchenmehl und Pudding, Diätschokolade und Pralinen verwendet. Es ist von einer solchen Reinheit, daß es auch für Kindernahrung eingesetzt werden kann, an die bekanntlich die höchsten Qualitätsforderungen gestellt werden.

Die Palette der möglichen Nahrungsmittel aus der Retorte ist schon heute recht umfangreich; und die meisten lassen sich weitaus einfacher herstellen als die synthetischen Fleischsorten. Viele synthetische Produkte können auch mit herkömmlichen Nahrungsmitteln kombiniert werden. In absehbarer Zukunft werden diese Produkte unser Nahrungsmittelangebot bereichern, und wenn es auch naheliegt, zunächst bekannte Nahrungsmittel zu imitieren, so werden doch auch schon bald Produkte mit völlig neuem Charakter auftauchen. In allen hochentwickelten Ländern verändert sich das Nahrungsmittelangebot seit einigen Jahren; einst sehr bekannte Produkte werden heute nicht mehr verlangt, neue, bisher unbekannte erobern sich die Märkte. Fachleute rechnen damit, daß von den in zwanzig Jahren zur Verfügung stehenden Nahrungsmitteln mindestens 80 % heute noch unbekannt sind.

Im Laufe der kommenden Jahrzehnte wird es zweifellos gelingen, alle für das Leben des Menschen erforderlichen Stoffe mit wirtschaftlich günstigen Methoden synthetisch zu gewinnen. Wie die Nahrungsmittelproduktion dieser fernen Zukunft aussehen könnte, hat Professor Nesmejanow, Mitglied der sowjetischen Akademie der Wissenschaften, so beschrieben:

„Einige riesige Werke, die in verschiedenen kohle- und erdölreichen Landesteilen liegen, werden mit ihrer Pro-

duktion den gesamten Nahrungsbedarf der Bevölkerung decken. Sie werden zusammen eine Fläche von mehreren hundert Quadratkilometern einnehmen ... Der hygienische Aspekt der Ernährung wird ideal. Die Nahrung enthält alle notwendigen Bestandteile – Eiweiße, Kohlenhydrate, Fette, Vitamine – im richtigen Verhältnis, sie ist auf das jeweilige Lebensalter abgestimmt und sichert die normalen Funktionen des Organismus besser, als das eine beliebige natürliche Nahrung vermag. Es gibt keine fettleibigen Menschen mehr, Herz- und Leberverfettung sowie andere krankhafte Zustände sind verschwunden ... Natürlich bedarf es großer und gemeinsamer Bemühungen von Chemikern, Biologen, Ärzten und anderen Wissenschaftlern, um dieses Problem so gut wie möglich zu bearbeiten und schrittweise zu lösen. Jeder Erfolg, und sei es nur auf einem speziellen Gebiet, macht sich hundertfach bezahlt. Die allmähliche Rationalisierung der Ernährung bringt kolossale Einsparung von Mitteln und verbessert den Gesundheitszustand der Bevölkerung.

Das Problem ist zunächst nur aufgeworfen, das Bäumchen erst gepflanzt, dessen Krone hoch in die Zukunft reicht, dessen Wurzeln jedoch im Boden der Gegenwart haften und sorgsamste Pflege verlangen.

Unsere Chemie ist heute stark genug, um maximal zur weiteren Entwicklung der Landwirtschaft in ihrer heutigen Form beizutragen, gleichzeitig aber auch prinzipiell neue Wege in der Nahrungsmittelproduktion zu bahnen. Das ist die Dialektik der Wissenschaft, deren höchste Berufung der Dienst am Menschen ist.“

Inhalt

- 5 Befragung einer Weide
- 8 Die Maus und die Pfefferminze
- 12 Das Geheimnis des giftigen Gases
- 15 Das ungeheure Dickicht
- 19 Forschungsstation Seltersberg
- 22 Ein Buch voller Sensationen
- 25 Der wundervolle Kreislauf
- 35 Soll und Haben
- 38 Salze des Lebens
- 40 Wie kommt der Phosphor ins Gehirn?
- 42 Wo die Minderheit diktiert
- 44 Pflanzen holen das Feuer vom Himmel
- 46 Alle Ernten der Welt
- 48 Acht Gramm Stickstoff brauchst du täglich
- 57 Eine Wüste wird berühmt
- 60 Brot – aus Luft und Abfällen
- 63 Motor des Pflanzenwachstums
- 64 Steine der Fruchtbarkeit
- 66 Vom Nutzen des Phosphors
- 71 ...doch die Reserven sind begrenzt
- 74 Wie der Wüstenwind einst Reichtum schuf...
- 76 ...und aus einem Abfall „weißes Gold“ wurde
- 82 Vom Nutzen des Kalis
- 85 Vom Nutzen des Kalkes
- 94 Das Geheimnis der tanzenden Hühner
- 97 Wie kommt das Kobalt in die Leber?
- 103 Die winzigen Riesen
- 111 Speisepläne vom Computer
- 119 Der vollautomatisierte Salatkopf

- 125 Die „Eiserne Kuh“
131 Wenn Mikroben Erdöl fressen
137 Rehrücken aus Retorten?



2. Auflage 1979

© DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN – DDR 1972

Lizenz-Nr. 304-270/378/79-(60)

Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb Leipzig -
III/18/97

LSV 7851

Für Leser von 10 Jahren an

Bestell-Nr. 628 949 5

DDR 3,- M

Wie die Forschung in den letzten 100 Jahren dazu beigetragen hat, daß die Nutzpflanzen besser gedeihen, die Ernten größer werden und dadurch der Hunger besiegt werden kann, davon berichtet der bekannte Autor.

