Landwirtschaftliche

BIOLOGIE

6010

LANDWIRTSCHAFTLICHE BIOLOGIE

Lehrheft für den Biologie-Unterricht der Oberschule

bearbeitet von

WILLY MATTHES

Karl-Marx-Schule in Leipzig

Dritte, durchgesehene Auflage

Mit 40 Abbildungen

ARBEITSGEMEINSCHAFT

VOLK UND WISSEN VERLAGS GMBH — B.G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT

BERLIN – LEIPZIG

1948

Best.-Nr. 6010 · Preis brosch. —,70 RM

91.—110. Tausend · Liz.-Nr. 334 · 1000/48—286/48

Satz: (M 109) P. G. Teubner, Leipzig C 1, Poststr. 3 — A 1049
Druck: (C 233) Ebna, Chemnitz 14, Kantstr. 12 — A 501

Inhaltsverzeichnis

I. Vom Leben der grünen Pflanze 5

A. Der Boden als Nährsalzquelle 5

1. Die Nährsalze 5
2. Die Bedeutung der Nährsalze für den Stoffwechsel 6
3. Die Aufnahme der Nährsalze durch die Wurzeln 6

B. Die Luft als Kohlenstoffquelle 8

C. Die Energiequellen der Pflanze 11

1. Atmung 11
2. Gärung 12

II. Vom Leben der nichtgrünen Pflanze 12

Saprophyten, Parasiten, Symbiose 13

III. Vom Boden 14

A. Struktur und Wesen des Bodens 14

1. Bestandteile des Bodens 14
2. Der Säuregrad des Bodens 16
3. Die Bodenarten und ihre Eigenschaften 16
4. Die Bodenorganismen 16

Pilze, Bodenbakterien, Kreislauf des Stickstoffs, Kreislauf des Schwefels

B. Die Pflege des Bodens 21

1. Düngung 21
2. Bodenbearbeitung 24
3. Fruchtwechsel und Brache 24
4. Andere bodenverbessernde Maßnahmen 26

IV. Nutzbringende Beziehungen zwischen Pflanze und Tier in der Landwirtschaft 27

A. Blüten und Insekten. Bienenzucht 27

B. Fischzucht 27

C. Viehzucht und Futterbau 28

1. Die Bedeutung des Viehes 28
2. Futtermittel 28
3. Futtervorratswirtschaft 30
4. Viehhaltung 31

V. Schädlinge und Schädlingsbekämpfung 33

A. Aufgaben des Pflanzenschutzes 34

1. Vorbeugende Maßnahmen gegen Pflanzenkrankheiten und Schädlinge 34
2. Physikalische und chemische Bekämpfung von Schädlingen 34
3. Biologische Schädlingsbekämpfung 35

B. Aufgaben des Tierschutzes 36

VI. Die moderne Züchtungsforschung 38
A. Zuchtziele 38
B. Der Weg der Züchtung 38
1. Die Auslese 38
2. Die Bedeutung der Züchtungsforschung 40

Sachverzeichnis 43

Ackerbau und Viehzucht sind die beiden großen Bereiche der Landwirtschaft. Die Viehzucht setzt den Ackerbau voraus. Die Bedeutung beider liegt in der Sicherung unserer Ernährung. Unsere Anbaufläche reicht nur dann aus, uns zu ernähren, wenn auch das letzte Stückchen Land in Kultur genommen wird, wenn der Bauer sein ganzes Können und seine ganze Kraft einsetzt, dem Boden das Äußerste abzuzwingen, und wenn ihm Industrie und Wissenschaft in seinem schweren Ringen helfen.

Aufs engste verknüpft sind Biologie und Landwirtschaft. Die Biologie hat viele Ergebnisse gezeitigt, die die Landwirtschaft befruchten – die Landwirtschaft steht vor manchem Problem, zu dessen Lösung sie die Biologie aufruft.

I. Vom Leben der grünen Pflanze

Wenn ein Organismus sich entwickelt, wächst, vermehrt er seine lebende Substanz. Die dazu nötigen Baustoffe muß er sich zuführen und im Baustoffwechsel entsprechend verarbeiten. Aber auch der ausgewachsene Organismus kann nur am Leben erhalten werden, wenn ihm – wie einem Motor – im Betriebsstoffwechsel dauernd Betriebsstoffe zum Energiegewinn zugeführt werden. Die Zufuhr der Bau- und Betriebsstoffe und ihre Weiterverarbeitung geschieht auf dem Wege der Ernährung. Die Natur geht bei der Ernährung der Pflanze andere Wege als bei der Ernährung von Tier und Mensch. Löschen wir alles Pflanzenleben auf der Erde aus, so stirbt unabänderlich fast das gesamte Tierleben in kürzester Zeit ab. Sterben dagegen die Tiere aus, so würde das nicht das Ende der Pflanzenwelt bedeuten. Die Pflanzen sind in ihrer Ernährung unabhängig, autotroph, die Tiere abhängig, heterotroph.

Im Gegensatz zu den meisten Tieren nimmt die Pflanze nicht feste Stoffe auf. Was sie braucht, bezieht sie in flüssiger, gelöster oder gasförmiger Form aus dem Boden und der sie umgebenden Luft.

A. Der Boden als Nährsalzquelle

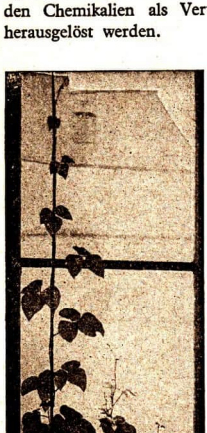
1. Die Nährsalze

1840 suchte Justus von Liebig in seinem berühmten Werke: „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ zu begründen, daß die grüne Pflanze nur anorganische, mineralische Stoffe zu ihrer Ernährung braucht. Da jedoch der Erdboden eine chemisch schwer zu erfassende, verwickelt zusammengesetzte Substanz ist, konnte der strenge Beweis erst nach Liebig durch die „künstliche“ Ernährung in Wasserkultur erbracht werden. Bei der Wasserkultur zieht man die Pflanze in Nährlösung (z. B. die Knopsche Nährlösung: 1000 g dest. Wasser; 1 g $Ca(NO_3)_2$; 0,25 g KH_2PO_4; 0,25 g $MgSO_4 \cdot 7\,H_2O$; 0,25 g KNO_3; Spur $FeCl_3$ oder $FeSO_4$),

d. h. in Wasser, in dem man gewisse chemisch reine Salze, Nährsalze, aufgelöst hat. Dieses Verfahren hat unser Wissen über die pflanzliche Ernährung außerordentlich gefördert und zu folgenden Ergebnissen geführt:

Die grüne Pflanze benötigt unbedingt 10 Elemente: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium, Eisen. Von ihnen werden die Metalle als Kationen K^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}, Fe^{++} oder Fe^{+++}; die Nichtmetalle Schwefel und Phosphor als Anionen SO_4'', PO_4'''; der Stickstoff als Kation NH_4^{+} und als Anion NO_3' in Form von Nährsalzen; Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Wasser dem Boden entnommen.

Neuere Erkenntnisse fügten dazu noch die Spurenelemente Bor, Mangan, Kupfer, Zink, Molybdän, Vanadium u. a., die unbedingt nötig sind, aber nur in Spuren vorhanden zu sein brauchen, wie sie bei den üblichen Wasserkulturen teils in den Chemikalien als Verunreinigungen vorkommen, teils aus den Glasgeräten herausgelöst werden.



a b c

Abb. 1. Kultur von Bohnenpflanzen (Phaseolus multiflorus) in Nährlösung und in Wasser. *a* vollständige Nährlösung, *b* ohne Eisen, *c* destilliertes Wasser

2. Die Bedeutung der Nährsalze für den Stoffwechsel

Die Rolle der einzelnen Elemente oder Ionen wird ersichtlich, wenn wir das eine oder andere aus der Nährlösung weglassen. Mangelerscheinungen, krankhafte Störungen und Hemmungen in der Entwicklung, sind die Folge, die Pflanze kümmert und stirbt vorzeitig ab (Abb. 1). Einige Elemente finden Verwendung als Baustoffe, andere als Wirkstoffe (Katalysatoren), die den Stoffwechsel lenken und regulieren. Hierin scheint auch die Bedeutung der Spurenelemente zu liegen.

Kupfermangel bedingt die Urbarmachungskrankheit (geringer Körnerertrag) des Getreides auf Heidemoorböden,

Manganmangel die Dörrfleckenkrankheit des Hafers (die Blätter werden braun und sterben ab),

Bormangel die Herz- und Trockenfäule der Zuckerrübe (Vegetationskegel und Kambium verkümmern).

Zu den erwähnten Elementen treten noch einige vielleicht nicht unbedingt notwendige: Jod, Brom, Natrium, Chlor in Meeres- und Strandpflanzen, Silizium oft in ansehnlicher Menge in Gräsern, Seggen, Linsen, Schachtelhalmen.

3. Die Aufnahme der Nährsalze durch die Wurzeln

Die Wasserkultur zeigt, daß die Nährsalze durch die Wurzeln aufgenommen werden (Abb. 2). Mit ihren Wurzelhaaren (Abb. 3), langen, dünnwandigen Ausstülpungen der Epidermiszellen, dringt die Wurzel in

feinste Spalten und Hohlräume des Bodens ein und schmiegt sich den Bodenteilchen so fest an, daß Wurzelgeflecht und Bodenteilchen den sog. Wurzelballen bilden. Die Wurzelhaare saugen im Vorgang der Osmose die gelösten Nährsalze auf (Abb. 4). Diese Aufnahme ist kein rein osmotisches Diffusionsgeschehen, denn die Wurzelhaare nehmen nicht alles auf, was an gelösten Stoffen geboten wird. Sie besitzen ein Wahlvermögen. (Tabak enthält fast immer Lithium, andere Pflanzen desselben Standorts keine Spur davon.) Weiterhin haben sie ein Speicherungsvermögen: manche Salze und Ionen sind in ihren Zellen wesentlich höher konzentriert als in der Bodenlösung. Durch Ausscheidung von Säuren sind die Wurzelhaare imstande, die mineralischen unlöslichen Bodenbestandteile „aufzuschließen", in lösliche überzuführen.

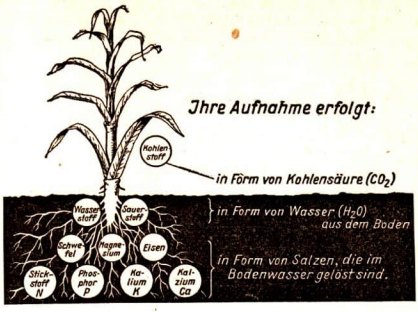


Abb. 2. Zehn Grundstoffe sind für die Ernährung der Pflanze unentbehrlich (Sauerstoff wird außerdem von allen Pflanzenteilen eingeatmet)

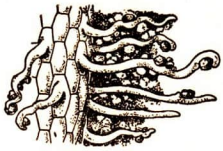


Abb. 3. Wurzelhaare im Boden (stark vergrößert)

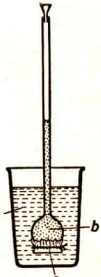


Abb. 4. Vorrichtung zur Beobachtung der Osmose. *a* Wasser, *b* gefärbte starke Salzlösung, *c* Schweinsblase = Plasmahaut des Wurzelhaares

Wahlvermögen, verschiedenen Nährstoffbedarf, auch in den Teilen ein und derselben Pflanze, zeigen die Aschenanalysen:

Pflanzenteil	In 100 Teilen Asche sind enthalten								
	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl
Roggenkörner	32,1	1,5	2,9	**11,2**	1,2	**47,7**	1,3	**1,4**	0,5
Roggenstroh	22,5	1,7	8,2	3,1	**1,9**	**6,5**	4,2	**49,2**	2,2
Äpfelfrüchte	35,7	**26,1**	4,1	8,7	1,4	13,7	6,1	4,3	—
Möhrenwurzel	36,9	21,2	11,3	4,4	1,0	12,8	6,4	2,4	**4,6**
Kartoffelknollen	**60,1**	2,9	2,6	4,9	1,1	16,9	**6,5**	2,0	3,5
Erbsensamen.....	43,1	1,0	**4,8**	8,0	0,8	**35,9**	3,4	0,9	1,6
Erbsenstroh	22,9	4,1	**36,8**	8,0	1,7	**8,0**	6,3	6,8	5,6

Über den Ferntransport der Nährsalze innerhalb der Pflanze wissen wir bis jetzt noch recht wenig. Irgendwie sind die Gefäße mit dem aufsteigenden Wasserstrom daran beteiligt.

B. Die Luft als Kohlenstoffquelle

Kohlenstoff ist die unbedingte Voraussetzung zur Bildung organischer Stoffe. Er macht etwa die Hälfte der Trockensubstanz der Pflanze aus. In der Nährlösung der Wasserkultur ist er nicht enthalten. Trotzdem gedeihen alle Versuchspflanzen und vermehren ihren Gehalt an Kohlenstoff. So bleibt nur die Möglichkeit, daß die Pflanze diesen Baustoff der atmosphärischen Luft entnimmt. In der Luft ist Kohlendioxyd mit 0,03 Volumprozenten, d. h. 3 l in 10 m^3 Luft enthalten. Das ist die Quelle des Kohlenstoffs (Abb. 2).

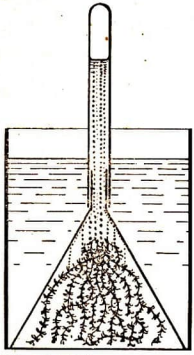


Abb. 5. Entwicklung von Sauerstoff durch grüne Pflanzen

Die Aufnahme und Verarbeitung des Kohlenstoffs durch die grüne Pflanze stellt uns vor den entscheidendsten und weittragendsten Prozeß allen Lebens auf der Erde. Wenn wir eingangs darauf hingewiesen haben, daß alles Getier seine Existenz dem Dasein der Pflanze verdankt, die Pflanze hingegen ohne Tiere bestehen kann, so ist das darin begründet, daß sie sich als unvergleichlicher, uns Menschen himmelweit übertrumpfender Chemiker autotroph ihre Nahrungsstoffe selbst herstellt.

Hier liegt das fundamentale Geheimnis allen Lebensgeschehens.

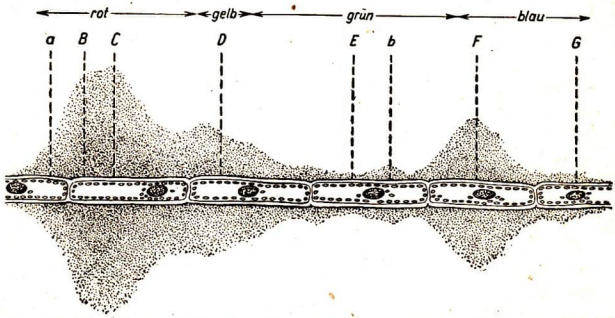


Abb. 6. Engelmanns Bakterienmethode: Auf einen Algenfaden wird ein Mikrospektrum projiziert. Sauerstoffhungrige Bakterien sammeln sich in den Bezirken stärkster Assimilation. Oben die Linien des Spektrums

Bei der Assimilation des Kohlenstoffs stellt die grüne Pflanze aus Kohlendioxyd der Luft und Wasser des Bodens mit Hilfe von Sonnenlicht als Energiequelle und Chlorophyll als Katalysator Traubenzucker her unter Ausscheidung von Sauerstoff (Abb. 5).

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + 674\,Kal. \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2.$$

In dieser einzigartigen, endothermen Photosynthese wird Traubenzucker als erster organischer Stoff erzeugt, dabei kosmische Energie ausgenutzt und im Zucker als irdische chemische Energie gespeichert.

Alle Wellenlängen des weißen Lichtes haben assimilatorische Wirkung, ein größeres Maximum liegt im Rot, ein kleineres im Blau (Abb. 6).

Über Einzelheiten dieses großartigen biologischen Prozesses tappen wir im Dunkeln. Er scheint sich in zwei Etappen abzuspielen:

1. Reduktion von $C\overset{=O}{\underset{=O}{}}$ (zu Formol $H{-}C\overset{=O}{\underset{-H}{}}$?)

als der eigentlichen energiebindenden Photosynthese; 2. Kondensation von Formol zu Traubenzucker $6\,HCHO \rightarrow C_6H_{12}O_6$ als vom Licht unabhängiger exothermer Chemosynthese. Daß er das Interesse nicht nur der Biologen, sondern auch der Chemiker in stärkstem Maße erweckt, ist mehr als verständlich, wenn wir bedenken, welche kaum absehbaren Folgen seine Nachahmung durch den Menschen für Ernährungs-, Volks- und Energiewirtschaft hätte. Alle Bemühungen, die sich vor allem um das Chlorophyll verdichten, sind bisher vergeblich geblieben.

Traubenzucker als löslicher und damit nicht ohne weiteres und unbegrenzt speicherfähiger Stoff kann von der Pflanze leicht zu unlöslicher Stärke umgeformt und so in beliebiger Menge gespeichert werden (Abb. 7). Ort der Assimilation sind die grünen Pflanzenteile, in erster Linie die Blätter, Eingangspforten des Kohlendioxyds im allgemeinen die Spaltöffnungen (Abb. 8 u. 9).

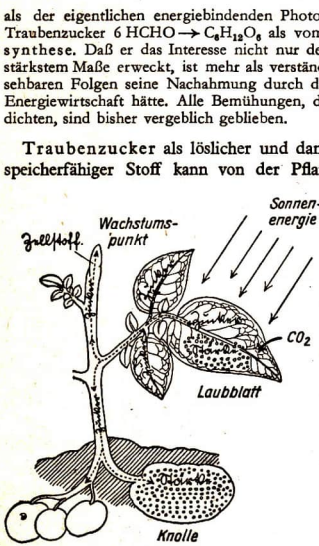


Abb. 7. Die Verarbeitung des Kohlendioxyds durch die grüne Pflanze. Der im Siebteil der Gefäße fließende Zuckerstrom geht z. B. zu den Wachstumspunkten, wo aus dem Zucker Zellstoff (Zellulose) zum Aufbau der Zellwände entsteht, oder zu den Orten der Speicherung (Holz, Wurzeln, Samen, Früchte)

Die Bildung der feinkörnigen Assimilationsstärke in den belichteten Chlorophyllkörnern als erstem mikrochemisch nachweisbaren Produkt der Assimilation läßt sich durch die Jodprobe erkennen. Diese Stärke wird bald aufgelöst und zu den Reservebehältern transportiert, in denen sie — auch im Dunkeln — in grobkörnige Speicherstärke (die Stärke der Nahrungsmittel) verwandelt wird.

30 Jahre Assimilationstätigkeit auf der Erdoberfläche würden den CO_2-Vorrat der Luft erschöpfen, wenn ihr nicht andere Vorgänge entgegenarbeiteten (Abb. 10,

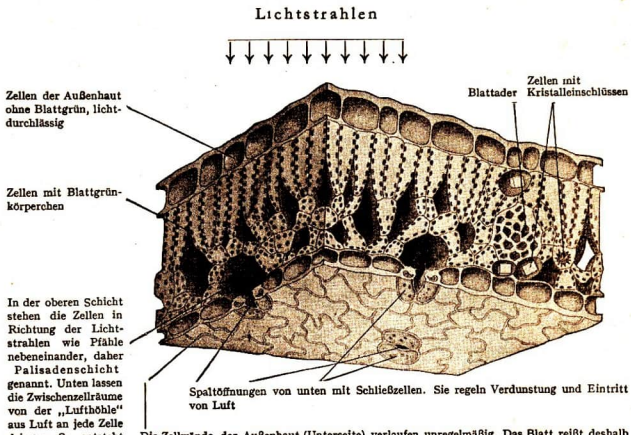


Abb. 8. Stück eines Blattes, stark vergrößert

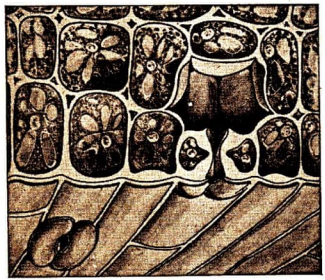


Abb. 9. Zwei Spaltöffnungen an der Unterseite eines Blattes. Über der Spaltöffnung befindet sich die sog. Atemhöhle, eine stark vergrößerte Luftspalte (Interzellulare)

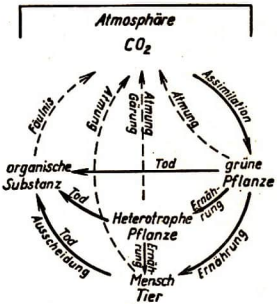


Abb. 10. Kreislauf des Kohlenstoffs.
— — — Abbauprozesse

Kreislauf des Kohlenstoffs). — Assimilation als Oberflächenreaktion: 1 mm² eines Rizinusblattes enthält in der Palisadenschicht 400 000, in der Schwammschicht 90 000 Chlorophyllkörner mit insgesamt 4 cm² Oberfläche. — Sonnenblume: 1 m² Blattfläche erzeugt in 1 Stunde 0,5—1 g Traubenzucker, verbraucht dabei das CO_2 von 3 m³ Luft.

C. Die Energiequellen der Pflanze

1. Atmung

Mit der Synthese des Traubenzuckers ist die chemische Leistung der Pflanze nicht erschöpft. Noch bleibt ihr die Aufgabe, die mannigfachen Stoffe aufzubauen, deren sie bedarf: Eiweiße, Fette, Kohlenhydrate, Farbstoffe, Duftstoffe, Harze, Gummistoffe, Wirkstoffe, Vitamine, Fermente, Wuchshormone. Ausgangsstoffe für diese Synthesen sind Traubenzucker und Nährsalze. Wie sich die Synthesen im einzelnen vollziehen, ist uns noch ziemlich unbekannt. Mehr wissen wir über die energetische Seite. Die Pflanze vermag es nicht, das Sonnenlicht hierfür auszunutzen. Sie tut folgendes: Während sie einen Teil des eben erst bei der Assimilation gewonnenen Traubenzuckers als Baustoff zurückhält, verbrennt sie den anderen Teil als Betriebsstoff zum Zwecke des Energiegewinnes (in grundsätzlich gleicher Weise wie die Tiere). Diese Atmung als Dissimilation verläuft genau entgegengesetzt der Assimilation.

Die Atmung der Pflanze: Traubenzucker wird mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxyd und Wasser oxydiert. Dabei wird die einstige Sonnenenergie als nunmehr chemische Energie zur Durchführung und Erhaltung ihrer weiteren Lebensfunktionen zurückgewonnen.

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 674\ Kal.$$

Aus dem Kosmos fließt von der Sonne ein gewaltiger Energiestrom zur Erde, über den Assimilations- und Atmungsprozeß unsere irdische Energie vermehrend. Stofflich schließen beide Prozesse den Kreislauf des Kohlendioxyds, indem die Atmung das der Luft bei der Assimilation entzogene Kohlendioxyd zurückerstattet (Abb. 10).

Bahnbrecher in der Erkenntnis der Assimilation war der holländische Arzt Ingenhauß, der als erster diesen wichtigsten Vorgang in der gesamten Lebewelt durchschaute. Bezeichnend ist der Titel der deutschen Ausgabe seines 1780 erschienenen Hauptwerkes: „Versuche mit Pflanzen, ihre große Kraft zu entdecken, die gewöhnliche Luft im Sonnenschein zu reinigen [O-Abgabe bei der Assimilation] und im Schatten und in der Nacht zu verderben" [CO_2-Abgabe bei der Atmung]. Er sagt selbst, daß er „vor Begierde brannte, die Natur auf dem Pfade ihrer wunderbaren Wirkung zu verfolgen . . . Ich wünschte das weite Feld zu durchwandern, dessen Schönheit ich von der Ferne und dessen Bahn ich geöffnet sah". Jahrzehnte brauchte die Wissenschaft, das Gebäude der Assimilation und der Atmung der Pflanze klar aufzurichten. Einen wesentlichen Beitrag leistete der Genfer Gelehrte Saussure, der 1804 die Theorie von der Kohlenstoffernährung der grünen Pflanze vollendete und die Atmung als unentbehrlichen Vorgang bei allen Lebewesen erkannte. Ihren Sinn zu erfassen gelang erst, nachdem Robert Mayer 1845 das Energiegesetz entdeckt hatte. Der Botaniker Julius Sachs schied dann 1865 streng Assimilation und Atmung.

2. Gärung

Neben der gewöhnlichen Atmung gibt es noch eine zweite Art der Dissimilation: die Gärung.

Keimlinge atmen bei Sauerstoffabschluß noch stundenlang, Äpfel und Weinbeeren wochenlang Kohlendioxyd aus. Meister dieser sauerstofflosen Lebensart sind die Hefepilze, die mit und ohne Sauerstoff gleicherweise gedeihen, und Bakterien wie Buttersäure-, Starrkrampf-, Gasbrandbazillen, deren Leben sich sauerstofffrei in Anaerobiose vollzieht. Letztere sind obligate, die Hefepilze fakultative Anaerobier.

Die Gärung ist eine intramolekulare Atmung. Der im Traubenzucker oder in anderen organischen Stoffen gebundene Sauerstoff wird durch innermolekulare Umlagerung zu einem Oxydationsprozeß benutzt, das Molekül unvollständig abgebaut, dabei eine gewisse meist geringe Menge Energie gewonnen.

Bei der alkoholischen Gärung wird Traubenzucker durch das Hefeferment Zymase in Alkohol und Kohlendioxyd gespalten.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 24\ Kal.$$

Wein-, Bier-, Branntweinherstellung beruhen auf alkoholischer Gärung.

Milchsäuregärung: Milchsäurebakterien spalten Traubenzucker in Milchsäure.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ CH_3\ CHOH \cdot COOH + 26\ Kal.$$

Buttersäuregärung: Buttersäurebakterien bauen Zellulose unter Bildung von Buttersäure $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$ ab.

Essigsäuregärung: Essigsäurebakterien spalten aus Alkohol unter Verwendung von Luftsauerstoff Wasserstoff ab und bilden Essigsäure.

$$CH_3 \cdot CH_2OH + O_2 \rightarrow CH_3 \cdot COOH + H_2O + 117\ Kal.$$

II. Vom Leben der nichtgrünen Pflanze

Die grüne Pflanze ist dank ihrem Chlorophyllbesitz imstande, ihr gesamtes organisches Baumaterial aus einfachsten anorganischen Verbindungen selbst herzustellen, sie ist autotroph (s. S. 8). Daneben bestehen aber chlorophyllfreie Pflanzen, wie Bakterien und Pilze, die den Kohlenstoff nicht assimilieren können. Sie sind – gleich dem Tier – auf die Zufuhr organischer Stoffe von außen angewiesen, sind also heterotroph. Grad und Abstufung der Abhängigkeit sind verschieden. Für die meisten Pilze und Bakterien ist Zucker die Kohlenstoffquelle. Sie nehmen ihn unmittelbar auf oder mittelbar, indem sie organische Stoffe zu Zucker umwandeln. Dabei gibt es Spezialisten, die die sonderbarsten und unwahrscheinlichsten organischen Verbindungen (Paraffin, Naphthalin) zu diesem Zwecke auszunutzen vermögen. Bezüglich der Stickstoffernährung sind die Pilze und Bakterien autotroph, d. h. sie begnügen sich mit anorganischem Stickstoff, bevorzugen ihn jedoch in der Ammonium-(NH_4^+)Form gegenüber der Nitrat-(NO_3^-)Form. Doch gibt es auch solche, die den Stickstoff nur als Aminosäure, Pepton oder gar nur als fertiges Eiweiß aufnehmen können.

Wir unterscheiden zwei große Gruppen der Heterotrophen: Fäulnisbewohner, Saprophyten, die ihre organische Nahrung totem pflanzlichen und tierischen Material entnehmen, und Schmarotzer, Parasiten, die lebendige Pflanzen und Tiere zum Nahrungsgewinn anzapfen und ausbeuten.

Saprophyten. Auf die Ernährungstätigkeit der saprophytischen Bakterien und Pilze sind alle Zersetzungsprozesse toter organischer Massen in der Natur zurückzuführen. Die Vorgänge der Gärung (s. S. 12), der Fäulnis und Verwesung (s. S. 18), dieser großartigen Aufräumungsarbeiten in der Natur, sind ihr Werk.

Parasiten. Vom Saprophyten mit bescheidenen Ansprüchen führen gleitende Übergänge zum Parasiten mit so speziellen Ansprüchen, daß er sich völlig an einen bestimmten lebenden Wirt anschließt. Wir werden uns mit ihnen als Erregern gefürchteter Pflanzenkrankheiten noch zu beschäftigen haben (s. S. 35). Leben die Parasiten an der Oberfläche des Wirtes, so nennen wir sie Ektoparasiten, dringen sie ganz in die Zellen und Gewebe des Wirtes ein, Entoparasiten.

Abb. 11. Klee- oder Hopfenseide. Die Seide umspinnt ihre Wirtspflanze (Hopfen) und saugt sie aus

Auch höhere Pflanzen können zur schmarotzenden Lebensweise herabsteigen. Die Mistel ist als grüne Pflanze bezüglich des Kohlenstoffs autotroph, entnimmt aber ihrem Wirtsbaum Wasser, Salze und Stickstoffvorräte. Ein gefährlicher Schmarotzer ist der „Teufelszwirn" des Landwirts, die Kleeseide (Abb. 11), die ihrem Wirte die fertige Kohlenstoff- und Stickstoffnahrung abzapft.

Symbiose. Hat beim Parasitismus nur der eine Partner den Vorteil, und ist der andere der Geschädigte, so verschiebt sich das Verhältnis beider bei der Symbiose zu einem ausbalancierten Gleichgewicht. Wir verstehen unter Symbiose das enge Zusammenleben zweier verschiedener Organismen in Form einer Ernährungsgemeinschaft, aus der jeder Partner Vorteile zieht. Sehen wir jedoch genauer zu, so scheint sich hinter der idealen Gemeinschaft mehr ein wechselseitiger Parasitismus zu verbergen, ein zäher Kampf ums Dasein, in dem sich beide Partner die Waage halten.

Eine ausgezeichnete Symbiose ist bei den Flechten zu finden, wo sich ein Pilz mit einer einzelligen oder fadenförmigen Alge zu einer auch in der äußeren Gestalt vollkommen neuen Einheit vergesellschaftet hat. Die Alge erzeugt photosynthetisch Traubenzucker, der dem Pilz vonnöten ist, der Pilz mobilisiert als Gegengabe aus der Unterlage die Nährsalze.

Weitere Symbiosen sind die Pilzwurzel, Mykorrhiza (s. S. 17) und die landwirtschaftlich ungemein wichtigen Wurzelknöllchen der Leguminosen (s. S. 19).

III. Vom Boden

Im Leben der Pflanze spielt der Boden eine beherrschende Rolle. In ihm wurzelt sie, aus ihm saugt sie ihre Nährsalze. Kein Wunder, daß der Bauer von jeher dem Boden und seiner Pflege ein gut Teil seiner Aufmerksamkeit und seines Fleißes widmet.

An der Gestaltung des Bodens sind physikalische und chemische Faktoren aller Art mit verwickelten biologischen Vorgängen einer ausgedehnten Kleinlebewelt verwoben. Nur in ihrer Gesamtheit vermögen uns diese Faktoren einen Einblick in sein Wesen und seine Behandlung zu geben. Viel ist uns noch unklar und verborgen.

A. Struktur und Wesen des Bodens

1. Bestandteile des Bodens

Der Boden ist ein Gemenge von größeren und kleineren Gesteinstrümmern, von Humus, Wasser, Salzen, Luft und Bodenorganismen. Er entsteht durch Verwitterung der Gesteine, wird aber erst durch die Tätigkeit der Lebewesen aus dem rein mineralischen Urboden zum Vegetationsboden. In ihm bilden die gröberen Bestandteile über 1 mm – der Sandanteil – das Skelett, die kleineren unter 1 mm – der Tonanteil – die Feinerde. Jeder Anteil hat wichtige Aufgaben zu erfüllen. Der Skeletteil bildet das Gerüst des Bodens, gibt ihm Halt und verhindert, daß die Feinerde sich zu einer dichten, kompakten Masse zusammenschließt (Abb. 12). Der Tonanteil birgt die feinen Bodenteilchen kolloider Natur. Sie sind die eigentlichen Träger der Bodenfruchtbarkeit. Zur Feinerde rechnen wir außer dem anorganischen Ton auch den organischen Humus.

Abb. 12. Ein Krümel von 3 mm Durchmesser mit Skelett- und Feinerdeanteil, dazwischen kapillare Hohlräume

Unter **Humus** verstehen wir die Gesamtheit der organischen Substanz des Bodens: Abfall- und Verwesungsstoffe der Pflanzen und Tiere einschließlich der darin lebenden Kleinlebewesen. Durch die zersetzende Tätigkeit der Kleinlebewesen ist er in einem dauernden Ab-, Um- und Aufbau begriffen. Er bestimmt weitgehend gemeinsam mit der übrigen Feinerde die Eigenschaften eines guten Bodens. Die Feinerde besitzt durch ihre geringe Teilchengröße eine riesige Oberfläche, umschließt winzigste Spalten und Hohlräume und saugt mit diesen kapillar Wasser an und hält es fest. Humus und Ton sind mit ihren Teilchen unter 2μ ($^2/_{1000}$ mm) echte Kolloide, quellen als solche bei Feuchtigkeit stark auf und halten weiteres Bodenwasser kolloid fest. Auch absorbieren sie die gelösten Nährsalze und schützen sie vor dem Auswaschen durch das Regenwasser. Leichte Böden werden so vor einer Verarmung bewahrt, bei schweren Böden wird die zu große Bindigkeit der Teilchen herabgesetzt. Der Humus begünstigt die biologische Tätigkeit der Bodenbakterien, bei der beachtliche Mengen von Kohlendioxyd entstehen, das wiederum einerseits die Assi-

milation unterstützt, andererseits gelöst als Kohlensäure die Mineralien des Bodens aufschließt. Der dunkle Humus absorbiert Licht und Wärme und hält diese als schlechter Wärmeleiter zurück. In jeder Hinsicht fördert so der Humus das Wachstum unserer Kulturpflanzen. Die Hauptackerböden Deutschlands haben einen Humusgehalt von 1–2 %; die Schwarzerde von Wolfenbüttel über die Magdeburger Börde und über Halle bis fast nach Leipzig enthält 2–7%.

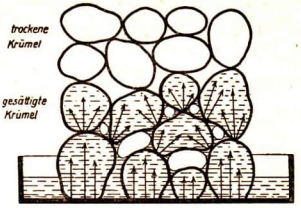


Abb. 13
Kapillarer Wasseraufstieg bei Krümelstruktur

Bodenwasser. Das Bodenwasser ist eine nährstoffhaltige Lösung sehr geringer Konzentration, trotzdem aber für die Pflanze von größter Bedeutung (s. S. 7). Entzieht ihm die Pflanze die Nährsalze, so erneuert sich der Lösungsvorgang, und die Konzentration wird wieder hergestellt. Nicht alles im Boden gespeicherte Wasser steht der Pflanze zur Verfügung. Es wird verschieden stark festgehalten. Leicht beweglich und verfügbar ist das kapillare Haftwasser (Abb. 13). Dagegen wird das kolloid absorbierte sog. hygroskopische Wasser von Kräften (rd. 50 atm) gehalten, die über die Saugkraft der Wurzel von rd. 20 atm weit hinausgehen; es ist für die Pflanze „totes" Wasser. Der Gesamtwasserverbrauch unserer Kulturpflanzen schwankt je nach der einzelnen Pflanzenart zwischen 200–400 mm im Jahre. Er ist also stets geringer als die jährliche Niederschlagsmenge von 600 mm, übersteigt aber die während der Vegetationszeit fallenden Niederschläge. Die Pflanze greift dann auf den Wasservorrat der Ackerkrume und des Untergrundes zurück. Das Grundwasser ist für sie erreichbar, wenn es nicht tiefer als 30–40 cm unter der unteren Grenze des Wurzelraumes steht. Die Luzerne senkt ihre Wurzeln bis zu 2 m Tiefe hinab, Raps, Rüben bis 1,50 m, Getreide 1–1,20 m.

Bodengare. Lagern die Teilchen der Feinerde in Einzelstruktur nebeneinander, so werden sie nach längerem Regen oder beim Gießen verschlämmt und bilden einen

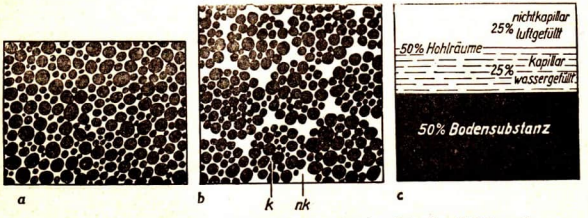


Abb. 14. Die Bodenhohlräume *a* bei Einzelstruktur, *b* bei Krümelstruktur (*k* kapillare Hohlräume < 0,03 mm, *nk* nichtkapillare Hohlräume > 0,03 mm). *c* Die Verteilung von Bodensubstanz, Luft und Wasser bei guter Krümelstruktur (s. S. 24)

Brei, dessen Hohlräume mit Wasser gefüllt sind und der bei Trockenheit hart und krustig wird. Hitze und Frost, die Tätigkeit der Bodenorganismen und die Bearbeitung durch den Menschen sprengen die Kruste und lockern die Teilchen wieder. Der ideale, physikalisch, chemisch und biologisch günstigste Zustand des Bodens ist die Gare. Die Teilchen der Feinerde sind dann durch kolloidchemische Vorgänge zu kleinen Gruppen von optimal 2–4 mm, Krümeln, vereint, die reichlich Luft und Wasser einschließen (Abb. 14). Der Boden ist locker, beim Überschreiten elastisch, leicht bearbeitbar und zeigt lebhafte Tätigkeit der Bakterien.

2. Der Säuregrad des Bodens

Der Säuregrad des Bodens, seine Azidität, spielt eine wichtige Rolle und beeinflußt die Tätigkeit der Mikroorganismen und das Wachstum unserer Kulturpflanzen in weitem Maße. Wir messen ihn durch Bestimmung der Wasserstoffionen $H^{\cdot}$, die das Wesen einer Säure ausmachen.

Wasser ist zu einem geringen Anteil in Ionen $H^{\cdot}$ und OH' zerfallen. In 1 Liter sind bei 18^{0} 10^{-7} g $H^{\cdot}$-Ionen und ebensoviel OH'-Ionen enthalten. Das Wasser reagiert dann neutral. Sind mehr als 10^{-7} g $H^{\cdot}$ vorhanden, so ist die Flüssigkeit sauer, sind es weniger, so ist sie alkalisch. Zur Vereinfachung der Schreibweise geben wir die Wasserstoffionenkonzentration mit dem Symbol p_H mit ihrem negativen Logarithmus an: $p_H = 7$ neutral, $p_H > 7$ alkalisch, $p_H < 7$ sauer.

Die Empfindlichkeit der Feldfrüchte gegen den Säuregrad ist verschieden. Beinahe noch größer ist sie gegen Reaktionsverschiebung. Die Pflanzen sind darauf eingestellt, daß die während ihrer Vegetation herrschende Bodenreaktion konstant bleibt. Die Pufferung des Bodens wird durch Puffer (Phosphate, Humusstoffe) erreicht, die die Fähigkeit haben, sowohl $H^{\cdot}$ als auch OH' aufzufangen und damit Reaktionsverschiebungen zu verhindern.

3. Die Bodenarten und ihre Eigenschaften

Die Einteilung der Bodenarten (siehe Tabelle) geschieht nach verschiedenen Gesichtspunkten. Praktisch bewährt und bei Landwirten beliebt ist die nach Korngrößenklassen von Albrecht Thaer, dem Begründer der wissenschaftlichen Landwirtschaftslehre. Thaer hat sich durch seine 1809–1812 veröffentlichten „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft" größte Verdienste um die Landwirtschaft erworben.

Eine verbreitete Anwendung findet noch die Einteilung nach landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, für die die Böden in erster Linie geeignet sind:

Kartoffelböden	Roggenböden	Haferböden
Kleeböden	Weizenböden	Zuckerrübenböden
Weidenböden	Wiesenböden	Ackerbohnenböden

4. Die Bodenorganismen

Der Landwirt spricht schon immer vom „lebendigen" Boden. Die Wissenschaft hat ihm recht gegeben. Seine organische Substanz beherbergt eine ausgedehnte Kleinlebewelt, die für seine Fruchtbarkeit recht bedeutungsvoll ist. Durch ihre Tätigkeit werden auf 1 ha Ackerland jährlich 50–60 dz pflanzliche Rückstände umgesetzt mit einem Gehalt von etwa 15–20 dz Kohlenstoff, $^1/_2$–1 dz Stickstoff, $^1/_2$–1 dz Kali, $^1/_4$–$^1/_2$ dz Phosphorsäure. Pilze, Bakterien, Algen und Urtiere, Würmer, Insekten,

Die Bodenarten und ihre Eigenschaften

Bodenart	Bearbeitung	Wasserhaltung, kapillare Hubhöhe	Erwärmung	Durchlüftung	Nährsalzgehalt	Eignung
Sandboden	leichter Boden	gering, leicht austrocknend, 1/4 m	sehr gut, aber wechselnd, warmer Boden	sehr gut, 1/1	gering, rasch ausgewaschen, Dünger rasch zersetzt	schlecht, braucht viel Düngung
Lehmboden	schwerer Boden	gut, 1/2 m	gering, kalter Boden	erschwert, 1/100	gut, leicht absorbierbar	bei reichlicherem Sandgehalt gut, Krümelbildung günstig
Tonboden	schwerer Boden	sehr gut, 1 1/4 m	schlecht, kalter Boden	schlecht, 1/1000 und weniger	sehr gut	bei Einzelstruktur unfruchtbar, bei Krümelstruktur recht leistungsfähig, leicht verkrustend
Kalkboden	leichter Boden	gut, mäßig	gut	sehr gut	sehr gut, Dünger rasch zersetzt	je nach Tongehalt gute Krümelung und gute Gare
Humusboden	leichter Boden	reichlich, sehr gut	schlecht, kalter Boden	ger ng	naß ungeeignet: Entwässerung Niederungsmoor: reich an Kalk und Stickstoff Hochmoor: sehr arm an Kalk, Kali; sauer	

Milben, Mäuse, Maulwürfe nehmen daran teil; die beiden ersten beherrschen das Feld. Den Bodentieren fällt die wichtige Aufgabe zu, die organischen und anorganischen Stoffe der verschiedenen Bodenschichten zu durchmischen, gleichmäßig zu verteilen und zu zerkleinern.

Die **Pilze** bevorzugen saure Wald- und Heideböden mit einem geringen p_H-Wert. Als heterotrophe Pflanzen brauchen sie fertig gebildete organische Stoffe. Ihr Myzel durchwächst die Pflanzenrückstände, zersetzt sie und bewirkt eine rasche Humusbildung. Sie leben frei als Saprophyten im Boden oder als Mykorrhiza (Wurzelpilze) in Symbiose mit höheren Pflanzen. Sie umspinnen auf humusreichem Boden die Wurzeln vor allem der Waldbäume und ersetzen als ektotrophe Mykorrhiza die fehlenden Wurzelhaare samt deren Funktion (Abb. 15). Bei der endotrophen Mykorrhiza dringt der Pilz

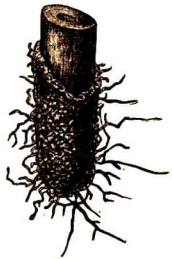


Abb. 15. In eine „Pilzwurzel" (Mykorrhiza) umgewandelte Wurzelspitze (letztere zum Teil bloßgelegt)

in die Wurzelzellen der Wirtspflanze ein, die ihn verdaut (Abb. 16). Die Stickstoffaufnahme der Wirtspflanze wird dadurch begünstigt, der Pilz seinerseits bezieht

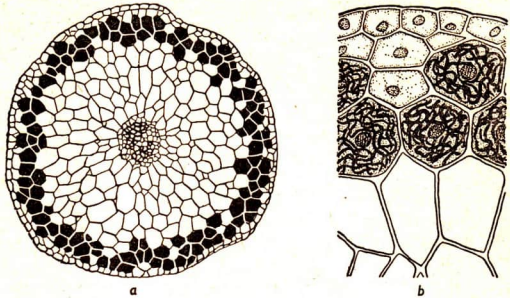


Abb. 16. Endotrophe Mykorrhiza der Nestwurz Neottia nidus avis. *a* Wurzelquerschnitt. Die schwarz gehaltenen Zellen unter der Oberhaut sind vom Pilz erfüllt (18fach vergr.). *b* Ein Stück von *a*, stärker (120fach) vergrößert; in den Zellen die Pilzfäden

von ihr Kohlenhydrate. Eine eindeutige Klärung der physiologischen Bedeutung der Mykorrhiza fehlt uns noch.

Die **Bodenbakterien** bevölkern in unabsehbaren Mengen den Boden. In 1 g Boden leben 100 000–100 000 000. Die Umsetzungen, die ihre Lebensprozesse hervorrufen, stellen einen grundlegenden Faktor in der Stoffwechselbilanz des Gesamtlebens der Erde, im Kreislauf der Stoffe dar. Die Fäulnisbakterien sind, wie Pasteur sagt, die Totengräber der Natur, ohne die die Erde ein ungeheurer Kirchhof wäre, vollgepfropft mit den Resten der Tiere und Pflanzen. Sie zertrümmern Schritt für Schritt die hochmolekularen Eiweißmoleküle der Abfallstoffe. Aerobe Bakterien rufen Verwesung hervor: die organische Substanz wird vollkommen oxydiert und verschwindet zuletzt. In tieferer, luftabgeschlossenerer Lage tritt unter Wirkung meist anaerober Bakterien Fäulnis ein: die organische Substanz wird unter Reduktion nur teilweise zersetzt. Kohlenstoffreiche Massen bleiben unter Abspaltung von Ammoniak, Kohlendioxyd, Stickstoff, Schwefelwasserstoff u. a. zurück. Gärungserreger (s. S. 12), Bakterien und Pilze, fallen über die stickstofffreien Kohlenhydrate her und bilden Kohlendioxyd, Wasserstoff und Methan.

Im **Kreislauf des Stickstoffs** tritt die Bedeutung des „lebendigen" Bodens besonders klar zutage. Glied einer Kette reiht sich an Glied. Als anorganisches Salz entnehmen die grünen Pflanzen dem Boden den Stickstoff, assimilieren ihn zu lebentragendem Eiweiß. Der Tod überantwortet dieses dem Zugriff der Bakterien. Der Abbau beginnt.

Erster Schritt: Fäulnisbakterien setzen den Eiweißstickstoff zu Ammoniak um. Neue Bakterien reihen sich an, die Nitrifikation setzt ein.

Zweiter Schritt: Nitritbakterien (Nitrosomonas) oxydieren Ammoniak zu Nitrit. $2\,NH_3 + 3\,O_2 \rightarrow 2\,HNO_2 + 2\,H_2O + 158$ Kal.

Dritter Schritt: Nitratbakterien (Nitrobakter) oxydieren Nitrit zu Nitrat. $2\,HNO_2 + O_2 \rightarrow 2\,HNO_3 + 43$ Kal.

Die Salpetersäure setzt sich im Augenblick ihrer Entstehung mit den im Boden stets vorhandenen K-, Ca- und anderen Verbindungen zu den entprechenden Nitraten um.

Als Seitenglied der Kette zerlegen die Harnstoffbakterien den tierischen Harn, der fortdauernd in großen Mengen in den Boden gelangt, in Kohlendioxyd und Ammoniak.

Nebenbei, aber merkwürdig: Die Nitrifikationsbakterien leben autotroph, bedürfen keiner organischen Substanz. Sie assimilieren chemosynthetisch mit Hilfe der bei den Oxydationsvorgängen frei werdenden Energie Kohlendioxyd zu organischen Verbindungen — ohne Chlorophyll und ohne Licht!

Ein unerwünschter Vorgang ist die Denitrifikation. Bestimmte Bakterien, Salpeterfresser, bauen Nitrate zu Stickstoff ab, verringern also den Vorrat des Bodens an nutzbarem Stickstoff. Reichliche organische Substanz und Luftabschluß etwa durch zu große Nässe begünstigen sie. Stallmist darf daher nicht tiefer eingetragen werden, als die Durchlüftung des Bodens reicht.

Landwirtschaftlich bedeutungsvoll im günstigen Sinne sind die stickstoffsammelnden Bakterien, die teils in Symbiose mit Hülsenfrüchten, teils freilebend auf eigene Faust den Stickstoff der Luft binden. Die freilebenden Bakterien (aerob Azotobakter, anaerob Clostridium) finden wir in jedem Boden. Sie sind es, die während der Brache den Boden an Stickstoff bereichern; sie bedingen es auch, daß aus manchen Böden in der Ernte mehr Stickstoff herausgeholt werden kann, als die Düngung ihnen zuführte.

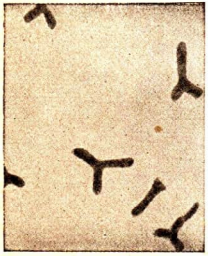


Abb. 17. Stickstoffbakterien Bacterium radicicola, y-Form aus Bohnenknöllchen

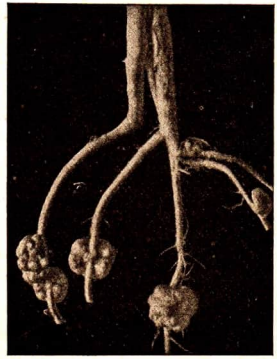


Abb. 18. Von Knöllchenbakterien erzeugte Anschwellungen an Lupinenwurzeln (nat. Größe)

Die symbiotischen Stickstoffsammler sind die Knöllchenbakterien (Bacterium radicicola, Abb. 17). Sie leben als begeißelte Stäbchen frei im Boden, dringen durch

die Wurzelhaare keimender Hülsenfrüchte in das Wurzelgewebe ein und verursachen Anschwellungen, Knöllchen (Abb. 18). Im Protoplasma der Knöllchenzellen vermehren sie sich reichlich und verändern dabei ihre Gestalt zu lappig verzweigten bakteroiden Formen. Ihren Bedarf an Kohlenstoff decken sie aus den Kohlenhydraten der Wirtspflanze. Sie selbst vermögen es, den Stickstoff der Bodenluft zu Eiweiß zu assimilieren. Zur Blütezeit und zur Zeit der Samenreife der Wirtspflanze, während der sie besonders viel Stickstoff bedarf, verdaut ihr Protoplasma die Bakterien und macht sich deren Stickstoffvorrat zu eigen. Stirbt die Pflanze ab, so zerfallen auch die Knöllchen, und die nicht verdauten Bakterien kehren in den Boden zurück und reichern ihn mit Stickstoff an.

Die Erforschung dieser großartigen Symbiose klärte manche Beobachtungen der Landwirte auf, die als Praktiker und Pioniere der Wissenschaft schon lange behaupteten, daß Hülsenfrüchte ohne Düngung Jahre hindurch auf demselben Acker zu gedeihen vermögen. Die längst geübte Gründüngung wurde wissenschaftlich begründet: Durch Umpflügen junger Hülsenfrüchte wird der Boden mit Stickstoff angereichert und die nachgebaute Pflanze damit versorgt. Es gibt verschiedene Rassen der Knöllchenbakterien, z. B. eine Lupinen- und eine Erbsenrasse. Fehlt auf neu in Kultur genommenen Böden die jeweilige Bakterienrasse, so versagt der Anbau der Hülsenfrüchte, die Knöllchenbildung unterbleibt. Dann kann der Boden mit natürlicher Impferde bzw. mit Reinkulturpräparaten geimpft werden. So schließt sich von allen Seiten her der Kreislauf des Stickstoffs (Abb. 19).

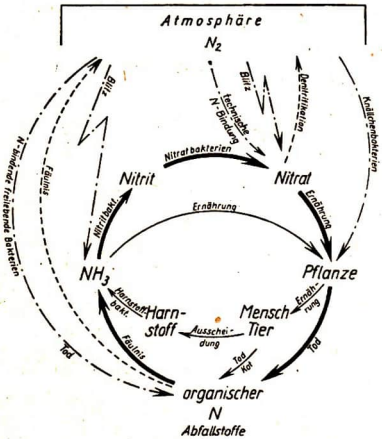


Abb. 19. Kreislauf des Stickstoffs.
– – – N-Verlust — · — · — N-Gewinn

In ähnlicher Weise haben auch andere Nährstoffe der Pflanze einen Kreislauf.

Die Schwefelbakterien oxydieren den Schwefelwasserstoff, den die Fäulnisbakterien bei der Eiweißzersetzung liefern, zu Schwefel, diesen weiter zu Schwefelsäure. Mit der so gewonnenen Energie vermögen sie Kohlendioxyd zu assimilieren, also autotroph zu leben. Nebenbei erwähnt bilden sie einen wichtigen biologischen Faktor in der Selbstreinigung unserer Gewässer und bei der Abwässerreinigung auf Rieselfeldern (Abb. 20).

Wird ein solcher Kreislauf von der Natur nicht völlig geschlossen, muß der Mensch mit zusätzlicher Düngung die entstehenden Verluste ausgleichen.

Die beiden großen Förderer der pflanzlichen Ernährungs- und der wissenschaftlichen Landwirtschaftslehre, Liebig in Deutschland und — gleichzeitig — Boussingault in Frankreich, waren sich über die Stickstoffernährung der Pflanze noch nicht recht klar. Um 1860 gelang Boussingault der Nachweis, daß der Stickstoff der Luft nicht in Frage kommt. Erst im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts brachte die Forschungsarbeit der Gelehrten verschiedener Länder im Zusammenwirken von angewandter und reiner Wissenschaft die Lösung des Stickstoffproblems. Die Einsicht in den Reichtum der biologischen Vorgänge gewährte die Mikrobiologie, als es ihr gelang, die verschiedenen am Kreislauf des Stickstoffes beteiligten Bakterien zu isolieren und zu kultivieren. Hierbei hat sich neben anderen besonders der Holländer Beijerinck verdient gemacht, der 1901 den Azotobakter als letzte der Stickstoffbakterien entdeckte.

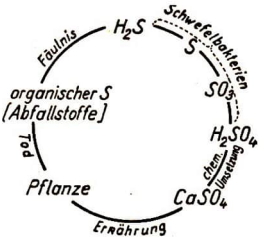


Abb. 20. Kreislauf des Schwefels

B. Die Pflege des Bodens

Der Bauer ist laufend bemüht, die Ertragsfähigkeit des Bodens zu erhalten bzw. zu erhöhen und ihn in seinen bestmöglichen Zustand zu versetzen. Das erreicht er durch Düngung, Bodenbearbeitung und bodenverbessernde Maßnahmen.

1. Düngung

Unsere intensive Landwirtschaft entzieht dem Boden jährlich beträchtliche Mengen an Nährsalzen:

Auf 1 ha entnommen in kg	K_2O	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	SiO_2
Wintergetreide	39,2	13,7	8,8	23,5	4,9	105,8
Sommergetreide	49	17,6	9,8	19,6	5,9	86,2
Leguminosen	58,8	58,8	15,7	27,4	9,8	9,8
Klee	117,5	117,5	41,1	35,3	11,8	19,6
Kartoffeln	105,8	35,3	19,6	33,3	15,7	7,8

Das Nährstoffkapital des Bodens ist nicht unerschöpflich. Der drohenden Verarmung begegnet der Landwirt durch die Düngung. Sie verbessert zugleich die Bodenbeschaffenheit, bringt ihm Humus mit seiner günstigen Wirkung auf Krümelbildung, Durchlüftung, Wasserhaushalt und Belebung der Mikroorganismen. Der Landwirt unterscheidet Wirtschafts- und Handelsdünger.

Wirtschaftsdünger ist der auf dem Bauernhofe, der Wirtschaft, anfallende natürliche Dünger: Stallmist und Jauche. Ausscheidungen des Viehs und Einstreu bilden die Grundlage des Stallmistes. Gute Lagerung auf der Düngerstätte sorgt für die Verrottung des Mistes, einer vorbereitenden Zersetzung der leicht abbaubaren Zellulose durch anaerobe Bakterien. Dieser Prozeß ist notwendig, weil un-

verrotteter Mist, in den Boden gebracht, die Tätigkeit vieler Mikroorganismen sehr anregen würde, die zu ihrer Vermehrung den Kulturpflanzen die nötigen Nährstoffe, besonders den Bodenstickstoff, entziehen würden. Der Wert der Jauche besteht vor allem in ihrem Reichtum an Stickstoff. Pferde- und Schafdung zersetzen sich rasch unter Erwärmung. Der Landwirt nennt sie hitzige Dünger und verwendet sie besonders für schwere Böden. Der Kuhdung bleibt länger feucht und zersetzt sich langsamer, ist darum für Sandboden geeignet. Geflügeldung – in Wasser verrührt, in dem er gärt – wird als Kopfdünger verwendet, d. h. er wird nicht in den Untergrund gebracht, sondern im Wurzelbereich der Pflanze auf die Erde gegossen, z. B. bei Tomaten und Kraut.

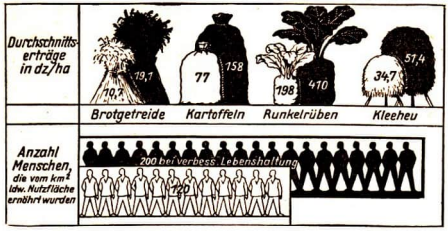


Abb. 21. Leistungen der deutschen Landwirtschaft. Die Ernteerträge haben sich in den letzten 50 Jahren verdoppelt. Die Hälfte dieser Ertragssteigerung ist auf die Anwendung von Handelsdünger zurückzuführen, der Rest auf Verbesserung des Saatgutes und der Bodenbearbeitung

Handelsdünger sind die vom Handel bezogenen, heute in erster Linie synthetisch und bergmännisch gewonnenen Düngemittel. Ohne sie wäre eine intensive Landwirtschaft undenkbar. Der Wirtschaftsdünger erstattet dem Boden nur das zurück, was an Ernte im Bauernhofe selbst verbraucht wird, kann aber nicht ersetzen, was in den Produkten enthalten ist, die aus der Wirtschaft ausgeführt werden. Wissenschaft und Technik kamen gerade zur rechten Zeit der Landwirtschaft zu Hilfe, die Lücke im Düngemittelbedarf zu schließen (Abb. 21).

Abb. 22. Auf dem Ackerstück rechts, das stickstofffreien Kunstdünger erhielt wurden 167 dz Kartoffeln geerntet. Das mit Volldünger von 80 kg Stickstoffgehalt versehene gleichgroße Ackerstück links lieferte 281 dz Kartoffeln

Stickstoffdünger (Abb. 22 u. 23) liefert uns eine besondere chemische Industrie (Leuna, Oppau). Ammoniakstickstoff (Ammoniumsalze) unterliegt im Boden erst einer Nitrifikation, wirkt daher allmählich und nachhaltig,

erfordert aber eine gleichzeitige Kalkung, da die Bakterien nur in neutraler Reaktion gedeihen. Nitratstickstoff wirkt rasch, ist im Boden leicht beweglich, freilich auch leicht auswaschbar. Kalkstickstoff wirkt langsam und nachhaltig, da er chemisch erst zu Harnstoff umgesetzt wird, der dann nitrifiziert wird (s. S. 19).

Abb. 23. Wachstum der gleichen Roggensorte auf einem Acker mit und ohne Stickstoffdüngung

Phosphordünger steht uns aus Inlandsquellen nur ungenügend zur Verfügung: Thomasmehl, Rhenaniaphosphat, Superphosphat und Knochenmehl.

Kalidünger liefern unsere Kalisalzlagerstätten in reichlichstem Maße. Die leicht löslichen Kalisalze werden von Bodenkolloiden festgehalten und so vor der Auswaschung geschützt.

Kalkdünger nimmt eine Sonderstellung ein. Wir kalken den Boden in der Regel nicht, um der Pflanze einen Nährstoff zuzuführen, sondern weil wir damit die physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften verbessern wollen. Kalk regelt den Säuregrad des Bodens und begünstigt die Krümelstruktur mit all ihren Vorteilen.

Mischdünger empfiehlt sich dort, wo einem Boden mehrere Nährstoffe fehlen. Er wird zum Volldünger, wenn er sowohl Stickstoff als auch Phosphor und Kali enthält. Liebig stellte das „Gesetz vom Minimum" auf, das besagt, daß die Stoff-

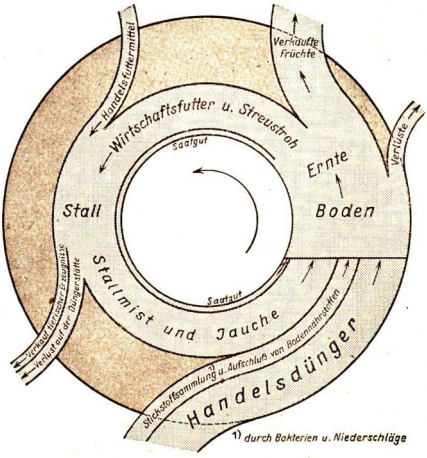


Abb. 24. Schema eines Kreislaufes der Nährstoffe in der Landwirtschaft

produktion der Pflanze sich nach dem Nährstoff richtet, der in geringster Menge, im Minimum, vorhanden ist. Ein Mehr an anderen Nährstoffen nützt dann nichts. Jeder Landwirt muß also seinen Boden kennen, um ihm je nach der Kulturpflanze den richtigen Dünger zu geben, nicht zu wenig, sonst leidet der Ertrag, nicht zu viel, sonst vergeudet er Werte (Abb. 24).

2. Bodenbearbeitung

Das Ziel der Bodenbearbeitung ist Erhaltung und Herstellung der **Gare.** Den günstigsten Zeitpunkt der Bearbeitung zu wählen, entscheidet unter Umständen über den Erfolg der Arbeit. Auf schweren, kolloidreichen Böden ist oft das „Gefühl" des Landwirtes, genaue Kenntnis seines Bodens und langjährige Erfahrung, allein maßgebend. Voraussetzungen einer guten Gare sind unter anderem richtige Wasserhaltung, richtige Durchlüftung, Krümelstruktur des Bodens. Der Landwirt schafft sie mit seinen verschiedenen Ackergeräten, die teils den Boden lockern, teils verdichten. Lockerung des Bodens vergrößert sein Porenvolumen, Zusammendrücken verkleinert es. Luft und Wasser dringen in die Poren ein und müssen im rechten Verhältnis stehen. Das Optimum der Lockerung des Bodens liegt dort, wo beste Durchlüftung mit bester Wasserführung gepaart ist. Er enthält dann 50% Bodensubstanz und 50% Hohlräume, wovon 25% nichtkapillare Lufträume und 25% kapillare wasserführende Hohlräume sind (Abb. 14). In solchem Boden sinkt das Regenwasser rasch ab, Luft dringt nach, und die Sonnenwärme wird leicht aufgenommen. Der Boden wird im Frühjahr rasch warm, schützt im Sommer vor allzu starker Erhitzung. Mit diesen guten physikalischen Wirkungen vereinen sich die biologischen. Die nitrifizierenden Bakterien vermehren sich außerordentlich, der Stickstoffgehalt des Bodens steigt. Die Gesamtlebewelt des Bodens schafft erst die volle Gare.

3. Fruchtwechsel und Brache

Der **Fruchtwechsel** dient der Bodenpflege mit dem Ziel, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu steigern. Dazu muß er mit der Düngung gemeinsam angewendet werden. Die biologischen Grundlagen der Fruchtfolge beruhen auf verschiedenen Beobachtungen: 1. Selbstverträglichkeit der Kulturpflanzen. Häufige Wiederkehr einer Kulturpflanze auf dem gleichen Acker führt bei den einen rascher, bei anderen langsamer zu einem Rückgang der Ernte, zu einer Bodenmüdigkeit. Es zeigt sich, daß manche Pflanzen mit sich selbst verträglich sind, andere nicht. Die Ursachen der Bodenmüdigkeit sehen wir in einem einseitigen Entzug gewisser Nährstoffe, noch dazu aus einer bestimmten Bodenschicht, also in einer Verarmung des Bodens; weiterhin darin, daß Krankheitserreger und Schädlinge sich anhäufen und daß bestimmte Unkräuter begünstigt werden und überhandnehmen. 2. Infolge verschiedener Vegetationsdauer räumen die Früchte das Feld früher oder später, und nicht überall in Deutschland kann die Herbsteinsaat auf spät geerntete Früchte erfolgen. 3. Der Zustand des Bodens ist nach Getreideanbau ungünstig: ausgetrocknet, verunkrautet, nach dem Anbau von Hack- und Hülsenfrüchten weit besser. 4. Schließlich sind die Ansprüche der Kulturpflanzen ver-

schieden. Hackfrüchte werden in den Stallmist gebaut, da sie ihn gut ausnutzen. Vor der neuen Stallmistgabe werden „abtragende" Früchte (Roggen, Hafer) gebaut, die die letzten Stallmistreste herausholen.

Diese biologischen Grundlagen sind für die Fruchtfolge bestimmend, in deren Verlauf ein Wechsel der Kulturpflanzen nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen wird.

1. Tiefwurzler — Flachwurzler. Die Tiefwurzler (Rüben, Hülsenfrüchte, Rotklee, Raps) nutzen die Nährstoffe des Untergrundes aus und holen sie herauf. In ihren Überresten hinterlassen sie einen Teil dieser Nährsalze für den nachgebauten Flachwurzler (Getreide, Kartoffel) (Abb. 25).

2. Blattfrüchte — Halmfrüchte. Die Blattfrucht beschattet den Boden, hält ihn krümelig, verhindert seine Austrocknung und schafft eine „Schattengare" zum Vorteil der nachfolgenden Halmfrucht.

3. Stickstoffmehrer—Stickstoffzehrer. Auf eine stickstoffsammelnde Pflanze (Hülsenfrucht) folgt eine stark stickstoffverbrauchende (Weizen).

4. Stallmistdüngung — Gründüngung werden im Fruchtwechsel so verteilt, daß die Pflanzen mit den größten Ansprüchen den Stallmist erhalten.

Vielerlei Gesichtspunkte greifen so bei der Aufstellung eines Fruchtfolgeplans ineinander,

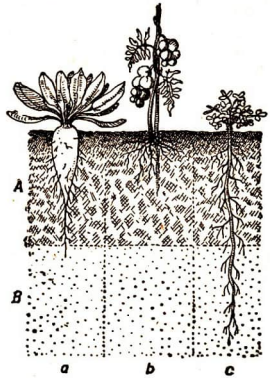


Abb. 25. *a* Mittlere Tiefe (Rübe), *b* Flachwurzler (Tomate), *c* Tiefwurzler (Hülsenfrüchte). *A* Ackerkrume, *B* Untergrund

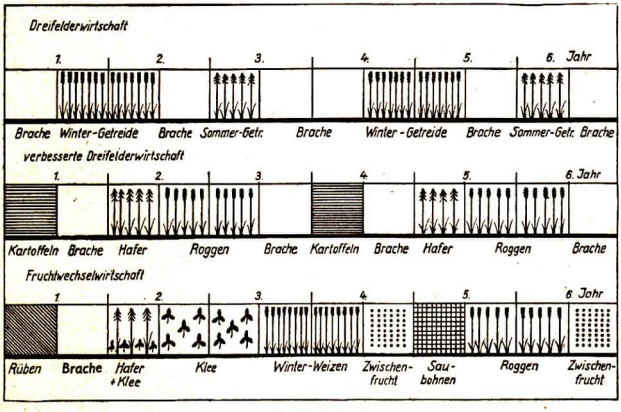


Abb. 26. Fruchtfolgen

der noch dazu bei der Verschiedenheit von Bodenart und Klima jeweils den örtlichen Verhältnissen angepaßt sein muß.

Das ursprüngliche Fruchtfolgesystem ist die Dreifelderwirtschaft: Brache — Wintergetreide — Sommergetreide, die bis 1850 in Deutschland allgemein verbreitet war. Ihr folgte die verbesserte Dreifelderwirtschaft, die die Brache bebaut: Rüben — Sommergetreide — Wintergetreide oder Kartoffel — Hafer — Roggen. Die biologisch gesehen beste Fruchtfolge ist die Fruchtwechselwirtschaft, in der unter Beachtung obiger Gesichtspunkte Getreide mit Hackfrüchten oder Hülsenfrüchten wechselt. Um ihre Einführung in Deutschland hat sich Thaer verdient gemacht (s. S. 16, Abb. 26).

Der **Zwischenfruchtanbau** nutzt die kurze Zeitspanne, in der der Boden zwischen zwei Hauptfrüchten nicht mit Pflanzen bedeckt ist. In den Wochen mit einer Temperatur über 5° (Assimilationstemperatur) wird die Ruheperiode durch Zwischenfrüchte überbrückt, die der Gründüngung oder der Gewinnung eiweißreicher Futtermassen dienen (Lupine, weißer Senf, Stoppelrübe, Rübsen, Spörgel).

Die **Brache** (brechen, umbrechen) ist ein unbebauter Acker, auf dem mancherlei Arbeit, aber keine Fruchtbestellung vorgenommen wird. Die Schwarzbrache verzichtet auf eine ganze Jahresernte, die Teilbrache auf die Ernte einer Jahreszeit.

Der Zweck der Brache ist verschieden: 1. Sie dient der Unkrautbekämpfung. Die mehrfache Bearbeitung bringt die Unkrautsamen der oberen Bodenschichten zum Keimen und vernichtet sie, ehe sie Samen bilden. 2. In trockenen Gebieten wird durch sie eine Wasserspeicherung angestrebt. Die wasserverdunstenden Pflanzen fehlen und die locker gehaltene Ackerkrume unterbricht die Kapillarität und führt zu einer Wasseranreicherung in den unteren Schichten des Bodens. 3. Die Durchlüftung soll durch die wiederholte Bearbeitung wesentlich verbessert werden. 4. Der Boden „soll sich ausruhen". Die Bakterientätigkeit belebt sich in dem bearbeiteten Boden außerordentlich, der Abbau von Humus wird beschleunigt, und die darin enthaltenen Nährstoffe werden den Pflanzen zugänglich gemacht. Stickstoffsammelnde Bakterien (s. S. 19) sollen den Boden mit N anreichern. 5. Pflanzenschädlinge sollen in ihrer Entwicklung gestört und vernichtet werden. 6. Insgesamt soll das Gefüge des Bodens in den günstigsten Zustand, den der Gare, versetzt werden.

Die Möglichkeit, Fruchtwechsel und künstliche Düngung anzuwenden, rechtfertigt die Brache nur noch dort, wo besondere Klima- und Bodenverhältnisse sie erfordern. Als Schwarzbrache ist sie ein nicht zu rechtfertigender Verzicht auf die Nutzung des Bodens.

4. Andere bodenverbessernde Maßnahmen

Auf die günstige Wirkung der Gründüngung haben wir schon hingewiesen (s. S. 20). Die Verwendung von Torfmull und Kompost ist mehr gärtnerischer Art. Torfmull lockert schweren Boden, erhöht die Wasserhaltung in leichtem Boden.

Komposterde belebt die biologische Tätigkeit des Bodens in günstiger Weise. Sie in bester Art zu gewinnen, liegt jedem Gärtner und Gartenbesitzer am Herzen.

Eine wesentliche Maßnahme zur Bodenverbesserung ist die Melioration, die die Gesamtwasserführung des Bodens einschneidend regelt mit dem Ziel, die Pflanzen

ausreichend mit Wasser und mit Luft zu versorgen. Mittel dazu ist einmal die Entwässerung, die Dränage des Bodens, Senkung des Grundwasserspiegels bei sich stauender Nässe. Der beste Grundwasserstand ist für Sandboden 1 m, für Lehmboden 1,50 m, für Tonboden 2 m. Zum anderen kann sich Bewässerung nötig machen. Die Meliorationsmaßnahmen übersteigen oft die Kräfte des einzelnen Landwirtes und sind nur über die Genossenschaft zu leisten.

IV. Nutzbringende Beziehungen zwischen Pflanze und Tier in der Landwirtschaft

Der Landwirt scheidet scharf zwischen nützlichen und schädlichen Tieren, schädlichen, die den Erfolg seiner Arbeit beeinträchtigen und bedrohen, ihm Mühen, Sorgen und Kosten verursachen, die er darum mit allen Mitteln zu bekämpfen sucht, und zwischen nützlichen, die er hegt und pflegt: sein Vieh, seine Bienenvölker, in manchen Gegenden sein Fischbestand.

A. Blüten und Insekten. Bienenzucht

Die Beziehungen zwischen Pflanze und Tier bei der Bestäubung und Befruchtung sind äußerst reizvoll. Der Spandauer Schuldirektor Sprengel hat sie als erster aufgedeckt, und wir fühlen die Freude nach, die sein 1793 erschienenes Buch durchzieht: „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blume." Schmetterlinge, Käfer, Fliegen, Hummeln und Bienen sind daran beteiligt. Die Biene leistet die Hauptarbeit. Obstbäume, Beerensträucher, Raps und Rübsen, Ackerbohne, Weißklee, Luzerne, Buchweizen u. a. sind auf sie angewiesen. Diese naturgegebenen Beziehungen nutzt der Bauer in seiner Bienenzucht aus.

Für den Obstbau ergab sich aus der Tätigkeit der Biene eine praktische Folgerung: Wenn die Biene auf Tracht ausfliegt, ist sie in der Regel blumenstet, sammelt nur aus Blüten der gleichen Art. In einer Obstbaumpflanzung macht sie dabei zwischen den Sorten keinen Unterschied. Das ist günstig, denn manche gute Obstsorte liefert schlechten, unfruchtbaren Pollen. Andere Sorten sind gute Pollenspender (s. S. 39). Darum ist es zweckmäßig, in größeren Obstpflanzungen die Obstarten nahe zueinander, aber in mehreren Sorten zu pflanzen.

Die Zahl der Bienenvölker in Deutschland betrug 1930 etwa $2^1/_2$ Mill. mit einem Durchschnittsertrag von 10 kg Honig und 2 kg Wachs je Volk.

B. Fischzucht

Eine weniger beachtete Beziehung zwischen Pflanze und Tier besteht in der Teichwirtschaft, die in der Bearbeitung des Teichgrundes landwirtschaftliche Methoden anwendet und eine ausgesprochene Bodenpflege treibt. Ein fruchtbarer Boden fördert das Wachstum der unzähligen kleinen Algen, die einen wesentlichen Teil des Planktons des Teichwassers ausmachen und die Nahrung für die Kleinlebewelt der Krebstierchen, Schnecken, Insektenlarven und Würmer bilden.

Diese wiederum sind die Naturnahrung der Zuchtfische. Die Teichwirtschaft spielt in einigen deutschen Landschaften (Oberlausitz, Sachsen, Mark Brandenburg) eine gewisse Rolle. In der Hauptsache werden Karpfen und Forellen gezüchtet. Die Forelle braucht fließendes, kühleres Wasser und ihre Zucht ist darum weniger stark verbreitet. Vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus ist die Karpfenteichwirtschaft mit stehenden, wärmeren Gewässern, die höchstens ganz schwachen Zustrom haben, wesentlicher.

Vom Herbst bis zum Frühjahr werden die flachen Hauptteiche trockengelegt, im Frühjahr gedüngt und im Sommer von Rohr und Schilf befreit, im Herbst nach der Trockenlegung wird der Boden gekalkt, um ihn zu entsäuern und Schädlinge zu töten. Im Frühjahr werden ein- und zweisömmerige Karpfen aus tiefen Winterteichen eingesetzt. Sie werden regelmäßig mit gequollenen Lupinen gefüttert und sind dann als drei- oder viersömmerige Verkaufskarpfen handelsreif mit einem Gewicht von 1,5–2 kg. Die Zucht geschieht in Laichteichen, die wie die Hauptteiche bearbeitet werden und in die dann Laichkarpfen von 5–10 Jahren und 5–25 Pfund Gewicht eingesetzt werden. Ein Weibchen („Rogner") klebt bis zu 500 000 Eier an Grashalme und Wasserpflanzen. Nach einer Woche schlüpft die junge Brut aus. Während des Winters verfallen die Karpfen im Winterteich in eine Art von Winterruhe.

C. Viehzucht und Futterbau

1. Die Bedeutung des Viehes

Ein Bauernhof ohne Vieh ist uns undenkbar. Pflanze und Tier sind aufs allerengste verknüpft, und Ackerbau und Viehzucht schließen sich zu einer landwirtschaftlichen Einheit zusammen.

1. Die Nutzung der Weiden und Wiesen und der Anbau vieler Früchte im Fruchtwechsel und Zwischenfruchtbau (s. S. 25) zur Erzeugung eiweißreicher Kraftfutter dienen lediglich der Futtergewinnung für das Vieh.

2. Das Vieh ist der beste Verwerter dieser wirtschaftseigenen Futtermittel sowie der Abfälle aus Küche und Wirtschaft und aus landwirtschaftlich-technischen Gewerben (Kleie, Schnitzel, Schlempe). Es verwandelt die Erzeugnisse des Ackerbaus in Fleisch, Fett, Milch, Eier, Wolle, Häute. Die der menschlichen Ernährung nicht unmittelbar zugänglichen Stoffe wie Heu, Stroh, Abfälle erfahren dabei eine Veredlung zu hochverdaulichen Nahrungsstoffen.

3. Anderseits liefert das Vieh große Mengen wertvollsten Düngers zur Verbesserung des Ackerbodens.

4. Schließlich verwandelt es Futtermittel in Arbeit und ist als Zugvieh und Arbeitstier dem Bauer unentbehrlich.

2. Futtermittel

Zur Fütterung seines Viehes stehen dem Bauer Wirtschaftsfutter aus eigener Erzeugung und Handelsfutter zur Verfügung. Er unterscheidet:

1. Grünfutter (Gras, Klee, Rübenblätter, Wicke, Luzerne),

2. Rauhfutter (getrocknetes Grünfutter: Heu, Stroh, Spreu),

3. Saftfutter (Rüben, Kartoffeln, Gärfutter, gewerbliche Abfälle wie Schnitzel, Schlempe, Magermilch, Molke, Treber),

4. Kraftfutter (Getreidekörner, Hülsenfrüchte, gewerbliche Abfälle wie Kleie, Melasse, Trockenhefe, Ölkuchen, Fisch-, Fleischmehl).

Womit er im gegebenen Falle füttert, ist nicht allein Sache der Erfahrung, sondern der Überlegung und Berechnung.

Zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes werden die Futtermittel analysiert und in Stoffgruppen zerlegt.

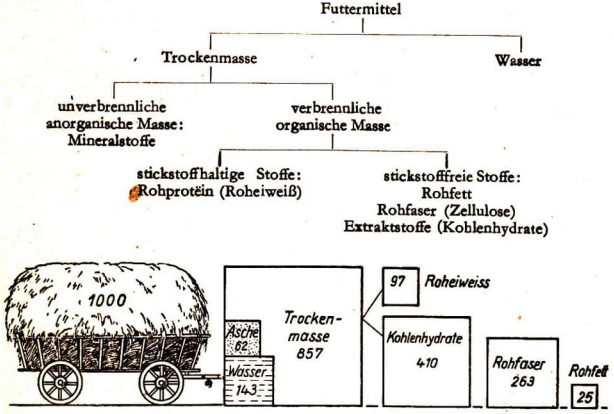


Abb. 27. Zusammensetzung und Gehalt von mittelgutem Wiesenheu. 38 g des Roheiweißes sind verdauliches Eiweiß. Der Stärkewert von 1 kg Heu ist 310 g, d. h. 1 kg Heu hat denselben Wert wie 310 g Stärke

Viele Versuche haben ergeben, daß für Rinder, Schafe, Pferde und Schweine als Erhaltungsfutter je Tag und 1000 kg Lebendgewicht nötig sind:

1,6 kg	verdauliches	Eiweiß
0,4 „	„	Fett
11 „	„	Kohlenhydrate

Diese Grundfuttermengen müssen nach Art und Größe der Leistung eine Steigerung erfahren. Es vermögen z. B. erwachsene Mastschweine bis 22 kg Kohlenhydrate je Tag und 1000 kg umzusetzen, hochwertige Milchkühe bis zu 2,4 kg Eiweiß.

Der Nährwert eines Futtermittels wird als Stärkewert angegeben. Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate werden auf den Nährwert reiner Stärke umgerechnet, die Summe als Stärkewert des Futtermittels bezeichnet. Das Eiweiß des Futters muß noch besonders

beachtet werden, da es für den Baustoffwechsel unentbehrlich ist. Das Eiweiß-Stärke-Verhältnis ist für die Leistung des Viehes enger (1:5), für die bloße Erhaltung weiter (1:10).

Aus der Vielfalt solcher Berechnungen und Überlegungen für seinen Hof die Tagesfuttermenge je nach den zur Verfügung stehenden Futtermitteln zusammenzustellen, ist die nicht leichte Aufgabe des einzelnen Landwirtes.

3. Futtervorratswirtschaft

Die Futtervorratswirtschaft ist für den vegetationslosen Winter nötig, wenn der Landwirt seinen Viehbestand bis zum Anschluß an die nächste Wachstumsperiode erhalten will. Sie ist nicht zu allen Zeiten Gemeingut des Bauern gewesen. Früher mußte er vor Eintritt des Winters einen Teil seines Viehes abschlachten, um wenigstens ein paar Tiere durchzubringen. Mit dem Übergang zur Futtervorratswirtschaft ging die Stallfütterung Hand in Hand und wurde erst im 19. Jahrhundert planmäßig vorgetrieben. Vorbedingung war die im 18. Jahrhundert erfolgte Wiedereinführung von Raps und Rübsen, bzw. die Einführung neuer Futterpflanzen (Mais, Kartoffeln, Luzerne, Rotklee, Esparsette). Um den Anbau des Rotklees hat sich Joh. Chr. Schubart besondere Verdienste erworben. Der Leineweberssohn widmete sich der Landwirtschaft und kaufte das Rittergut Würschnitz bei Zeitz nur, um die Bauern aus Jammer und Elend zu reißen und ihnen eine rationelle Landwirtschaft vorzuführen. Seine Schrift über den Futterbau wurde von der Berliner Akademie der Wissenschaften preisgekrönt. Kennzeichnend für sein Wollen und Wirken ist der Titel seines 1783 erschienenen Hauptwerkes: „Hut, Trift und Brache, die größten Gebrechen und die Pest der Landwirtschaft."

Die alle Hände benötigende Zeit der Heuernte liefert im **Heu** das wichtigste Vorratsfutter.

Seine Ernte geht nicht ohne Verlust ab:

1. durch Atmung der grünen Pflanze noch nach dem Schnitt,
2. durch Abbrechen zarter, nährstoffreicher Blättchen und Spitzen beim Arbeiten (besonders bei Klee, Luzerne),
3. durch Auswaschen der Nährstoffe bei Niederschlägen während der Ernte,
4. durch Gärung im Heu beim Lagern in der Scheune.

Die Verluste machen normalerweise 20–30%, bei Schlechtwetter 40–50% und mehr des Stärkewertes aus. Rasches Arbeiten, Aufpacken auf Trockengerüste halten sie niedrig.

Das **Gärfutter** steht dem Landwirt aus eigener Wirtschaft zur Verfügung, seit sich die Einsäuerung von Grünfutter mehr und mehr eingebürgert hat. Das Dämpfen von Kartoffeln wirkt ähnlich konservierend und ist vorteilhaft. In Gruben oder Türmen (Silos) unterliegen die fest eingestampften Pflanzen einer biologischen, konservierenden Milchsäuregärung (s. S. 12). Der Vorgang, daß saftige grüne Pflanzen eingelagert werden, ist uns durch die Sauerkrautbereitung bekannt. Die Milchsäure verhindert das Gedeihen von Fäulnisbakterien und konserviert das Futter.

Die Vorteile des Gärfutters sind:

1. Es bewahrt die guten Eigenschaften des Grünfutters.
2. Die Verluste an Nährstoffen durch die Gärung sind viel geringer als die bei der Heubereitung.
3. In niederschlagsreichen Jahren und Jahreszeiten ist die Einsäuerung das einzige Mittel, Grünfutter haltbar zu machen.
4. Grünfutter, das sich schlecht oder nicht zur Heubereitung eignet (Mais, Rüben), kann durch Einsäuerung als Winterfutter aufbewahrt werden.

4. Viehhaltung

Die Viehhaltung hat sich in den letzten zwei Jahrhunderten stark gewandelt. Während Pferde von jeher in großer Zahl zu Frachtzwecken und als landwirtschaftliche Arbeitstiere verwendet wurden, war die Rindviehhaltung noch gering. Die Tiere wurden im Sommer gehütet, und eine für die Winterfütterung nötige Wiesenwirtschaft war noch unbekannt. Nur die fetten Marsch- und die süddeutschen Mittelgebirgs- und Alpengebiete mit ihrem Futterreichtum machten eine Ausnahme. Von dort ging auch die Bereitung des als Fastenspeise hochgeschätzten Käses aus.

Gut entwickelt war die Schafzucht, sowohl um des Woll- als auch um des Milchgewinnes willen. Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts wurden die Schafe allgemein gemolken. Als man bei der großen Nachfrage nach Wolle mit dem Melken der Schafe aufhörte, stieg der Wollertrag um 37–40%. Die Einfuhr feiner, billiger Wolle aus Übersee bewirkte, daß die Schafzucht von ihrem Höhepunkt um die Mitte des vorigen Jahrhunderts rasch absank und fast bedeutungslos wurde.

Ziegen hielt man in den früheren Jahrhunderten in stärkerem Ausmaß nur in den Alpen.

Die Schweinezucht ist sich durch alle Zeiten gleich geblieben. In Gegenden mit ausgedehnten Laubwäldern ermöglichte die Hut eine billige Mast mit Bucheckern und Eicheln, und für den Winter boten die Abfälle aus Küche und Hof ein bequemes Futter.

Rindviehhaltung. Die überragende Stellung der Rindviehhaltung im Bauernhof erklärt sich daraus, daß die Seite 28 genannten Gesichtspunkte für die Rinder in erster Linie zutreffen. Das Rind ist an alle Futtermittel anpassungsfähig, alle werden willig gefressen und umgesetzt. Der Futterbedarf eines Rindes ist beachtlich: bei Winterstallfütterung täglich etwa $7\frac{1}{2}$ kg Heu, 4 kg Stroh, 30 kg Rüben oder 20 kg Gärfutter, 2 kg Kraftfutter. – Schon seit etwa acht Jahrtausenden ist das Rind Haustier des Menschen. Sicher ist seine Abstammung vom Auerochsen, ungeklärt, ob noch andere Wildrinder als Stammformen in Betracht kommen. Heute unterscheiden wir in Deutschland nach Körperbau und nach Milcherzeugung, Mastfähigkeit und Arbeitsleistung zwei Hauptschläge: die Niederungs- oder Tieflandrasse (55%) mit hoher Milchleistung und Mästbarkeit, groß, schwer, und die Höhenrasse (45%) mit weniger, doch fettreicher Milch, ausreichender Mästbarkeit und großer Arbeitstüchtigkeit, mittelgroß, beweglich, anspruchslos.

Schweinehaltung. Das Schwein wird nur gefüttert, um Produkte des Ackerbaues auf schnellstem Wege in Fleisch und Fett umzuwandeln. Bei Schnell-

Abb. 28. Das Hausschwein im Mittelalter (Dürer)

mast braucht das Schwein rund 200 Tage, um vom Ferkel über Läufer und Mastschwein ein Schlachtgewicht von 100 bis 200 kg zu erreichen. Da es außerdem Allesfresser ist, erfreut es sich der großen Beliebtheit des Landwirts.

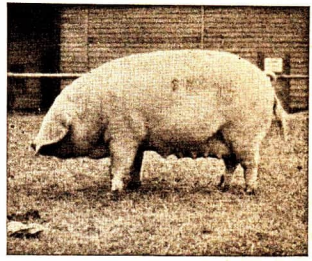


Abb. 29. Westfälisches Landschwein

Das Hausschwein entstammt europäischen und asiatischen Wildschweinen und hat seine Form stark verändert. Es ist das jüngste der Haustiere (Abb. 28 u. 29).

Pferdehaltung. Das Pferd ist als Zugtier der treueste Arbeitskamerad des Bauern.

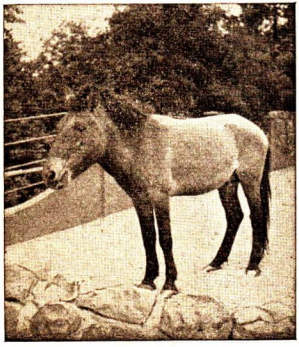


Abb. 30. Wildpferd

Es verwandelt das Futter in erster Linie in nutzbare Arbeitsenergie. Der Futterbedarf je Tag ist etwa 9–15 kg.

Unser Pferd leitet sich vom noch heute lebenden mongolischen Wildpferd (Abb. 30) und vom Targan ab, der in der südrussischen Steppe noch vor einem Jahrhundert lebte. Ein Nachkomme des Targantypes ist der durch Schönheit und Adel ausgezeichnete Araber, von dem sich das englische Vollblut herleitet, das im 17. Jahrhundert entstand, heute in allen Erdteilen gezüchtet wird und in unsere deutschen Warmblutpferde eingekreuzt ist. Dies ist die eine heutige Rassengruppe: leicht, schnell, schlank, von gut ausgeprägter „edler" Form, mit lebhaftem, flüchtigem Temperament. Die an-

dere Rassengruppe ist das Kaltblutpferd: schwer, muskelstark, massig, von weniger ausgeprägter Form, mit ruhigem, zuverlässigem Temperament, arbeitswillig (Abb. 31).

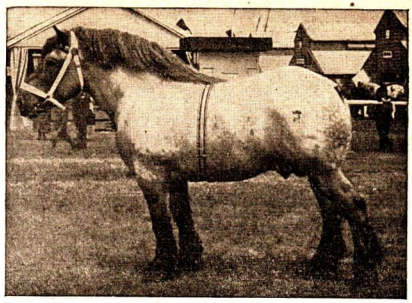


Abb. 31. Rheinisch-deutscher Kaltbluthengst (Schwanzhaare geflochten)

Haltung der übrigen Haustiere. Schaf, Ziege, Geflügel, Kleintiere machen einen Teil des allgemeinen Viehbestandes aus. In der Verwertung pflanzlicher Futtermittel zu tierischen Stoffen trägt jedes Tier durch Sonderleistungen bei, das Schaf durch die Wolle, die Ziege durch ausgezeichnete Milch und wertvolle Felle, Geflügel durch Eier und Federn, Kaninchen durch Felle und evtl. Wolle (Angorakaninchen).

V. Schädlinge und Schädlingsbekämpfung

Greifen Lebewesen störend, hindernd oder bedrohend in Bereiche des Menschen ein, so werden sie für ihn zu „Schädlingen", und er nimmt gegen sie Stellung. Niemand spürt die Tätigkeit der Schädlinge so unmittelbar wie der Landwirt. Sein Kampf gegen sie ist Kampf ums tägliche Brot und geht uns alle an.

Es handelt sich in der Hauptsache um folgende Schädlinge:

1. Fadenwürmer, Älchen, meist mikroskopisch klein, die vom Erdboden aus die lebende Pflanze befallen (Wurmfäule der Kartoffel, Radekrankheit des Weizens).

2. Schnecken, die unsre Kulturpflanzen benagen, befressen.

3. Mäuse, Ratten, vor denen unsere Vorräte nirgends sicher sind.

4. Schmarotzende Bakterien und Pilze, die gefährliche Krankheiten und Seuchen bei Pflanze und Tier erzeugen.

5. Ein Heer von Insekten, von denen ein Entomologe sagte, daß wir nicht ernten, was wir gesät haben, sondern was die Insekten uns übrig lassen.

Rund $^1/_4$ der möglichen landwirtschaftlichen Erzeugung wird in Deutschland Jahr um Jahr vernichtet, der Schaden geht in die Milliarden Mark.

Die Zahl der Schädlinge zu nennen ist schwer. 1932 wurden allein 63 verschiedene Pilze und durch sie verursachte Krankheiten und über 100 tierische Schädlinge genannt. Demgegenüber ist der Einzelne machtlos. Der Kampf muß organisiert werden. Zahlreiche Forschungsstellen und Organisationen beschäftigen sich mit dem Pflan-

zenschutz, an erster Stelle die Biologische Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft (sie liefert Merk- und Flugblätter über Pflanzenkrankheiten und ihre Bekämpfung) und der deutsche Pflanzenschutzdienst.

A. Aufgaben des Pflanzenschutzes

1. Vorbeugende Maßnahmen gegen Pflanzenkrankheiten und Schädlinge

Wie beim Menschen eine gesunde Konstitution die beste Gewähr gegen Erkrankung ist, so auch bei der Pflanze: sie gesund erhalten, heißt Krankheit vermeiden. Hierzu kann der Bauer entscheidend dadurch beitragen, daß er seine Kulturmaßnahmen darauf einstellt, für seine Pflanzen die günstigsten Entwicklungsbedingungen zu schaffen. Er wird sein Augenmerk auf seine Zöglinge selbst richten, indem er 1. eine möglichst schädlingswiderstandsfähige (resistente) Sorte anbaut, 2. das Saatgut ausliest, damit nicht Unkrautsamen und kranke und zu kleine Samen ausgesät werden, 3. die günstigste Saatzeit wählt, damit die Pflanze sich kräftig entwickelt und rasch die gefährliche Jugendzeit überwindet, 4. die rechte Saattiefe beachtet (größere Samenkörner werden tiefer gelegt, da sie mehr Kraft haben, eine dickere Bodenschicht zu durchbrechen), ebenso die rechte Saatweite, da die späteren Raumansprüche von Blatt- und Wurzelwerk verschieden sind.

Weiterhin wird er dem Boden seine Aufmerksamkeit zuwenden und alles tun, was wir im Abschnitt Pflege des Bodens (s. S. 21) im einzelnen angegeben haben.

2. Physikalische und chemische Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen

Mit dem Anbau seiner Kulturpflanzen greift der Mensch in das natürliche Gleichgewicht der Lebensgemeinschaft ein, die er zunächst vorfindet. Was ihm in der neuen, von ihm gewollten künstlichen Lebensgemeinschaft nicht paßt, ist „Unkraut" und „Schädling". Das Gleichgewicht in der neuen Lebensgemeinschaft so zu gestalten, wie es ihn zweckdienlich dünkt, ist in seine Hand gegeben. Er erhält es bzw. stellt es mit physikalischen und chemischen Zwangsmaßnahmen wieder her.

Tritt trotzdem ein Schädling in Erscheinung und zeigen die Pflanzen Merkmale der Erkrankung (Welkwerden, Verfärbung, Absterben, Mißbildungen, Verwundungen), so muß die Bekämpfung einsetzen. Dieser Kampf durchzieht die ganze Vegetationsperiode. Große Hilfe leisten dabei die chemischen Pflanzenschutzmittel.

Beizen des Saatgutes. Gefährliche Getreidekrankheiten wie Weizensteinbrand, Haferflugbrand, Schneeschimmel, Streifenkrankheit der Gerste, die noch vor knapp einer Generation verheerend auftraten, sind heute nur selten zu sehen. Das ist der Beizung zu verdanken, einer nassen oder trockenen Vorbehandlung des Saatgutes mit chemischen Handelspräparaten. Anhaftende Sporen der Schmarotzerpilze werden

abgetötet, in anderen Fällen das Saatgut vor Tierfraß geschützt. Sitzen die Sporen wie beim Flugbrand des Weizens und der Gerste im Innern des Saatkorns, so verwendet man die Heißwasserbeize (10 Minuten Erhitzen auf genau 51°).

Unkrautbekämpfung. Der Kampf gegen das Unkraut kostet dem Landwirt viel Zeit und Mühe. In dem Daseinskampf zwischen Kulturpflanze und Unkraut ist das letztere unbedingt überlegen. Unkraut ist schnellwüchsig, den Bodenverhältnissen bestens angepaßt und bildet eine große Zahl sehr widerstandsfähiger Samen; es ist bodenständig, „zu Hause". Die „Kultur"pflanze ist meist als „Fremdling" angebaut, und griffe der Mensch nicht ein, würde sie rasch vom „Unkraut" verdrängt und erdrückt werden.

Das Unkraut hindert die Kulturpflanze nicht nur in ihrer Entwicklung, indem es ihr Nährstoffe und Wasser, Licht und Luft wegnimmt, sondern bildet auch Brutstätten für Schädlinge. Die Wolfsmilch beherbergt den Erbsenrost, die Quecke den Schwarzrost, die Melde tierische Schädlinge. Der Kampf gegen das Unkraut ist also auch Kampf gegen Schädlinge.

Die Maßnahmen der Bodenpflege dienen auch der Bekämpfung des Unkrautes und sind oft der beste und billigste Schutz. Hacken und Jäten sind um so mühevoller, je mehr die vorangegangene Arbeit darin versäumte. Schwer zu beseitigendes Unkraut wird mit chemischen Mitteln, Kalkstickstoff, Kainit, Hederichpulver u. a. bekämpft.

Der **Obstbau** hat mit vielerlei Schädlingen zu rechnen. Der Mensch geht gegen Pilze und Insekten mit physikalischen und chemischen Mitteln vor: durch Säuberung der Rinde, Absammeln, Anlegen von Leimringen, Spritzen mit Berührungsgiften und mit Fraßgiften.

Der **Weinbau** führt einen unentwegten Kampf um seine Existenz. Wohl $^1/_3$ seiner gesamten Arbeit muß der Winzer für die Schädlingsbekämpfung einsetzen: Spritzen mit Kupferkalkbrühe gegen den Algenpilz Peronospora, mit Schwefel gegen den Mehltau, mit Arsenmitteln gegen fressende Insekten. Dazu kommt noch der Kampf gegen die Reblaus.

Vorratsschädlinge. Ist die Ernte eingebracht, treten neue Schädlinge auf den Plan. Kein Erntevorrat, wo er auch lagert, ist vor Schädlingen sicher. Im Keller, in den Mieten, auf dem Kornboden, im Getreidespeicher treiben Ratten und Mäuse ihr Unwesen, gegen die Fallen und chemische Gifte angewendet werden. Mehlmotte, Kornkäfer, weißer Kornwurm befallen die Getreidekörner. In großen Speichern hilft oft nur ein Vergasen.

3. Biologische Schädlingsbekämpfung

Einen neuen Weg geht die biologische Schädlingsbekämpfung, indem sie ein durch den Schädling gestörtes Gleichgewicht damit wiederherzustellen versucht, daß sie natürliche Feinde des Schädlings gegen ihn ansetzt. Im Grunde geschieht das schon, wenn wir uns Katzen gegen die Mäuse halten oder ein paar Kröten in unseren Garten setzen, damit sie die Schnecken fressen. Der Schutz aller Tiere, die den Schädlingen nachstellen und sich dabei als Nützlinge in unseren Dienst stellen,

wirkt sich in diesem Sinne aus. Fledermäuse und Insektenfresser, Frösche und Kröten, Wiesel und Iltis sowie alle Singvögel verdienen ihn in erster Linie.

Bei der engen Verflechtung der Beziehungen der Lebewesen will unendlich viel beobachtet und bedacht sein, damit sich nicht gegebenenfalls der vermeintliche Nützling zu einem Schädling entwickelt.

Mancher Versuch der biologischen Bekämpfung blieb bisher ohne Erfolg, der etwa, schädliche Insekten und Wirbeltiere durch Verwendung von Mikroorganismen (Pilzen, Bakterien, Viren) zu bekämpfen. Um so größer sind die glänzenden Erfolge auf dem eigentlichen Felde der bisherigen biologischen Schädlingsbekämpfung, nützliche Insekten gegen eingeschleppte Schadinsekten ins Feld zu führen.

1. In Kalifornien drohte eine 1869 aus Australien eingeschleppte Schildlaus die riesigen Kulturen von Orangen und Zitronen zu vernichten. 1889 führte man ebenfalls aus Australien als natürlichen Feind einen Verwandten unseres Marienkäfers ein, mit vollem Erfolg. Die Käfer können sich in dem gegebenen Klima auf die Dauer nicht halten, werden darum zu Millionen gezüchtet und alljährlich neu ausgesetzt. 2. In Massachusetts verursachten zwei bei uns heimische Schmetterlinge, der Goldafter und der Schwammspinner, gewaltige Schäden in den Obstkulturen, deren man erst Herr wurde, als man ihre natürlichen Feinde, vor allem Schlupfwespen, aus Europa nach drüben brachte und damit das Gleichgewicht wiederherstellte. 3. Das Paradebeispiel der biologischen Schädlingsbekämpfung – diesmal eines Unkrautes durch ein Insekt – liefert Australien. Dort hatte sich der Feigenkaktus Opuntia, ein Eindringling aus Amerika, ungeheuer vermehrt und Millionen Hektar Weideland in ein unbrauchbares Dickicht verwandelt. Nach vielen Versuchen erwies sich unerwartet ein Kleinschmetterling außerordentlich und schnell wirksam. Von 1925 an setzte man ihn zu Millionen aus. Die Larven bohren sich in den Kaktus ein, höhlen ihn aus und vernichten ihn so. 1930 waren nur noch 10% des früheren Opuntia-Gebietes übrig und Millionen Hektar für Viehzucht und Landwirtschaft zurückgewonnen. 4. Eine biologische Bekämpfungsmethode hat auch in Deutschland Eingang gefunden. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts war die Blutlaus als berüchtigter Obstbaumschädling aus Nordamerika nach Europa und schließlich in alle obstbautreibenden Gebiete der Erde eingeschleppt worden. Sie hat in ihrer ursprünglichen Heimat einen Parasiten, eine Erzwespe. 1920 begann man in verschiedenen Ländern, diesen Blutlausparasiten einzubürgern. In Deutschland setzte man ihn seit 1924 wiederholt in den Provinzen Brandenburg und Sachsen aus, wo er sich selbständig vermehrte und als wertvoller Helfer im Kampfe gegen die Blutlaus erwies.

B. Aufgaben des Tierschutzes

Wie unsere Kulturpflanzen sind auch unsere Haustiere genugsam von Schädlingen geplagt. Bakterien, Viren und Insekten sind die Hauptfeinde. Im Vergleich zu den Aufgaben des Pflanzenschutzes ist eine Tatsache jedoch grundlegend anders. Beim Tier können wir heilen. Es gibt keinen Pflanzenarzt, aber es gibt den Tierarzt.

Die Gesundheit jedes einzelnen Tieres ist uns kostbar. Die Aufgaben des Tierschutzes verteilen sich demnach auf Vorbeugen, Bekämpfen und Heilen.

Abb. 32. Rinderbremse Weibchen (nat. Größe)

Groß ist die Zahl der ansteckenden Krankheiten unserer Haustiere, die sich zu Seuchen ausweiten können. Vorbeugen ist auch hier der beste Schutz. Die Maßnahmen, das Vieh gesund zu erhalten, müssen schon bei der Auslese zur Zucht beginnen: nur kräftigste Tiere dürfen Nachkommen erzeugen. Saubere Ställe, sorgfältige Pflege, gewissenhafte Fütterung und – wo es angeht – Luft und Sonne erhalten das Vieh gesund.

Die Bekämpfung von Seuchen ist durch ein besonderes Viehseuchengesetz staatlich geregelt. Eisenbahnwagen, in denen Vieh transportiert wurde, werden desinfiziert, Sperrgebiete als schützende Gürtel um Seuchenherde gelegt. Anzeigepflicht bei bestimmten Erkrankungen soll ihre Ausbreitung und Verschleppung verhindern. Gegen einige ansteckende Krankheiten stellt die Industrie serumtherapeutische und chemotherapeutische Impfstoffe als Bekämpfungsmittel her.

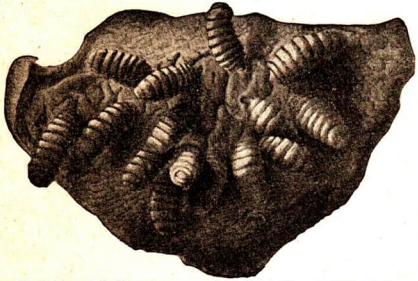


Abb. 33. Larven der Magenbremse an einem Stück Magenwand des Pferdes (nat. Größe)

Schädliche Insekten, die unser Vieh heimsuchen, sind vor allem Bremsen und Biesfliegen. Die 2 cm große Rinderbremse (Abb. 32) und die kleinere Blindbremse sind durch ihre Stiche mehr lästig und peinigend als gefährlich, die Biesfliegen dagegen bösartig. Ihre Larven sind Schmarotzer, die sich in der Nasenschleimhaut des Schafes (Nasenbremse) oder im Magen des Pferdes (Magenbremse) entwickeln (Abb. 33).

Millionenschäden verursacht jährlich in Deutschland die Dasselfliege (Abb. 34). Ihre Larve frißt sich im Laufe von 6–7 Monaten vom Darm quer durch den Körper bis unter die Rückenhaut und bildet dort walnußgroße eitrige Beulen. Das befallene Tier bleibt an Gewicht zurück, seine Milchleistung läßt nach und die Haut ist entwertet. Der Plage wird durch Abdasseln entgegengetreten. Der Landwirt soll vor dem Austrieb auf die Weide die Eiterbeulen ausdrücken und die Larven vernichten. Die reifen Larven kriechen aus der Beule aus, um sich im Boden zu verpuppen. Im Stall gehen sie zugrunde, während sie in den Weideboden eindringen können und erhalten bleiben.

Abb. 34. Die Dasselfliege und ihre Larve

Merkliche Schäden vermag bei Massenauftreten der Wadenstecher hervorzurufen. Diese Stechfliege beeinträchtigt das Vieh so, daß es abmagert und die Milcherzeugung nachläßt. Der Wadenstecher ist außerdem gefährlich als Krankheitsüberträger (Milzbrand).

In einem Stall mit 50 Rindern leben normalerweise 10 000 Stechfliegen. Jede entzieht alle 2 Tage den Rindern 15 mg Blut. Demnach muß jedes Rind täglich 100 Blutmahlzeiten von insgesamt 1500 mg liefern. Bei einem Massenauftreten im Jahre 1912 ging dadurch der Milchertrag um 40–60% zurück.

VI. Die moderne Züchtungsforschung

Die Züchtung versucht seit je, die Entwicklung unserer Kulturpflanzen und Haustiere in eine ganz bestimmte Richtung zu lenken. Die moderne Züchtungsforschung fußt auf der Veränderlichkeit (Variabilität) der Lebewesen und den Gesetzen der Vererbung. In allen Staaten der Welt arbeiten wissenschaftliche Institute und Forschungsstätten an der Züchtung neuer, die Landwirtschaft und damit die Volkswirtschaft fördernder Rassen von Pflanzen und Tieren. In Deutschland sind es das Institut für Züchtungsforschung in Müncheberg in der Mark, die Biologische Zentralanstalt und die Landwirtschaftliche Hochschule in Halle neben vielen anderen Stätten.

A. Zuchtziele

Vorbedingung der Züchtung ist, daß der Züchter ein klares Zuchtziel vor Augen hat. Im Getreidebau schweben ihm Rassen vor mit hohem Körnerertrag, schneller Reife zur Verkürzung der Vegetationsperiode, Widerstandsfähigkeit (Resistenz) gegen Frost, Standfestigkeit und vor allem Resistenz gegen Schädlinge aller Art, d. h. Züchtung immuner Rassen. Ähnliches gilt für andere Kulturpflanzen: Krebsfestigkeit der Kartoffel, Nikotinarmut des Tabaks, Reblausfestigkeit unserer Weinrebe, um nur ein paar Beispiele aus der großen Mannigfaltigkeit der Forschungstätigkeit zu nennen. In der Haustierhaltung zielen die Absichten der Züchtung in erster Linie auf Leistung, beim Rind auf gute Futterverwertung und Mästbarkeit, hohen Milchertrag nach Literzahl und Fettgehalt und beste Arbeitsleistung.

B. Der Weg der Züchtung

1. Die Auslese

Die Veränderlichkeit der Lebewesen benutzt der Züchter dazu, aus seinen Beständen die seinem Zuchtziel entsprechenden Pflanzen und Tiere auszulesen und zur Fortpflanzung zu bringen. Solche Auslese mag unbewußt schon seit ältesten Zeiten geschehen sein, und wir wissen, daß es bei den Römern schon bewußte Versuche gab, große Ähren und schwere Samen zu züchten. Auch in der Haustierhaltung gehen die

Anfänge unbewußter und bewußter Züchtung weit zurück. Solange aber die biologischen Grundlagen fehlten und der Mensch sich nur auf die Auslese dessen beschränkte, was die Natur zufällig an Neuem bot, waren die Erfolge nur gering.

Die Auslese kann nichts Neues schaffen. Sie hat zur Voraussetzung, daß neue erbliche Eigenschaften durch Veränderung der Erbmasse entstanden sind. Erbliche neue Formen können auftreten durch:

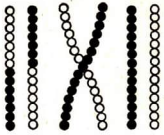


Abb. 35
Vereinfachte Darstellung des Austausches von Kernschleifenstücken

1. **Erbsprünge (Mutationen),** die der ausschlaggebende Faktor in der Entstehung neuer Rasseneigenschaften sind,

2. **Genaustausch,** der dadurch zu neuen Rassen führt, daß die in einem Chromosom gekoppelten Gene durch Austausch neue Zusammenstellungen bilden (Abb. 35, Kombinationskreuzung).

3. **Verdoppelung und Vervielfachung ganzer Chromosomensätze (Polyploidie).** Diese Erscheinung tritt vor allem bei Pflanzen auf. Bei der Zellteilung unterbleibt die Bildung der Zellwand und die geteilten, diploiden Chromosomensätze vereinigen sich zu einem mit nunmehr vier Sätzen. Der Kern ist tetraploid. Polyploidie läßt sich auch künstlich durch Anwendung von Colchicin, des Giftes der Herbstzeitlose, hervorrufen, das die Reduktionsteilung unterdrückt und zu Geschlechtszellen mit dem vollen, diploiden Bestand an Chromosomen führt. Die Befruchtung zweier solcher Keimzellen wird ein neues tetraploides, die einer diploiden durch eine haploide Keimzelle ein triploides Lebewesen zeitigen. Triploide Pflanzen lassen sich meist nur ungeschlechtlich vermehren, denn bei der Reifeteilung der Geschlechtszellen kommt es zu Störungen, da dem dritten Chromosomensatz der Partner fehlt. Das ist der Grund, warum manche Apfelsorten (Gravensteiner, Schöne von Boskop) so schlechte Pollenspender sind (s. S. 27).

Polyploide Pflanzen sind oft größer, kräftiger, lebensfähiger als ihre diploiden Ausgangsformen. Kein Wunder, daß der Mensch diese günstigen Pflanzen zur Weiterzucht ausgelesen hat und wir unter unseren Kulturpflanzen heute so viel polyploide finden (Abb. 36).

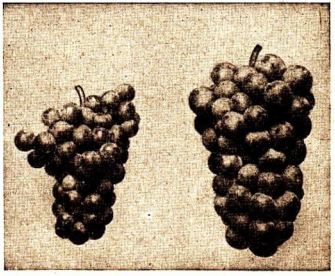


Abb. 36. Trauben eines Rebstockes mit normaler (links) und eines gleichartigen mit doppelter Kernschleifenzahl (rechts) bei gleicher Verkleinerung

Weizen: Einkorn 14, Emmer 28, heutige Sorte 42 Chromosomen (Abb. 37).

Hafer: 24, 28, 42.

Kartoffel: 24, 36, 48.

Apfel: 34, 51, 68.

Kirsche: Süßkirsche 16, Sauerkirsche 32.

Abb. 37. Arten des Weizens (Triticum) und ihre Kernschleifenzahlen. *a* Einkorn (Tr. monococcum), *b* Emmer (Tr. dicoccum), *c* Hartweizen (Tr. durum), *d* Spelz oder Dinkel (Tr. Spelta), *e* lockerähriger Saatweizen (Tr. vulgare), *f* dichtähriger Weizen (Tr. capitatum), Hochzuchtform

4. Kombination. Kreuzung verschiedener Stammformen vermehrt die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung der Erbanlagen. Die Kreuzungszüchtung spielt für die Umgestaltung der Haustiere und Kulturpflanzen eine große Rolle.

Die Kombinationszüchtung vereinigt nützliche Eigenschaften auf verschiedenen Rassen in **eine** erbbeständige neue Rasse.

Nach den Vererbungsgesetzen bringt eine zweimerkmalige, dihybride Kreuzung in F_2 vier reine Rassen hervor, von denen zwei neue Rassen sind, eine dreimerkmalige, trihybride Kreuzung 8 reine Rassen mit 6 neuen. Der Züchter hat also die Möglichkeit, durch Kreuzung Merkmale zu verknüpfen, die bisher verschiedenen Rassen eigen waren, und aus der großen Zahl der Kombinationen die vorteilhaften zu reinen Rassen herauszuzüchten (Abb. 38). Dieses Verfahren der Kombinationszüchtung gab der Landwirtschaft und Tierzucht einen großen Aufschwung, und mancher bisherige Wunschtraum der Landwirtschaft rückt in den Bereich dessen, was verwirklicht werden kann.

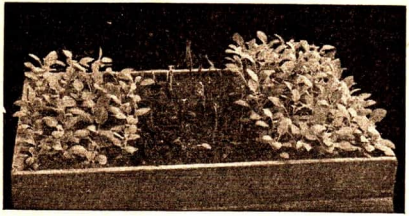
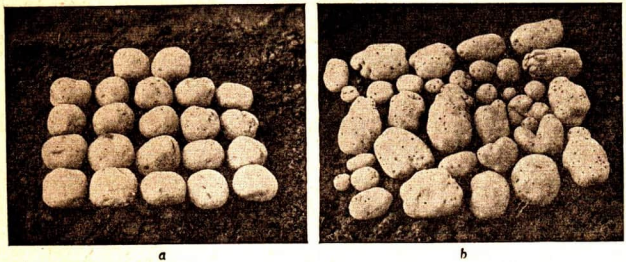


Abb. 38. Züchtungserfolg mit einer Kreuzung von Wildkartoffeln und Kultursorten. In der Mitte eine Kultursorte, deren Sämlinge der Infektion mit dem Erreger der Kartoffelfäule erlegen sind. Rechts und links davon die widerstandsfähige neue Sorte

2. Die Bedeutung der Züchtungsforschung

Die Bedeutung der modernen Züchtungsforschung liegt darin, daß planmäßig an der Ertragssteigerung unserer Kulturpflanzen und unserer Haustiere gearbeitet wird. Nirgends sind die Versuche abgeschlossen. Sie erfordern eine lange Zeit voll mühsamer, kostspieliger, rückschlagreicher Forschungsarbeit. Was bis jetzt erreicht ist,

ermutigt zu weiterem Forschen. Die vier Getreidearten sind mit Erfolg verbessert worden. Die Kartoffelzüchtung bescherte dem Bauer krebsfeste Rassen, die heute überall angebaut werden. Dichtere Lagerung und gleichmäßigere Größe der Knollen sind erreicht (Abb. 39). Noch ungelöst ist das Problem, den gefürchteten



a *b*

Abb. 39. Züchtung einer Kartoffelsorte auf gleichmäßige Form und Größe der Knollen. *a* Knollen einer solchen Sorte, *b* Knollen einer nicht „verbesserten" Sorte

Kartoffelkäfer zu bekämpfen (Abb. 40). Es wird daran gearbeitet, eine resistente Kartoffelsorte zu züchten und nach Methoden der Bekämpfung dieses unheimlichen Eindringlings zu suchen. Beinahe jede Kulturpflanze und jedes Haustier ist in den Arbeitsbereich der Züchtungsforschung gerückt. Ein großer Erfolg war beschieden, als es gelang, aus Millionen Lupinenpflanzen fünf bitterstofffreie herauszufinden, die die Stammpflanzen der heutigen Süßlupine wurden. Damit wurden die eiweißreichen Samen der Verfütterung zugänglich gemacht. Da die Hülsenfrucht dank der Symbiose mit Knöllchenbakterien den Stickstoff der Luft verarbeitet (s. S. 19), entstand ein billiges Stickstoffutter.

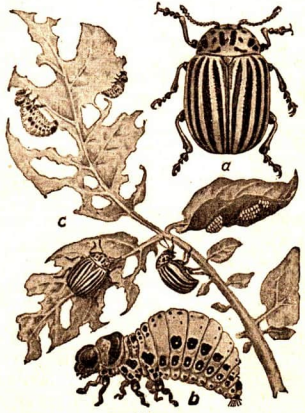


Abb. 40
Kartoffelkäfer. *a* Käfer, *b* Larve, *c* in natürlicher Größe: Eier, Larven und Käfer am zerfressenen Kartoffelblatt

Eine erstaunliche Leistung ist dem Amerikaner Burbank gelungen, indem er eine kernlose Pflaume züchtete.

Zu weitgehenden Hoffnungen berechtigt das Verfahren der Keimstimmung. Klebs hatte 1903 die Möglichkeit beschrieben, durch „Willkürliche Entwicklungsänderung bei Pflanzen" Blütezeit und Vegetationsdauer zu beeinflussen. Der russische Forscher

Lyssenko hat dieses Verfahren in großartiger Weise ausgebaut. Die Jarovisation, wie die Keimstimmung in der Sowjetunion genannt wird, erzielt durch kurze Zeit andauernde Einwirkung extremer Temperaturen auf leicht gequollene Samen, daß die behandelten Pflanzen in ihrem Gefüge umgestimmt werden und neue Eigenschaften annehmen. Wintergetreide kann so zu Sommergetreide werden (daher Jarovisation vom russischen Wort für Sommergetreide). Später reifende Getreidesorten lassen sich dort anbauen, wo sie bisher nicht zur Reife kamen. In der Sowjetunion ist es mit der Jarovisation gelungen, die Kulturgrenze für Weizen, Zuckerrübe und Kartoffel weit nach Norden zu verschieben. Die Versuche sind noch in vollem Gange und gewinnen dadurch an Bedeutung, daß sie in Verbindung mit der Kombinationskreuzung weitere Perspektiven eröffnen. Das ist das Arbeitsgebiet des 1935 verstorbenen Pflanzenzüchters Mitschurin gewesen, des „Umgestalters der Natur", den die Sowjetunion damit geehrt hat, daß sie eine Stadt nach ihm Mitschurinsk benannte.

Die Riesengefilde der Sowjetunion mit ihren verschiedenartigsten Klimaten und Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanzen fordern geradezu zu verstärkter Forschung in dieser Richtung heraus. Große Erfolge hat Tsitsin in der Züchtung resistenter Kulturpflanzen erzielt.

Die Bedeutung der Züchtungsforschung für die Haustierzucht ist nicht geringer. Zwei Beispiele mögen sie erläutern. 1. Wildrinder geben im Jahre etwa 600 Liter Milch, soviel wie zur Aufzucht eines Kalbes gebraucht wird. Im letzten Jahrhundert gelang es, den Ertrag von 1100 Liter im Jahr auf heute 2200 Liter zu steigern. Einzelne Spitzenleistungen überschreiten 10 000 Liter. Die Möglichkeit, den durchschnittlichen Ertrag auf 3000 Liter zu erhöhen, ist durchaus gegeben, ebenso die Aussicht, den Fettgehalt von etwa 3% um 1% zu heben. 2. Die Stammform unseres Haushuhns, das Bankivahuhn, legt im Jahre 6–10 Eier. Der jetzige Durchschnitt ist 70–80 Eier. Die weißen Leghornhühner als Spitzenrasse legen 170–180 Eier. Das Ziel der Züchtung ist, die Eiererträge je Henne im Gesamtdurchschnitt auf 100 bis 130 zu heben.

Wir sehen, es gilt noch manche Aufgabe zu lösen. Wenn aber Landwirtschaft und Biologie aus dem Reichtum der Natur schöpfen und ihn forschend und bearbeitend nützen, so wird die Wissenschaft durch heute noch ungeahnte Erkenntnisse die Landwirtschaft immer neu befruchten und ihr eine gesteigerte Leistung ermöglichen.

Über den Rahmen der nützlichen Anwendungen hinaus wird aber die biologische Forschungsarbeit der Gelehrten aller Völker dahin führen, daß die Gesetzmäßigkeiten in der Natur immer klarer erkannt werden und das Leben richtig verstanden wird.

Namen- und Sachverzeichnis

Abdasseln 37
Abfälle aus Gewerbe 28. 29
Abtragende Früchte 25
Abwässerreinigung 20
Ackerkrume 15. 25. 26
Älchen 33
Alkoholische Gärung 12
Aminosäure 12
Ammoniumsalze 6. 12. 22
Anaerobier, fakultative 12
—, obligate 12
Anaerobiose 12
Araber 32
Aschenbestandteile 7. 29
Assimilation des Kohlenstoffs 8—11. 19. 20
Assumilationstemperatur 26
— des Stickstoffs 18—21
Atmung der Pflanze 11
—, intramolekulare 12
Auerochs 31
Auslese 38
Autotroph 5. 8. 12. 13. 19
Azidität 16
Azotobakter 19. 21

Bakterien 12. 14. 18. 24. 33. 36
Bacterium radicicola 19
Bankivahuhn 43
Baustoffwechsel 5. 30
Bearbeitung des Bodens 24
Beijerinck 21
Beizen des Saatgutes 34
Berührungsgifte 35
Bestandteil- des Bodens 14
Betriebsstoffwechsel 5
Bewässerung 27
Bienenzucht 27
Biesfliege 37
Blatt, Bau des 10
Blattfrüchte 25
Blindbremse 37
Blutlaus 36
Boden 14—27
Bodenarten 16. 27
-bakterien 18—21
-bearbeitung 24
-bestandteile 14
-fruchtbarkeit 14. 16. 24
-gare 15. 16. 24
-hohlräume 14. 16. 24
-luft 14. 17. 24. 26
-kolloide 14. 23
-müdigkeit 24
-organismen 16
-pflege 21—27. 34
-tiere 17
-wärme 15. 17. 24
Bodenwasser 14. 15. 24. 29
—, Säuregrad des Bodens 16
Boussingault 21
Burbank 42
Brache 25. 26
Buttersäuregärung 12

Chemosynthese 9. 19
Chlorophyll 9
Chromosomen 39
Clostridium 19
Colchicin 39

Dämpfen der Kartoffeln 30
Dasselfliege 37
Denitrifikation 19. 20
Dissimilation 11
Dörrfleckenkrankheit 6
Dränage 27
Dreifelderwirtschaft 25
—, verbesserte 25
Düngerstätte 21. 23
Düngung 21—24

Eier 28. 33. 43
Einsäuerung 30
Einzelauslese 39
Einzelstruktur des Bodens 15
Ektoparasiten 13
Engelmann, Bakterienmethode 8
Entoparasiten 13
Entwässerung 26
Erbsenrost 35
Ernährung der grünen Pflanze 5—11
Ernteerträge 22
Esparsette 30
Essigsäuregärung 12
Extraktstoffe 29

Fadenwürmer 33
Fäulnis 18
Fäulnisbewohner 13. 18
Feigenkaktus 36
Feinerde 14
Fischmehl 29
Fischzucht 27
Flachwurzler 25
Flechten 13
Fleischmehl 29
Flugbrand der Gerste 35
— des Hafers 34
— des Weizens 35
Forellenzucht 28
Fraßgifte 35
Fruchtfolge 24
Fruchtwechsel 24—26. 28
Fruchtwechselwirtschaft 25
Futterbedarf 29. 31. 32
Futtermittel 28
-analyse 29
Futtervorratswirtschaft 30

Gare 15. 16. 24
Gärfutter 29. 30. 31
Gärung 12
—, alkoholische 12
Geflügel 33. 43
Gerste, Streifenkrankheit 34
Gerstenflugbrand 35
Genaustausch 39
Gesetz vom Minimum 23
Getreide 6. 15. 21. 25. 29. 35. 41
Goldafter 36
Grundstoffe, zur Ernährung nötige 6
Gründüngung 20. 25. 26
Grundwasser 15. 27
Grünfutter 29

Hackfrucht 24
Hafer 25
—, Dörrfleckenkrankheit des 6
Haferflugbrand 34
Haftwasser, kapillares 15
Halmfrüchte 25
Handelsdünger 22
Harnstoff 19. 20. 23
-bakterien 19. 20
Häute 28. 37
Hederichpulver 35
Hefe 12
Heidemoorböden 6
Herzfäule der Zuckerrübe 6
Heterotroph 5. 12. 17
Heu 28. 29. 30. 31
Hochmoor 17
Höhenrasse 31
Hohlräume des Bodens, kapillare 14. 15. 24
Hopfenseide 13
Hülsenfrüchte 20. 21. 25. 29. 42
Humus 14. 21

Jarovisation 42
Jauche 21. 23

Ingenhauß 11
Insekten als Schädlinge 35—38
—, nützliche 27. 36
Ionen 6. 7. 16

Kainit 35
Kalidünger 23
Kalisalze 23
Kalkdünger 23
Kalkstickstoff 23. 35
Kaltblut 33
Kaninchen 33
Kapillare Hohlräume 14. 15. 24
Karpfenzucht 28
Kartoffel 21. 25. 29. 30. 40. 41
Kartoffelfäule 40
Kartoffelkäfer 41
Kartoffelkrebs 38. 41
Kartoffelzüchtung 41
Käse 31
Keimstimmung 42
Klebe 42
Klee 21. 25. 29. 30
Kleeseide 13
Kleie 28. 29
Knochenmehl 23
Knöllchenbakterien 19. 20
Knop, Nährlösung nach 5
Kohlenhydrate 29
Kohlendioxyd 8. 11. 15. 18
Kolloide des Bodens 14. 23
Kombinationszüchtung 40
Kompost 26
Kopfdünger 22
Kornkäfer 35
Kornwurm, weißer 35
Kraftfutter 29. 31
Kreislauf des Kohlenstoffs 10
— der Nährstoffe 23
— des Schwefels 20
— des Stickstoffs 18—21
Kreuzung 40
Krümelstruktur 14. 16. 23. 24

Leghornhuhn 43
Liebig 5. 21. 23
Luft als Nährstoffquelle 8
Lupine 26. 28. 41
Luzerne 15. 27. 29. 30
Lyssenko 42

Magenbremse 37
Magermilch 29
Mais 30. 31
Massenauslese 39
Mäuse als Schädlinge 33. 35
Mayer, Robert 11
Mehlmotte 35
Mehltau 35
Melasse 29

Melde 35
Melioration 26
Milchleistung 31. 38. 43
Milchsäuregärung 12. 30
Milzbrand 38
Mineralstoffe 29
Mischdünger 23
Mistel 13
Mitschurin 42
Molke 29
Mutation 39
Mykorrhiza 13. 17

Nährlösung nach Knop 5
Nährsalze 5—7. 14. 21
Nasenbremse 37
Niederungsrind 31
Niederungsmoor 17
Nitratbakterien 19. 20
Nitrifikation 18. 22
Nitritbakterien 19. 20
Nitrobakter 19
Nitrosomonas 19

Obstbau 27. 35
Ölkuchen 29
Opuntia 36
Osmose 7

Parasiten 13
Pasteur 19
Pepton 12
Peronospora 35
Pferdehaltung 32
Pflanzenkrankheiten 13. 34 bis 36
Pflanzenschutz 34
Pflanzenschutzmittel 34 bis 35
Pflege des Bodens 21—27. 34
Phosphordünger 23
Photosynthese 9
Pilze 12. 17. 33. 36
Pilzwurzel 13. 17
Pollenspender, gute, schlechte 27. 39
Polyploidie 39
Porenvolumen 24
Pufferung 16

Quecke 35

Radekrankheit des Weizens 33
Raps 15. 25. 27. 30
Ratten als Schädlinge 33. 35
Rauhfutter 29
Reblaus 35
Reine Linien 39
Resistenz 34. 41
Rhenaniaphosphat 23
Rinderbremse 37
Rindvieh, Schläge 31
Rindviehhaltung 31
Roggen 25. 26
Rohfaser 29
Rohfett 29
Rohprotein 29
Rotklee 25. 30
Rüben 15. 25. 29. 31
Rübsen 26. 27. 30

Saatgut, Beizen des 34
Saattiefe 34
Saatweite 34
Saatzeit 34
Sachs 11
Saftfutter 29
Salpeterfresser 19
Saprophyten 13. 17
Säuregrad des Bodens 16
Saussure 11
Schädlinge 33—38
Schädlingsbekämpfung 33 bis 37
—, biologisch 35
—, chemisch 34
—, physikalisch 34
Schafzucht 31
Schildlaus 36
Schläge des Rindes 31
Schlempe 28. 29
Schlupfwespe 36
Schmarotzer 13
Schnecken als Schädlinge 33
Schneeschimmel 34
Schnitzel 28. 29
Schubart 30
Schwammspinner 36
Schwarzbrache 26
Schwarzrost 35
Schwefel, Kreislauf des 20
Schwefelbakterien 20
Schweinezucht 31
Selbstreinigung der Gewässer 20
Selbstverträglichkeit 24
Senf, weißer 26
Seuchen der Tiere 37
Silo 30
Skelettteil des Bodens 14
Sommergetreide 21. 25. 42
Spaltöffnung 10
Speicherungsvermögen der Pflanze 7. 9
Spörgel 26
Sprengel 27
Spreu 29
Spurenelemente 6
Stallfütterung 30
Stallmist 19. 21. 23. 25
Stärke 10
Stärkewert 29. 30
Steinfliege 38
Steinbrand des Weizens 34
Stickstoff, Kreislauf des 18 bis 21
Stickstoffdünger 22
Stoppelrübe 26
Streifenkrankheit der Gerste 34
Stroh 28. 29. 31
Superphosphat 23
Süßlupine 41
Symbiose 13. 17. 19

Tarvan 32
Teichwirtschaft 27
Teilbrache 26
Teufelszwirn 13
Thaer 16. 26
Thomasmehl 23
Tiefwurzler 25
Tierschutz 36
Tomate 22. 25
Tonanteil des Bodens 14
Torfmull 26
Traubenzucker 9. 11. 12
Treber 29
Trockenfäule der Zuckerrübe 6
Trockenhefe 29
Trockenmasse 29
Tsitsin 42

Unkraut 26. 34
Unkrautbekämpfung 26. 35. 36
Urbarmachungskrankheit des Getreides 6

Vegetationsboden 14
Vegetationsdauer 24
Vergasen 35
Verrottung des Mistes 21
Verwesung 18
Viehhaltung 31—33
Viehseuchengesetz 37
Viehzucht 28—33
Virus 36
Vogelschutz 36
Vollblut 32
Volldünger 23
Vorratsschädlinge 35

Wadenstecher 38
Wahlvermögen der Wurzel 7
Warmblut 32
Wasserkultur 5. 6. 8
Wasserstoffionenkonzentration 16
Weinbau 35
Weißklee 27
Weizen, Flugbrand des 35
—, Radekrankheit des 33
—, Steinbrand des 34
Wellenlängen, wirksame 9
Wildpferd 32
Wildrind 31. 43
Wildschwein 32
Wintergetreide 21. 25. 42
Wirtschaftsdünger 21
Wolfsmilch 35
Wolle 28. 31. 33
Wurmfäule der Kartoffel 33
Wurzelhaare 6
Wurzelknöllchen 13. 20

Ziegenhaltung 31. 33
Züchtungsforschung 38 bis 42
Zuchtziel 38
Zuckerrübe, Trockenfäule 6
Zwischenfrucht 25. 26