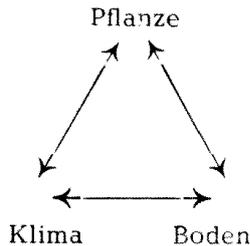


Das Problem der Fruchtfolge im Ackerbau.

Von E. v. Boguslawski.

1. Das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren und Fruchtfolge.

Alle Problemstellungen und Arbeiten des Pflanzenbaues gipfeln in der Erzeugung von hohen und sicheren Erträgen der Kulturpflanzen, welche im weitesten Sinne des Wortes zur Ernährung dienen. Das Zustandekommen der Erträge können wir wissenschaftlich auf eine einfache Formel bringen, indem wir dieselben als Funktion oder Resultante des Zusammenwirkens aller Wachstumsfaktoren betrachten, welche im Klima, im Boden und in der Pflanze wirken $E = F$ (Klima \times Boden \times Pflanze). Anschaulich können wir uns dieses Zusammenwirken in dem von mir sogenannten „Wirkungsdreieck“ darstellen.



Das Wesen des Zusammenwirkens dieser drei Größen wird dabei erst dann richtig gekennzeichnet, wenn wir von den einzelnen Faktoren aus Pfeile nach allen Richtungen anbringen, d. h. wenn wir berücksichtigen, daß nicht nur alle drei Faktoren auf den Ertrag direkt und unabhängig voneinander wirken. Vielmehr wirkt auch das Klima auf den Standortfaktor Boden und umgekehrt der Boden im Mikroklima der bodennahen Luftschichten, ebenso wie der Pflanzenbestand rückwirkt auf den Boden und auch auf das Klima. So wird es klar, daß die Ertragsbildung ein außerordentlich komplexer Vorgang ist. Ferner folgern wir, daß

der jeweilige Pflanzenbestand auf die Fruchtbarkeitsfaktoren des Bodens mitwirkt. Diese Mitwirkung können wir nicht nur in langen Zeiträumen objektiv messen, wie dies z. B. in der Bodengenetik geschieht, sondern auch kurzfristig nach nur wenigen Jahren oder gar von Jahr zu Jahr beobachten. Viele wissenschaftliche und praktische Beobachtungen der letzten Jahrzehnte lassen sich hierfür anführen. Wir erblicken in dieser Tatsache den ersten bindenden Nachweis, das sich die im Laufe der Jahre auf einem Boden angebauten Kulturpflanzenarten, d. h. die „Fruchtfolge“ auf die Bodenfruchtbarkeit und ihren entscheidenden Indikator, die „Ertragsbildung“, auswirken muß. Leider müssen wir feststellen, daß diese Erkenntnis weder in der Wissenschaft noch in der landwirtschaftlichen Praxis genügend beachtet wird. Zudem liegt uns für die quantitative Auswirkung dieser Erscheinung noch zu wenig stichhaltiges Material vor. Auf jeden Fall können wir aber die zu manchen Zeiten und in gewissen Gegenden immer wieder geforderte sogenannte „freie Wirtschaft“ im weitesten Sinne dieses Begriffes von vornherein ad absurdum führen.

2. Die Entwicklungslinien der Fruchtfolge.

Es ist von vornherein einzusehen, daß bei der Vielfalt der Anbaubedingungen sowie der Nutzungsmöglichkeiten (Wald-, Grünland- und Ackernutzung) auch verschiedene Möglichkeiten zur Aufstellung und Begründung einer Fruchtfolge bestehen. Ein kurzer Überblick über die vornehmlich durch Erfahrung bewirkten Entwicklungstendenzen gibt uns Hinweise für sehr viele, wenn nicht die meisten Probleme, welche wir bei der Aufstellung einer Fruchtfolge und nicht zuletzt bei der wissenschaftlich-experimentellen Klärung dieses Problems beachten sollten.

Bei der für weite Gebiete ältesten Form der „Weidewirtschaft“, bei welcher das ganze Land mit Ausnahme von Gartenland in Grünland festliegt, können wir von einer Fruchtfolge noch nicht sprechen. Unter gewissen klimatischen und auch bodenmäßigen Voraussetzungen, wie denen des Küstenklimas (das westliche Schleswig-Holstein, Holland und andere Gebiete der atlantischen Küsten) ebenso wie des Alpenklimas, bei welchen

hohe Niederschläge und hohe Luftfeuchtigkeit auf schweren Böden die Ackerwirtschaft und damit den Fruchtwechsel weitgehend unmöglich machen, können wir diese Nutzungsrichtung auch heute noch als richtig anerkennen. Die Ertragsfähigkeit und die Intensität der Nutzung sind hierbei in erster Linie durch die Faktoren Temperatur, Oberflächengestaltung und Stärke der Krume bestimmt. Ferner müssen wir uns darüber klar sein, daß der Ertrag an Wertstoffen bzw. Kalorien auch bei intensivster Weidewirtschaft verhältnismäßig gering bleibt, weil, wie dies Th. Roemer¹⁾ kürzlich wieder gezeigt hat, ein starker Energieverlust durch die ausschließliche Verwertung der Ernten über das Haustier erfolgt. Ausgesprochen extensive Weidewirtschaft, welche ackerbaulich kaum zu vertreten und gewöhnlich auch nur bei dünner Besiedlung durch Menschen erhalten geblieben ist, finden wir in der Steppen- und Präriewirtschaft.

In dem Maße wie stärkerer Bedarf an Ackerland entstand, finden wir in weiten Gebieten unter den verschiedensten Klimabedingungen schon in früheren Jahrhunderten anstelle der Weidewirtschaft die sogenannte „Feldgraswirtschaft“. In dieser wurden Teile des Weidelandes umgebrochen und zur Gewinnung der Brei- und Brotnahrungsmittel mit den verschiedensten Getreidearten bebaut. Nachdem die umgebrochenen Flächen bei offenbar schlechtester Behandlung hinsichtlich Bodenpflege und Düngung eine Reihe von Jahren fortlaufend mit Getreide genutzt wurden, sah man sich infolge des Sinkens der Erträge und der Verunkrautung der Böden veranlaßt, wieder neue Weideflächen zu Ackerland umzubrechen und die erschöpften Böden wieder begrasen zu lassen. So sehen wir in den verschiedensten Variationen den ersten „Fruchtwechsel“ entstehen, bei welchem in früheren Zeiten infolge des Landreichtums ein sehr langzeitiger Umlauf von Weideland zu Ackerland anzunehmen ist. (Z. B. 25 Jahre Weideland und 5—6 Jahre Ackernutzung.)

Für die Forschung gerade in neuerer Zeit wieder interessant gewordene Überbleibsel oder moderne Typen dieser Feldgraswirtschaft finden wir vornehmlich im gemäßigten Klima Westeuropas in den sogenannten Koppelwirtschaften (früher auch Egartenwirtschaft) bzw. noch modernere Fruchtfolgen mit

mehnjähriger Klee graswirtschaft, wie wir diese recht beachtlich entwickelt auch im Temporary-Ley-Farming²⁾ in England antreffen. Bei diesen Nutzungsformen hat sich das Verhältnis von Dauerfutterfläche zu Ackerland gegenüber der alten Feldgraswirtschaft weitgehend verschoben bzw. umgekehrt, d. h. wir haben wohl mehr Ackerfläche und nur kurze (3—4 Jahre) Grünlandnutzung. Offenbar sind es nicht nur klimatische und allgemein bodenmäßig bedingte Gründe gewesen, welche diese Wechselwirtschaft zwischen Acker und Grünland erhalten ließen. Recht beachtenswert ist dabei die Tatsache, daß der sowjetische Ackerbauer Williams³⁾ auch für die Trockengebiete der russischen Steppe erst in neuerer Zeit auf Grund langjähriger Versuche zu der Forderung kommt, auch unter diesen trockenen Bedingungen in dem sogenannten „Trava polnaja-System“ eine moderne Feldwirtschaft einzuführen. Auf die Gründe, welche auch bei uns einzelne Autoren für eine moderne Form der Feldgraswirtschaft zu fördern veranlassen, werde ich später zurückkommen.

Schon auf den Ackerflächen der alten Feldgraswirtschaft versuchte man die Ackernutzung dadurch zu verlängern und zu verbessern, daß der fortgesetzte Getreidebau unterbrochen und eine „Brache“, d. h. ein Jahr ohne Pflanzennutzung, eingeführt wurde. Diese Brache wurde dann das Merkmal für die auch in weiten Gebieten Westeuropas, sowie auf der ganzen Erdoberfläche, über 1000 Jahre in Gebrauch gewesene „Dreifelderwirtschaft“. Bei diesem Fruchtfolgetyp wurde die nun weitgehend in Ackernutzung befindliche Fläche wiederum nur mit Getreide bzw. Hirsearten bebaut und nach zweijähriger Getreidenutzung ein Jahr brach liegengelassen. Diese klassische Fruchtfolge: Brache — Wintergetreide — Sommergetreide hat bekanntlich auch weitreichende agrarpolitische und soziologische Folgen gehabt. Das Auslassen einer Frucht im Brachejahr wurde verschieden begründet und teilweise erst in neuerer Zeit wissenschaftlich aufgeklärt. In unseren gemäßigten Klimaverhältnissen stand die während der Brache durchzuführende Unkrautbekämpfung und sonstige Bodenbearbeitung ebenso wie die Nährstoffversorgung (mit Stalldünger), welche Maßnahmen bei fortgesetztem Getreidebau schwierig waren, wohl im Vordergrund. Je trockener der Stand-

ort ist, umsomehr tritt neben den genannten Faktoren die Bedeutung der Wiederherstellung des Wasserhaushaltes des Standortes in eine entscheidende Rolle. Die klassischen Untersuchungen von Rotmistroff⁴⁾ sowie die Arbeiten über das „Dry-Farming-System“ in Amerika haben hierüber eindeutige Aufklärung gebracht. Kaserer⁵⁾ hat es unternommen, in Abhängigkeit vom Wasserhaushalt des Standortes die verschiedensten Fruchtfolgetypen zu begründen.

So ist es auch verständlich, daß zum Unterschied von den Steppengebieten bei uns die Brachewirtschaft weitgehendst als überholt bezeichnet werden kann. Da genügend Wasser vorhanden war, wurde schon früher die Brache „besömmert“ und allmählich durch die „Hackfrucht“ ersetzt, bei welcher alle erforderlichen Bodenpflegemaßnahmen ebenso gut möglich waren. So entwickelte sich in Mittel- und Westeuropa der moderne Dreifelder-Fruchtfolgetyp: Hackfrucht — Sommerung oder Winterung — Winterung oder Sommerung, welcher als der intensivste Fruchtfolgetyp bezeichnet werden kann. Damit ist nicht gemeint, daß er der beste Fruchtfolgetyp ist.

In dem Maße wie im Laufe der letzten beiden Jahrhunderte infolge der Besiedlung die „Urweide“ immer mehr abnahm zugunsten der zunehmenden Ackernutzung, um so mehr entstand für die Haltung der Haustiere bei der recht einseitigen Ackerwirtschaft Futtermangel. Dies führte in Westeuropa zur Einführung des Feldfutterbaues und von England her zur Entstehung der durch Albrecht Thaer schon zu Beginn des vorigen Jahrhunderts auch in Deutschland empfohlenen *Norfolker Fruchtfolge*. Unter dieser haben wir den klassischen Typ einer *Vierfelderfruchtfolge* zu verstehen und zwar in der alten Form: Hackfrucht — Sommerung — Klee — Winterung. Auch diese Fruchtfolge wirkte sich ähnlich wie die Dreifelderwirtschaft revolutionierend auf den Ackerbau aus und kann im Prinzip als heute noch bestehend betrachtet werden. Als das wesentliche Merkmal dieses Fruchtfolge-Typs haben wir die Reduzierung der Getreideflächen und gegenüber der Dreifelderwirtschaft auch der Hackfruchtfläche zugunsten der Einführung der Feldfutterpflanze und somit die Entstehung eines „Fruchtwechsels“ im eigentlichen

Sinne des Wortes zu erkennen. Wir können ferner feststellen, daß auch dieser Typ unter gewissen Abwandlungen sich gerade in Westeuropa erhalten bzw. weiterentwickelt hat.

3. Die Fruchtfolge bestimmende Faktoren.

Die kurzen Hinweise über die (abgesehen von der Weidewirtschaft) wichtigsten drei Fruchtfolgetypen zeigen uns nicht nur das Wesen einer Fruchtfolge, sondern auch zahlreiche Gründe bzw. Probleme zu ihrer Entstehung. Wir müssen uns darüber klar sein, daß die Entwicklungsgeschichte der Fruchtfolgen teilweise agrarpolitische bzw. soziologische Ursachen gehabt hat. Die zunehmende Besiedlungsdichte gerade in Westeuropa hat eine entscheidende Rolle gespielt. Indessen können wir diese Größe für die Gegenwart insofern als gegeben und teilweise als konstant voraussetzen, als wir in einem überbesiedelten Gebiet leben und deshalb intensivste Bewirtschaftung und Nahrungsgewinnung eine unbedingte Forderung darstellen. Wir haben die Aufgabe, die natürlichen Voraussetzungen für die Erzeugung von Höchst-erträgen insbesondere durch die Entwicklung der zweckmäßigsten Fruchtfolge auszunutzen, soweit es in unseren Kräften steht.

Wenn wir feststellen, daß die modernen Fruchtfolgen im allgemeinen als Ausbauförmn der genannten Typen betrachtet werden können, so wären naturgemäß unter den sehr vielgestaltigen Anbaubedingungen unseres Gebietes viele Sonderfälle zu untersuchen, auf die wir hier verzichten müssen. Dies gilt auch hinsichtlich der rein betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Überlegungen und Begründungen, soweit sie nicht zwanglos in die ackerbaulichen Betrachtungen eingeschlossen erscheinen. Betriebswirtschaftliche Gründe sind häufig für die schon erwähnte freie Wirtschaftsweise angeführt worden, abgesehen davon, daß unter diesem Begriff sehr verschiedenartige Methoden verstanden werden. Bei einer richtigen Behandlung der modernen Fruchtfolgefragen bedeutet es keinerlei Schwierigkeiten, die betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte ausreichend zu berücksichtigen.

Es soll jetzt darauf verzichtet werden, die vielfältigen Möglichkeiten und bereits in der Literatur vorhandenen zahllosen

Beispiele von modernen Fruchtfolgen zu besprechen. Vielmehr soll unter Einbeziehung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse eine ursächliche Betrachtung der wichtigsten die Fruchtfolge vom naturwissenschaftlich-biologischen Standpunkt bestimmende Faktoren durchgeführt werden, zumal wir dann von selbst zu den brauchbarsten Lösungen kommen müssen. Daß die in der oben behandelten alten Feldgraswirtschaft enthaltene „Monokultur“ vornehmlich in der Form des Getreideanbaues nicht geeignet ist und zu erheblichen Ertragsabfällen im Laufe der Jahre führt, ist durch einige klassische Versuchsreihen als einwandfrei erwiesen zu bezeichnen.

Dies gilt auch für die sehr günstigen Klimabedingungen in Süd-England, wie die längsten Versuchsreihen in Rothamsted⁶⁾ und Woburn⁷⁾ uns zeigen, welche ähnliche Ausschläge bringen, wie die Versuchsreihen des ewigen Roggenbaues in Halle⁸⁾ und Poltawa⁵⁾ und die Versuche mit Hafer bzw. Mais in Ohio und Kingston⁵⁾. Bemerkenswert ist, daß weder eine Stallmist- noch eine Mineraldüngung, die gerade in den längsten Versuchsreihen zur Anwendung kamen, den Ertragsabfall verhindern können. Obwohl nicht immer entschieden werden kann, ob die Düngung ausreichend war, scheinen offensichtlich andere Ursachen zur Wirkung zu kommen. Allgemein wird vor allem in den ungedüngten Monokulturversuchen von einer starken Verunkrautung berichtet, was bei dauerndem Getreideanbau nicht Wunder nimmt.

Der Tatsache, daß viele Kulturpflanzen in der Fruchtfolge nach sich selbst gebaut nicht „verträglich“ sind und zu sogenannten Abbau- und Bodenmüdigkeitserscheinungen führen, muß eine ausschlaggebende Bedeutung für den Ertragsabfall von Monokulturen zugesprochen werden. Hier liegen gerade in Deutschland eingehende Untersuchungen bei den Beta-Rüben, und zwar den Zuckerrüben (siehe Kühn⁹⁾), und ebenso Roemer¹⁰⁾, bei Flachs (siehe Kaserer¹¹⁾), Kletschow¹²⁾ und Sokolow¹³⁾), bei den Kleearten, insbesondere Rotklee (siehe Zusammenfassung bei Schaeffler¹⁴⁾), bei Erbsen und vielen anderen Leguminosen (siehe L. Hiltner¹⁵⁾), Rippel¹⁶⁾), Berkner¹⁷⁾) u. a., bei einer Reihe von Brassica-Gewächsen, bei Getreide und auch bei Obst vor, Unter-

suchungen, welche eindeutig zeigen, daß diese Arten nicht mit sich selbst verträglich sind und in der Fruchtfolge nur nach mehrjährigem, für die einzelnen Pflanzenarten sehr verschieden langem Zeitraum wiedererscheinen dürfen. Von unseren wichtigsten Kulturpflanzen zeigen nur die Kartoffel und der Roggen eine verhältnismäßig gute Selbstverträglichkeit.

Leider kann an dieser Stelle auf die erwiesenen bzw. möglichen und noch nicht aufgeklärten Ursachen dieser Erscheinung nicht eingegangen werden. Für viele Fälle ist das Auftreten von Parasiten vornehmlich pflanzlicher Art auch in der Praxis bekannt (z. B. Rüben- und Kleemüdigkeit). Hiltner¹⁸⁾ und ebenso Kaserer¹¹⁾ stellten das Auftreten von pektinvergärenden Bakterien vor allem bei Lein aber auch bei Erbsen als Ursache für Auflaufschäden, bzw. der Keimmüdigkeit fest, so daß Kaserer neben der „Keimmüdigkeit“ die „Wachstumsmüdigkeit“ unterscheidet. Nach Simon¹⁹⁾ kann die Tätigkeit der Stickstoff sammelnden Bakterien durch das Auftreten von Fäulnisbakterien gestört werden.

Neben diesen Erscheinungen muß die Möglichkeit der Exkretion von Toxinen als Ursache der Müdigkeitserscheinungen mit in Betracht gezogen werden. Schon frühzeitig hatte De Candolle hierauf aufmerksam gemacht, während in neuerer Zeit L. Hiltner¹⁵⁾ (bei Erbsen), Pouget und Chouschak²⁰⁾ (bei Luzerne), Rippel¹⁶⁾, Schreiner und Sullivan²¹⁾ ebenso wie Achromeiko²²⁾ einschlägige Experimente durchführten. L. Hiltner¹⁸⁾ zieht dabei gleichzeitig die Mitwirkung der Bakteriorhiza in Betracht, worauf auch die neueren Untersuchungen der Rippelschen Schule²³⁾ und von Winter²⁴⁾ über die Mykorrhiza hinweisen. Auch den von Waksman entdeckten Antibiotika des Bodens ist hier Aufmerksamkeit zu schenken.

Diese Befunde leiten über zu dem von Molisch²⁵⁾ begründeten Problem der Allelopathie, der gegenseitigen Einflußnahme der Pflanzenarten im Mischbestand, worüber leider noch wenig exakte Untersuchungen vorliegen (siehe neuerlich Schuphan²⁶⁾). Zu denken wäre schließlich an spezielle Verarmungserscheinungen wie das plötzliche Auftreten von Mangel an Spurenelementen. Die oben erwähnte Verunkrautung weist bereits auf das

Problem der Bodenpflege hin, ohne welche keine Höchst-erträge zu erwarten sind. Die Fruchtfolge muß deshalb dieses Problem der Bodenpflege gebührend berücksichtigen. Die These von Faulkner²⁷⁾ und das ältere Verfahren von Jean sind für unsere gemäßigten Klimabedingungen nicht brauchbar, worauf ich schon früher hinwies. Wir müssen neben dem Lockern und Krümeln auch dem intensiven Vermischen der Bodenkrume Bedeutung beimessen, zumal wir unzählige Beweise für die sonst drohende Entmischung in unseren Böden kennen. Infolge der verschiedenen Möglichkeit der Bodenbearbeitung bei den einzelnen Kulturpflanzen hängt der Pflegezustand des Bodens sehr stark von dem Vorhandensein und der Verteilung der einzelnen Pflanzenarten in der Fruchtfolge ab. Hierbei kommt den Hackfrüchten besondere Bedeutung zu.

Neuere Untersuchungen, die allerdings auch Rückschlüsse auf älteste Beobachtungen zulassen, zeigen, daß die Krümelung, d. h. die Ausbildung von weitgehend beständigen Bodenaggregaten, welche die Voraussetzung für die optimale Dispersität des Porenvolumens (Wasser- und Luftführung) ist, nicht nur durch physikalisch-chemische, sondern auch durch biologische Vorgänge gefördert wird. Neben den zahlreichen Möglichkeiten über die Mitwirkung von Mikroben und niederen Tieren ist hier offenbar der Wirkung des Wurzelsystems der einzelnen Pflanzenarten besondere Beachtung zu schenken. Abgesehen von der sehr verschiedenen Ausbreitung und damit Erschließung des Bodens durch die einzelnen Wurzelsysteme, können wir von den älteren Beobachtungen Kostytshew's in der Trockensteppe bis zu den neuesten Untersuchungen über die Kleeegraswirtschaft in Westeuropa immer wieder Anhaltspunkte über die spezielle, krümelnde Wirkung des Wurzelsystems feststellen (siehe u. a. v. Boguslawski²⁸⁾, Morgenweck²⁹⁾, Frese³⁰⁾). Den Futtergräsern und Futterleguminosen kommt hier eine besondere Bedeutung zu. Obwohl die Ursachen noch nicht aufgeklärt sind, stellen die neuen Vorschläge für das Temporary-Ley-System (Davies) in England und das schon erwähnte Trava-polnaja-System von Williams in Rußland Folgerungen aus diesen Beobachtungen dar.

Der Haushalt aller biologischen Faktoren innerhalb einer Fruchtfolge wird gleichzeitig durch die Wirkung des Wurzelsystems als organische Substanz und darüber hinaus durch die Anwendung von Grün- und Stallmistdüngung und selbstverständlich auch durch den Kalkzustand und den sonstigen Düngungszustand des Bodens beeinflusst. Abgesehen von der Erzeugung organischer Substanz und der Möglichkeit der Zuführung anderer Düngemittel wirkt sich die Zusammensetzung der Fruchtfolge aber auch auf den Verbrauch der organischen Substanz und damit auf die „Abnutzung“ der Bodenfruchtbarkeit aus (Scheffer³¹). Die im Zusammenhang mit der Bodenbearbeitung so günstigen Hackfrüchte sind hier anspruchsvoll und verbrauchend, während die Getreidearten, worauf besonders Gericke³²) hingewiesen hat, beachtliche Mengen an organischer Substanz hinterlassen. Besonders günstig sind hier wieder die Futter- und Zwischenfruchtpflanzen zu beurteilen.

Alle die Bodenfruchtbarkeit und den Kulturzustand des Bodens beeinflussenden Kräfte äußern sich in dem wissenschaftlich nicht leicht zu definierenden „Garezustand“ des Bodens. Früher versuchte ich, denselben in Abhängigkeit von drei Kräftegruppen, einer physikalischen, einer chemischen und einer biologischen einfach klar zu machen. Alle drei mitwirkenden Größen werden durch die in der Fruchtfolge aufeinanderfolgenden Pflanzenarten ganz verschieden beeinflusst. Die Hackfrüchte ermöglichen die Förderung der physikalischen und chemischen Kräfte, schwächen jedoch leicht die biologische Seite. Die Getreidearten gelten allgemein als sogenannte „Garezehrer“. Es wird dabei aber auch oft vergessen, daß wir Getreide in der Fruchtfolge zur Anreicherung der organischen Substanz auf direktem und indirektem Wege, also zur Förderung der biologischen Komponente der Gare, unbedingt brauchen. Die Futterpflanzen und eine Reihe von Sonderkulturen wie Ölpflanzen, Faserpflanzen und Leguminosen nehmen in den meisten Fällen eine günstige Stellung ein.

Mit diesen Ausführungen wird schon gesagt, daß es nicht nur auf die einmalige Herstellung eines Garezustandes, sondern auf die Erhaltung der Gare von Vegetation zu Vegetation ankommt. Alle natürlichen Kräfte, welche die Gare fördern, werden

durch die einzelnen Pflanzenarten sehr verschieden beeinflußt. Eine sehr wichtige Rolle spielt dabei die Tatsache, inwieweit der Boden überhaupt durch Pflanzen bedeckt bleibt. Der „Gareschwund“ bei einigen Kulturpflanzen, wie bei frühen Getreidearten, wird oft durch mangelhafte Bedeckung und den dadurch gegebenen Wasserverlust hervorgerufen. Infolgedessen kommt in der Fruchtfolge wiederum der Berücksichtigung der Zwischenfrüchte sowohl in der Form der Untersaaten als auch als Stoppelfrüchte und Winterzwischenfrüchte eine besondere Bedeutung zu³³⁾.

4. Der Fruchtwechsel als Grundlage der Fruchtfolge.

Die bei der Fruchtfolge mitwirkenden Probleme führen zwingend zu der Forderung nach Fruchtwechsel. Der schon in der oben erwähnten Norfolkter Fruchtfolge zum Ausdruck kommende Fruchtwechsel ist also an sich schon als fruchtbarkeitsfördernd zu betrachten.

Da wir unter Berücksichtigung der genannten Faktoren und der praktischen Gegebenheiten niemals in die Lage kommen, die Norfolkter Fruchtfolge oder ähnliche Fruchtwechselsysteme als solche zu übernehmen, ist es zweckmäßig, die Pflanzen nach ihrem Verhalten in der Fruchtfolge sinnvoll in Gruppen zusammenzufassen. Wir unterscheiden zweckmäßig: „Hackfrüchte“, „Feldfutterpflanzen“, „Sonderkulturen“ und „Getreidearten“. Leider führt das Weglassen einzelner Pflanzengruppen (siehe Köhnlein³⁴⁾ oder das Zusammenfassen anderer (siehe Roemer¹⁾) dazu, daß sie in ihrem Wert in der Fruchtfolge in der Praxis nicht voll anerkannt und berücksichtigt werden. So müssen wir zur Verbesserung unserer Fruchtfolgen besonderen Wert auf die Berücksichtigung der Sonderkulturen legen, was zu verwirklichen oft durch ganz außerhalb der pflanzenbaulichen Betrachtung liegende betriebswirtschaftliche und agrarpolitische Ursachen erschwert wird.

Folgerichtig führen wir einen Fruchtwechsel dann durch, wenn die genannten vier Pflanzengruppen so an der Fruchtfolge beteiligt sind, daß einerseits Höchsterträge erzielt werden können

und andererseits die Bodenfruchtbarkeit erhalten bleibt und möglichst verbessert wird. Nun können wir die vier Gruppen keineswegs zu gleichen Teilen beteiligen. Dies wäre weder betriebswirtschaftlich noch ackerbaulich tragbar. Zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit einerseits und zur Erzielung möglichst vieler Verkaufsfrüchte andererseits sowie unter Berücksichtigung der derzeitigen Ertragsfähigkeit und der arbeitswirtschaftlichen Belange, kommen wir im allgemeinen zu einer größeren Getreidefläche, welche zwischen 60 und 40 % der Ackerfläche liegt. Die anderen drei Gruppen (Hackfrüchte — Futterpflanzen — Sonderkulturen) würden also zusammen wieder 50 % der Ackerfläche einnehmen. Wenn hiervon die Hälfte durchschnittlich auf Hackfrüchte und von dem Restteil wieder die Hälfte auf Futterpflanzen entfällt, so kommen wir zu dem Anbauverhältnis von 25 % Hackfrucht, 12,5 % Feldfutterpflanzen, 12,5 % Sonderkulturen und 50 % Getreide. Hieraus läßt sich zwanglos ein vierfeldriger Fruchtfolgetyp entwickeln, nämlich: Hackfrucht — Getreide — Futterpflanzen + Sonderkulturen — Getreide. Wenn als Feldfutterpflanze hier der bei uns vorherrschende Rotklee in Betracht kommt, so wird dieser Fruchtfolgetyp zweckmäßig in einer 8-feldrigen Fruchtfolge durchgeführt, wie etwa: Hackfrucht — Sommergetreide — Sonderkulturen — Wintergetreide — Hackfrucht — Wintergetreide + Rotklee — Rotklee — Wintergetreide.

Mit Rücksicht auf die Ertragsfähigkeit sollte, abgesehen von Braugerstebetrieben, bei Getreide $\frac{3}{4}$ oder wenigstens $\frac{2}{3}$ auf Wintergetreide entfallen. Wenn die Fläche für die Sonderkulturen etwas zu hoch liegt, so kann hiervon ein Teil mit Hackfrüchten oder Gemüse genutzt werden, so daß wir auf 30—33 % Hackfrüchte kommen. Dasselbe gilt für die Fläche der Feldfutterpflanzen.

Diese Fruchtfolge stimmt mit dem kürzlich von Roemer gemachten Vorschlag insofern überein, als sie das Prinzip des Fruchtwechsels einhält und die Getreidefläche auf 50 % der Ackerfläche begrenzt, obwohl in zahlreichen Betrieben diese Zahl heute noch überschritten wird. Sie weicht von der Roemerschen Fruchtfolge dadurch ab, daß dieser Autor zwei Fruchtfolgetypen, nämlich einen 4-feldrigen und einen 2-feldrigen miteinander kom-

hiniert, so daß eine 6-feldrige Fruchtfolge entsteht. Die 8-feldrige Fruchtfolge hat für die Durchschnittsverhältnisse Westdeutschlands unter Berücksichtigung des Klees als Futterpflanze m. E. den Vorteil, daß der Kleemüdigkeit stark vorgebeugt wird. Außerdem ergibt sich für die Einhaltung des Fruchtwechsels ebenso wie für die Einschaltung des Zwischenfruchtbaues eine größere Anpassungsfähigkeit. Für den Zwischenfruchtbau würden im obigen Beispiel 16—20 % der Ackerfläche in Betracht kommen.

Die gemachten Ausführungen über die die Fruchtfolge bestimmenden Faktoren würden völlig falsch verstanden sein, wenn wir das eben entwickelte und für weitere Gebiete zweifellos brauchbare Richtbeispiel auf jeden Standort übertragen wollten. Infolge der klimatischen und bodenmäßigen Unterschiede ist unser Ackerbau so verschiedenartig gestaltet, daß oft schon von Dorf zu Dorf, ja schon innerhalb einer Gemarkung und eines größeren Betriebes verschiedene Fruchtfolgen nebeneinander angewendet werden müssen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß man einen einmal als geeignet erkannten Fruchtfolgetyp aufgibt, vielmehr kommt es darauf an, denselben an die jeweiligen Bedingungen anzupassen.

Ein besonderes Problem stellt neben der ausreichenden Stroherzeugung über den Getreidebau die Art und die Größe der Feldfutterfläche unter gleichzeitiger Berücksichtigung der bei uns weitgehend vorhandenen natürlichen Grünlandflächen dar. Die obigen Beispiele von Roemer und mir gelten für einen Durchschnittsgrünlandanteil mittlerer Ertragsfähigkeit von etwa 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Köhnlein³⁴⁾ hat kürzlich den Versuch unternommen, aufbauend auf stark voneinander abweichenden Grünlandvoraussetzungen, Fruchtfolgen zu entwickeln, welche alle Faktoren der Stroherzeugung berücksichtigen. Bei all diesen Versuchen ergibt sich insofern eine Schwierigkeit, als für jeden einzelnen Fall die standortbedingten Erträge eingesetzt werden müssen! Abgesehen von der schon erwähnten Vernachlässigung der Sonderkulturen, kommen in ackerbaustarken Betrieben mehr kontinentalen Klimas ganz andere Gesichtspunkte für die Gestaltung der Fruchtfolge hinzu.

Dort, wo Luzerne die Feldfutterpflanze ist, läuft diese zweckmäßig in einem Springschlag neben der Fruchtfolge, so daß unter Beibehaltung eines Anbauverhältnisses ähnlich dem oben angegebenen sich die eigentliche Fruchtfolge auf 7 oder auch auf 5 Felder verkleinert, zu welcher Schlagzahl in jedem Falle der 3—5 Jahre laufende Luzerneschlag hinzukommt. Die Fruchtfolge könnte im Falle der 7-feldrigen wie folgt aussehen: Hackfrucht — Getreide — Sonderkulturen — Getreide — *Luzernespringschlag* — Hackfrucht — Getreide — Getreide, oder bei dem 5-feldrigen Typ: Hackfrucht — Getreide — Getreide — Hackfrucht + Sonderkulturen — Getreide — *Luzernespringschlag*.

Abgesehen davon, daß sich im letzten Beispiel das Anbauverhältnis etwas verschiebt, ist es in beiden Fällen nicht zu vermeiden, daß mindestens einmal Getreide auf Getreide folgt. Der erwähnte 6-Feldertyp kommt bei starkem Luzerneanbau kaum noch in Frage, weil hier die Einhaltung des Fruchtwechsels noch schwieriger wird.

So haben wir die wichtigsten Probleme für die Aufstellung und Beurteilung einer Fruchtfolge kurz gekennzeichnet. Das geforderte Prinzip des Fruchtwechsels hat sich in den verschiedensten Fruchtfolgen und unter nur teilweiser Einschaltung aller hier behandelten Pflanzengruppen schon bewährt. Dies zeigen uns auch schon ältere Gegenüberstellungen von v. Rümker³⁵⁾ und v. Strebel³⁶⁾ u. a. auf Grund von Feldversuchen bzw. praktischen Betriebsergebnissen. Hier waren die Fruchtwechselwirtschaften ertragsmäßig besser als die nach anderen Prinzipien arbeitenden Betriebe. Wir müssen uns indessen klar darüber sein, daß bei der recht komplexen Natur des Problems noch weitgehend die experimentellen Unterlagen fehlen. Leider müssen wir die Feststellung machen, daß derartige Versuche auf der notwendigen breiten Grundlage gerade bei uns kaum vorliegen und auch derzeit noch keine Mittel hierfür zur Verfügung stehen. Köhnlein³⁷⁾ hat kürzlich den beachtlichen Vorschlag gemacht, kleine Versuchsbetriebe ganz nach bestimmten Fruchtfolgetypen als Meßbetriebe zu bewirtschaften, um vor allem Maßstäbe für das Erreichen einer Harmonie des gesamten Wirtschaftsbetriebes einschließlich der Viehwirtschaft zu finden. Wenn wir uns vor Augen

halten, daß nach den obigen Darlegungen durch die richtige Fruchtfolge der Ertrag nicht nur einmalig, d. h. für das laufende oder kommende Jahr, sondern daß hierdurch die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ertragshöhe und auch die Ertragssicherheit vieler Jahre entscheidend beeinflußt werden, so sollten wir keine Mühen scheuen, das Problem der Fruchtfolge weiter zu vertiefen und zu klären.

Schrifttum.

1) Th. Roemer: Probleme und Fernziele der deutschen Landwirtschaft. Verlag Parey (1949).

2) W. Davies: Re-Seeding and the Modern Ley. Flugschrift Nr. 14 der Bath a. West a. Southern Counties Society, 1946.

3) Ref. M. Gordienko: Die deutsche Landwirtschaft 2 (1951), 80—84.

4) W. G. Rotmistroff: Das Wesen der Dürre. Verlag Th. Steinkopf, Dresden 1926.

5) H. Kaserer: Fortschr. d. Ldw. 1, 1926, 6.

6) J. Russel: 85 Jahre Düngungsversuche in Rothamsted, Berlin (1928). — Guide to the Experimental Farm. Verlag Fisher-Knight a. Co. (1947).

7) J. Russel: Landwirtschaftliche Jahrbücher, 84. Bd., 1937, S. 161—261.

8) Th. Roemer u. Ihle Kühn-Archiv 9 (1925), 13. — K. Schmalfuß Kühn-Archiv 63 (1950), 1—14.

9) J. Kühn: Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenindustrie d. D. Reiches 1880, 93—108.

10) Th. Roemer: Handbuch des Zuckerrübenbaues, 1927. Verlag Paul Parey.

11) H. Kaserer: Chemikerzeitung (1913) 1175. Verhandlungen d. Ges. d. Naturforscher u. Ärzte Leipzig (1914) 461.

12) A. N. Kletschotow: Ref. Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten, 35 (1925) 208.

13) N. S. Sokolow: Journ. f. Landw. Wissenschaft, Moskau 3 (1926), 193.

14) H. Schaeffler: Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz Jhrg. XV. (1937/38), 282—356.

15) L. Hiltner: Jahresber. d. Ver. f. angew. Bot. 5, (1907), 200—222.

16) K. Rippel: Phytopathologische Zeitschrift 9. (1936), 507.

17) F. Berkner: Pflanzenbau 13, (1936), 120.

- ¹⁸⁾ L. Hiltner: Sächsische Landw. Zeitg. 1894, Nr. 16—18.
- ¹⁹⁾ J. Simon: Jahresber. d. Ver. f. Angew. Bot. 5, (1907), 132—160.
- ²⁰⁾ I. Pouget u. D. Chouchak: Ref. Jahresber. üb. d. Fortschr. a. d. Gesamtgeb. d. Agrik. Chem., 51, (1907), 1200.
- ²¹⁾ O. Schreiner u. M. X. Sullivan: Ref. Jahresber. üb. d. Fortschr. a. d. Gesamtgeb. d. Agr. Chem. 52, (1909), 59.
- ²²⁾ A. I. Achromeiko: Ldw. Jahrb. 74, (1931), 713.
- ²³⁾ B. Stille: Archiv Mikro-Biologie 9, (1938), 477.
- ²⁴⁾ G. Winter: Die Naturwissensch. 37, (1950), 542.
- ²⁵⁾ H. Molisch: Der Einfluß einer Pflanze auf die andere, Allelopathie, 1937, Verlag Fischer Jena.
- ²⁶⁾ W. Schuphan: Botanica Oeconomica, Lfrg. 1., Bd. 1. Juli 1948, 1—15.
- ²⁷⁾ H. Faulkner: Plomannsfolly, Grosset u. Dunlop. New-York 1943.
- ²⁸⁾ E. v. Boguslawski: Zeitschr. f. Bodenk. und Pflanzenernährung, Berlin, 24 (1941) 265—303.
- ²⁹⁾ G. Morgenweck: Pflanzenbau 18, (1941), 161—191.
- ³⁰⁾ H. Frese: Vortrag DLG-Wintertagung Wiesbaden, Jan. 1951, (noch nicht veröffentlicht).
- ³¹⁾ Fr. Scheffer: Vortrag Bad Schwalbach 1950.
- ³²⁾ S. Gericke: Chemikerzeitung 67, (1943), 277—278.
- ³³⁾ E. v. Boguslawski: Mehr Zwischenfruchtbau in Hessen, Schriften d. Hess. Ldw. Beratungsdienstes, Gießen (1951).
- ³⁴⁾ J. Köhnlein: Arbeiten der DLG. 6 (1951).
- ³⁵⁾ v. Rümker: Tagesfragen des modernen Ackerbaues, 5. Auflage, Berlin 1920.
- ³⁶⁾ v. Strebel: Arbeiten der DLG 36. (1898), 154.
- ³⁷⁾ J. Köhnlein: Kieler Milchw. Forschungsber. 3, (1951), 197—202.