

Abschließend sei auf die Ackerbaustrategie der deutschen Landwirtschaft hingewiesen, in der außer zum Erhalt und der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit auch zu allen anderen wichtigen künftigen Maßnahmen im Ackerbau Stellung genommen wird (Zentralausschuss der deutschen Landwirtschaft 2018). Letztlich muss aber in jedem Betrieb die seinen konkreten ökonomischen und natürlichen Bedingungen entsprechende Fruchtfolge realisiert werden.

8.6 Auflockerung der Fruchtfolgen

Unter Fruchtfolge wird die zeitliche Abfolge der auf einer landwirtschaftlichen Fläche angebauten Nutzpflanzenarten verstanden. In der deutschen Landwirtschaft werden sowohl im **KLB** als auch im **ÖLB** mehrere Fruchtarten hintereinander angebaut. Es wird deshalb auch von Felderwirtschaft gesprochen, da gleichzeitig mehrere Nutzpflanzenarten auf verschiedenen Feldern eines Betriebes stehen. Monokultur, d. h. der Anbau einer einzigen Fruchtart ständig hintereinander, was z. B. bei Mais wegen hoher Selbstverträglichkeit möglich und z. B. in den USA auch weit verbreitet ist, gibt es in Deutschland nur in geringem Maße, wenn auch im Zusammenhang mit größeren Feldern häufig von Umweltschützern davon gesprochen wird (Damit weisen sie sich als landwirtschaftliche Laien aus, womit sich die Frage stellt, ob ein Landwirt ihnen bei bestimmten Ratschlägen überhaupt Vertrauen entgegen bringen kann.)

Ackerbaulich haben mehrfeldrige Fruchtfolgen wegen der damit verbundenen Anbaupausen für die genutzten Kulturarten im Allgemeinen Vorteile, da sie die Anhäufung von Krankheitserregern, Schädlingen und Unkräutern vermindern, unterschiedliche Ansprüche an die Nährstoffe im Boden stellen und den Humusgehalt fördern können, wodurch wiederum das Bodenleben profitiert, darunter auch Antagonisten gegen Schädlinge. Die Nachteile sind vor allem ökonomischer Natur, weil der Gewinn wegen unterschiedlicher Kosten und Preise bei den Kulturarten niedriger sein kann sowie außerdem bei völlig verschiedenen Pflanzenarten jeweils eine andere Technik benötigt wird, die in der Regel teuer ist.

Als günstig wird im Allgemeinen der Wechsel von Winterung und Sommerung sowie von Blatt- und Halmfrüchten angesehen, da die erforderliche Bodenbearbeitung unterschiedliche Anforderungen stellt und zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt, wodurch die Vermehrung bestimmter Unkräuter und Schädlinge eingedämmt werden kann. Ebenso wichtig ist der Wechsel von Humusmehrern und -zehrern. Dabei ist zu beachten, inwieweit Koppelprodukte auf dem Feld verbleiben. Getreide ist z. B. ein Humuszehrer, wenn Korn und Stroh vom Feld gefahren werden. Verbleibt das Stroh auf dem Feld, ist die Humusbilanz zumindest ausgeglichen bzw. sogar etwas positiv. Besonderer Wert ist auf den Anbau von Sorten zu legen, die gegen bestimmte Krankheiten resistent sind.

Die ökonomischen Zwänge (siehe „landwirtschaftliche Tretmühle“) haben im **KLB** oft zu einer Verengung der Fruchtfolge geführt, d. h. es werden nur wenige Fruchtarten genutzt (vgl. 8.11.1). Häufig werden wegen der höheren Erträge vor allem überwinterte Kulturen angebaut, wie z. B. Winterweizen und Wintergerste. Es werden diejenigen Fruchtarten bevorzugt, die der Deckung des Bedarfes, der Steigerung des Umsatzes und der Senkung der Kosten am besten entsprechen. Das ist in einer Marktwirtschaft selbstverständlich nicht verwerflich. Aber es besteht die Gefahr, dass sich negative Auswirkungen auf den Humus- und Nährstoffgehalt des Bodens und das Bodenleben ergeben und Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter sich entwickeln können. Dafür gibt es in-

zwischen auch Anzeichen in der Praxis. Bei einer artenreicheren Fruchtfolge treten diese weniger häufig auf, was sich wiederum auf Umsatz und Kosten positiv auswirken kann. Daraus folgt deshalb die Frage, ob es ökonomisch zweckmäßig ist, auch mit weiteren Fruchtfolgen zu wirtschaften. Nach einer Untersuchung von *Steinmann und Stein* (2018) in Niedersachsen nehmen Fruchtfolgen mit ein oder zwei Früchten 30 % der Ackerfläche ein, 30 % wird von vielfältigen Kombinationen (mindestens vier Früchte) und auf 40 % der Fläche sind Fruchtfolgen mit drei Früchten vorhanden.

Nachfolgend soll auf ein Beispiel von *Peter Friedrichsen* (2016) zurückgegriffen werden, der Erträge, Deckungsbeiträge (Umsatzerlöse – variable Kosten), N-Düngung und N-Bilanzsaldo für elf Fruchtfolgen, geordnet nach 3-Felder-, 4-Felder- und 5-Felder-Fruchtfolgen vergleicht. Es handelt sich dabei um Daten aus dem östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein, einem Gebiet mit traditionell hohen Erträgen (siehe Tab. 19).

Von den Verfassern wurde dazu ergänzend die jährliche N-Düngung, der jährliche Ertrag der verkaufbaren Ernte in GE/ha sowie verschiedene Korrelationskoeffizienten ermittelt. Die Ertragsdaten (dt/ha) wurden dabei unverändert übernommen, obwohl z. B. bei Raps längere Anbaupausen einen Mehrertrag erbringen (PM 2017). Keine Aussage erhält das Beispiel zum Humusgehalt und zur Anfälligkeit gegenüber Unkräutern und Schädlingen, wobei auf letztere am Ende des Kapitels verwiesen wird.

Für den landwirtschaftlichen Laien sei zunächst erläutert, dass bei Ackerbohnen und Erbsen kein Stickstoff gedüngt werden muss, da ihnen durch die Symbiose mit Stickstoff sammelnden Knöllchenbakterien Luftstickstoff bereitgestellt wird. Außerdem stehen für die Nachfrucht 20 bis 40 kg N/ha zur Verfügung (*Bürling* 2016). Im Beispiel ist für die nachfolgende Wintergerste (WG) eine geringere Düngung von 40 kg N angenommen. In den Fruchtfolgen mit Ackerbohnen bzw. Erbsen ist deshalb der N-Saldo im Allgemeinen auch niedriger als in denen ohne jene. Für Zwischenfrüchte, die vor allem der Bodenbedeckung und der Nutzung von zeitlich bedingten N-Überschüssen dienen, wird im Beispiel eine N-Düngung von 20 kg angenommen.

Dem Vorteil der geringeren N-Düngung steht als Nachteil sowohl ein niedrigerer Ertrag als auch ein kleinerer Deckungsbeitrag gegenüber, d. h. umgekehrt, einer höheren N-Düngung höhere Erträge und höhere Deckungsbeiträge. Das veranschaulichen auch die Korrelationskoeffizienten r , die den positiven oder negativen Zusammenhang zwischen den Daten zweier Messreihen zum Ausdruck bringen:

| | |
|--|-----------|
| r (N-Düngung kg/ha, Ertrag GE/ha) | = + 0,68* |
| r (N-Düngung kg/ha Deckungsbeitrag €/ha) | = + 0,57 |
| r (N-Düngung kg/ha, N-Saldo kg/ha) | = + 0,79* |

Die mit dem Stern versehenen Werte sind mit 95%iger Wahrscheinlichkeit von Null verschieden, d. h., es existiert ein Zusammenhang, im anderen Fall ($r = + 0,57$) lässt sich ein solcher nicht nachweisen, wobei die geringe Zahl der Messwerte auch von Bedeutung sein dürfte.

Eine Auflockerung der Fruchtfolge mit Leguminosen führt im angegebenen Beispiel zu einer Verminderung der Erträge und des Deckungsbeitrages, wirkt sich aber günstig auf die Verminderung des N-Saldos aus. Das Ergebnis zeigt nochmals die Problematik auf,

mit der die Landwirtschaft konfrontiert ist: Hohe Erträge mit höherem N-Saldo oder niedrigere Erträge mit einem geringeren. Allerdings macht *Deike* (2018) darauf aufmerksam, dass die Integration einer Hülsenfrucht in eine Fruchtfolge auch zu höheren Getreideerträgen und einer Entlastung bei den Arbeitserledigungskosten führen kann, weshalb der Deckungsbeitrag auch steigen kann.

Tabelle 19: Daten zu 11 Fruchtfolgen (bezogen auf 1 Jahr)

| Fruchtfolge | Ertrag der Kulturen dt/ha | Ertrag GE/ha | Deckungsbeitrag €/ha | N-Düngung der Kulturen kg/ha | N-Düngung kg/ha | N-Saldo kg/ha |
|---|---------------------------|--------------|----------------------|------------------------------|-----------------|---------------|
| Dreifeldrige Fruchtfolge (= Dreijährige Fruchtfolge) | | | | | | |
| WW/WG/Ra | 90/80/40 | 90,7 | 839 | 200/190/200 | 196,7 | 54 |
| WW/WW-WG/Ra | 90/80-80/40 | 88,8 | 877 | 220/230-200/220 | 215 | 58 |
| WW/WG/Ra-AB | 90/80/40-50 | 81,9 | 798 | 200/190/200-0 | 163,3 | 47 |
| WW/WG-ERB/Ra | 90/80-45/40 | 82,1 | 816 | 200/190-0/200 | 165 | 41 |
| WG-ZF/WW/Ra | 90/90/40 | 94 | 890 | 170-20/200/200 | 196,7 | 48 |
| Vierfeldrige Fruchtfolge (= Vierjährige Fruchtfolge) | | | | | | |
| WW/AB/WG/Ra | 90/50/90/40 | 82 | 823 | 200/0/150/200 | 137,5 | 37 |
| WW/WG/ERB / Ra | 90/80/45/40 | 79,7 | 760 | 200/190/0/150 | 135 | 39 |
| WW/Haf/WG/Ra | 90/60/80/40 | 80,6 | 764 | 200/130/190/200 | 180 | 53 |
| Fünffeldrige Fruchtfolge (= Fünfjährige Fruchtfolge) | | | | | | |
| WW/AB/WG-ZF/WW/Ra | 90/50/90/90 / 40 | 84,3 | 856 | 200/0/150-20/200/200 | 154 | 41 |
| WW/ZR/WW/WG/Ra | 90/600/80/80/40 | 98,6 | 817 | 200/140/200/190/200 | 186 | 50 |
| WW/Ma/WW/WG/Ra | 90/430/80/80/40 | 96,6 | 841 | 200/170/200/190/200 | 192 | 40 |

Quelle: *Friedrichsen* (1916), ergänzt durch eigene Berechnungen

Erläuterungen: WW-Winterweizen, WG-Wintergerste, Ra-Winterraps, AB-Ackerbohnen, ERB-Erbesen, ZF-Zwischenfrucht, Haf-Hafer, ZR-Zuckerrüben, Ma-Mais. Bindestrich zwischen 2 Kulturen (ohne ZF) bedeutet, dass jeweils die Hälfte damit bebaut wird. Bindestrich Kultur-ZF bedeutet, dass auf der gesamten Fläche der Kultur eine Zwischenfrucht folgt.

Aus Umweltschutzgründen steht die Auflockerung der Fruchtfolge zweifellos auf der Tagesordnung. **Aber unter Nutzung des biologisch-technischen Fortschritts ist gleichzeitig anzustreben, hohe Erträge mit niedrigen N-Salden zu erreichen, wobei durch entsprechende Maßnahmen einschließlich der Digitalisierung die Nährstoffe besser auszunutzen sind** (vgl. auch *Bartmer* 2017). Die Konzeption von Greenpeace (2017), niedrige N-Salden in Verbindung mit niedrigen Erträgen zu gewährleisten, steht

im Widerspruch zur Ernährungssicherung der wachsenden Weltbevölkerung. De Witte und Dehler (2017) haben Untersuchungen zur Auflockerung der Fruchtfolge in Schleswig-Holstein und in Sachsen-Anhalt/Saalekreis vorgenommen. Sie kommen dabei zu dem Ergebnis, dass in Schleswig-Holstein bei einer vierfeldrigen Fruchtfolge, wobei u. a. 20 % Ackerbohnen angebaut werden, der Deckungsbeitrag um 40 €/ha sinkt, im Saalekreis hingegen breitere Fruchtfolgen ohne ökonomische Nachteile realisierbar sind. Diese Möglichkeit sollte konsequent genutzt werden. Im Beispiel wird dabei u. a. von einem Anbau von 5 % Erbsen und 5 % Sojabohnen ausgegangen.

Fruchtfolgen, die mit Mais und/oder Zuckerrüben aufgelockert werden, bringen in Bezug auf den N-Saldo nicht unbedingt einen Vorteil, aber gegebenenfalls für die Verminderung von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern sowie den Humusgehalt, sofern entsprechend organisch gedüngt wird. Andert u. a. (2016a) konnten auch nachweisen, dass in mehr diversifizierten Fruchtfolgen auch weniger Herbizide und Fungizide eingesetzt werden müssen.

Schlüter (2017) weist auf folgende Krankheiten hin, die sich, auch bedingt durch zu enge Fruchtfolgen, ausgebreitet haben und deren Bekämpfung die Kosten erhöht:

- *Septoria*-Blattdürre beim Weizen: Der Pilz hat sich an die langjährig eingesetzten Pflanzenschutzmittel angepasst. Er wird auch durch Frühsaat im Herbst gefördert.
- Ackerfuchsschwanz im Weizen: Durch Frühsaaten, die zu einer besseren Vorwinterentwicklung des Weizens und damit höheren Erträgen führen sollen, wurde die Entwicklung des Ackerfuchsschwanzes gefördert.
- Getreideblattläuse und Gelbverzwergungsvirus beim Weizen: Beide werden ebenfalls durch Frühsaaten gefördert.
- Kohlhernie und *Verticillium* beim Raps: Kohlhernie: Vor allem bedingt durch die Ausdehnung des Anbaus, dabei auch anfälliger Sorten. Gegen den Pilz *Verticillium* gibt es bisher keine gut wirkenden Mittel.
- Verschiedene Halmbruchkrankheiten bei Getreide.
- Insektizidresistenzen bei Rapsglanzkäfern und Erdflöhen durch Anpassung.

Zu nennen sind außerdem Nematoden bei zu hoher Konzentration von Zuckerrüben.

Vorgeschlagen werden zur Verminderung der Schäden folgende Maßnahmen zur Auflockerung der Fruchtfolge und zur Verbesserung des Ackerbaus generell:

- Anbau weiterer Kulturen in den von Getreide und Raps dominierten Fruchtfolgen, vor allem Leguminosen (Ackerbohnen, Erbsen usw.),
- Anbau von Sommergetreide (einschließlich Hafer), um Ackerfuchsschwanz zurückzudrängen (Hafer dient auch der Vermeidung der Fruchtfolgeglieder Weizen-Weizen),
- Flache Stoppelbearbeitung zum Anregen der (Un-)Gräserkeimung. Schaderreger befallen diese und nach deren Verrottung weniger das nachfolgende Getreide.
- Förderung der biologischen Bodenaktivität durch Gründüngung (Zwischenfrüchte), Gärreste und Kompost,
- Maisstoppen immer bearbeiten - eine gute Rotte bis zum Frühjahr vernichtet große Mengen der überlebenden *Fusarium*-Arten und Blattkrankheiten, die im

Mais Gifte produzieren und auch danach, falls Weizen folgt, bei diesem negative Auswirkungen haben können. Außerdem werden die Maiszünslerlarven vernichtet (s. auch DLG-Mitteilungen 11/2017, Innovation Magazine 2017, S. 11: Innovation Award Agritechnika 2017 in Gold).

- Sinnvoller Anbau von Zwischenfrüchten (z. B. keine Kreuzblütler, die zur Kohlhernievermehrung beitragen; beachten, dass Zwischenfrüchte Krankheiten übertragen können (vgl. z. B. *Bartsch* und *von Tiedemann* 2017)). Bei Zuckerrüben sollten in der Fruchtfolge nematodenresistente Ölrettichsorten angebaut werden.

Es sind auch Vorstellungen zum erneuten Mischanbau von Kulturen entwickelt worden, beispielsweise Mais-Stangenbohnen-Mischanbau zur Energie- und Futtergewinnung bzw. Weizen/Ackerbohnen, was durch die Düngeverordnung gefördert werden könnte (*Paul* 2017)

(<https://energiepflanzen.fnr.de/anbausysteme/mischfruchtanbau/mais-stangen-bohnen-mischanbau/>). Dies wäre auch insektenfreundlicher. Es gibt jedoch noch Zweifel, ob das tatsächlich effizient ist. In der Diskussion sind auch Untersaaten im Mais, die zu einer Bodenbedeckung bis zum nächsten Frühjahr führen (*dmk* 2017). Bodenbedeckung im Winter ist dabei nicht nur für den Bodenschutz förderlich, sondern auch für den Erhalt von Kleinlebewesen.

Henne und *Fromme* (2017a) befassen sich mit der Frage, wie Fruchtfolgen, in denen viel Durchwuchsraps und Ackerfuchsschwanz vorkommt sowie Stoppelweizenanbau (Weizen mit der Vorfrucht Weizen) üblich ist, geändert werden sollen. Dabei berücksichtigen sie auch die N-Restriktionen infolge der neuen Düngeverordnung und das mögliche künftige Ausfallen von bestimmten Pflanzenschutzmitteln. Sie schlagen die vierfeldrigen Fruchtfolgen

WG – (Scheinbestellung) Ra – WW – SW (= Sommerweizen) bzw.
WG – ZF, WW (frühreif) - ZF, Wechselweizen, Ra

vor und diskutieren die damit verbundenen ackerbaulichen und ökonomischen Probleme. Scheinbestellung bedeutet die Schaffung eines Saatbettes für Ausfallgetreide und keimbereite Unkräuter und -gräser sowie Gewährleistung einer guten Strohverteilung vom vorhergehenden Mähdrusch. Wechselweizen kann je nach Witterungsbedingungen im späten Herbst oder im zeitigen Frühjahr gesät werden. Er trägt damit, wenn erforderlich, zum Wechsel von Winterung und Sommerung bei. Die Zwischenfrucht sollte nicht winterhart sein und Wechselweizen wird in abgefrorenen Beständen zur Bestellung eingeschlitzt (*Henne* und *Fromme* 2017b). Weitere detailliertere Ausführungen sind u. a. auch im top agrar Ratgeber „Zukunft Ackerbau“ (2017) und bei *Dölger* und *Ilgen* (2018) zu finden.

Maßnahmen zur Auflockerung der Fruchtfolge führen generell dazu, dass sich die Anbaukonzentration bestimmender Kulturen (vor allem Weizen, Raps, Mais) vermindert, wodurch auch die Erregerpopulationen geringere Entwicklungschancen haben und, wie oben dargestellt, auch die N-Salden verringert werden. Das kann, muss aber nicht mit einer Verminderung der Erträge und der Deckungsbeiträge verbunden sein. Es kommt

deshalb insbesondere der Pflanzenzüchtung die Aufgabe zu, ertragsreiche und resistente Pflanzensorten zu züchten. Dabei dürften die neuen Zuchtmethoden wie CRISP/Cas usw. eine herausragende Bedeutung gewinnen.

Mit der Erweiterung der Fruchtfolgen im KLB würden sich KLB und ÖLB auch wieder annähern, was als Beitrag zu einem Dritten Weg der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft betrachtet werden kann.

Wie sieht die Situation gegenwärtig aus?

Von 2010 bis 2015 blieb laut „Statistischem Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2015“ der Getreideanbau mit etwa 6,5 Millionen ha LF nahezu konstant, Kartoffel- und Zuckerrübenanbau gingen leicht zurück, auch der Rapsanbau verminderte sich (um ca. 170.000 ha LF). Der Anbau von Silomais stieg hingegen um 300.000 ha LF an, bedingt durch die Biogaserzeugung, gleichzeitig sank der Feldgrasanbau um etwa 120.000 ha. Sowohl Leguminosen zur Grünernte (2015: 259.000 ha LF) als auch zur Körnergewinnung (2015: ca. 150.000 ha LF) stiegen in geringem Maße an. Bei 11,9 Millionen ha Ackerfläche sind das 3,4 %, zur Körnergewinnung nur 1,3 % der LF. Bedenkt man, dass der Leguminosenanbau im ÖLB höher ist, werden im KLB Leguminosen nur in sehr geringem Umfang angebaut. Von einer Auflockerung der Fruchtfolge kann deshalb kaum gesprochen werden, auch wenn sich bis 2016 die Körnerleguminosenfläche wegen des Greenings auch weiterhin leicht erhöht hat (und nach dem Verbot des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln wohl wieder zurückgehen wird, was sich auch negativ auf die Züchtung auswirkt (Sass u. Hartmann 2017)). Das bedeutet, dass im KLB Fruchtfolgen ohne bzw. mit nur sehr geringem Anteil an Leguminosen vorherrschen.

Wie aus Tabelle 19 und den nachfolgenden Korrelationsberechnungen folgt, ist es aber zur Senkung des N-Saldos zweckmäßig, Leguminosen und bestimmte Zwischenfrüchte anzubauen. Bei den vierfeldrigen Fruchtfolgen

- WW/AB/WG/Ra und
- WW/WG/ERB/Ra

würde der Anteil der Leguminosen auf 25 % ansteigen, bei der fünffeldrigen Fruchtfolge

- WW/AB/WG-ZF/WW/Ra

auf 20 %, d.h es handelt sich um Größenordnungen, mit denen in den Kapiteln 6.2 und 7 mit Blick auf das Jahr 2050 gerechnet worden ist.

In der Praxis stehen einem Übergang zu solchen und ähnlichen Fruchtfolgen im großen Stil bisher allerdings Hindernisse entgegen. Zu nennen sind neben den niedrigen Erträgen vor allem Ertragsschwankungen, Krankheiten und Unverträglichkeiten von Leguminosen mit sich selbst und untereinander sowie Fütterungsprobleme. Wenn die Ertragsschwankungen bei Leguminosen nach Schäfer (2017) bisher auch geringer sind als bei Raps und Winterroggen, so fallen sie doch wegen der niedrigeren Erträge stärker ins Gewicht, wenn sie als Proteinfuttermittel vorgesehen sind. Dabei ist außerdem zu beachten, dass es bei der Fütterung Grenzen gibt: