

KREISLAUFORIENTIERTE ÖKOLOGISCHE LANDWIRTSCHAFT

Handlungsempfehlungen für Landwirte und Berater Bd. I - IV



Pflanzenbau & Tierhaltung



Betriebswirtschaft



Vermarktung



Betriebsbeispiele

Bd. I: PFLANZENBAU & TIERHALTUNG

Karin Stein-Bachinger, Moritz Reckling, Artur Granstedt



Part financed by the European Union
(European Regional Development Fund
and European Neighbourhood and
Partnership Instrument)



BERAS *implementation*
Baltic Ecological Recycling
Agriculture and Society

Baltic ECOLOGICAL RECYCLING AGRICULTURE and Society

Im BERAS Implementation-Projekt (2010 – 2013) wurde ein Netzwerk aus landwirtschaftlichen Betrieben und sozialen Initiativen mit dem Ziel aufgebaut, durch enge Kooperation zwischen Landwirten und weiteren Akteuren im gesamten Lebensmittelsektor den ökologischen Zustand der Ostsee entscheidend zu verbessern. BERAS Implementation ist ein transnationales Projekt, das von der Europäischen Union und Norwegen kofinanziert wurde – "Baltic Sea Region Programme 2007 – 2013".

Die ökologische, kreislaforientierte Landwirtschaft (ERA, Ecological Recycling Agriculture) ist eine umweltschonende Form der Landbewirtschaftung, die sich auf lokale und erneuerbare Ressourcen stützt.

ERA-Landwirtschaft

- kann den **Stickstoffüberschuss** um mehr als 50 % **senken**
- **reduziert** den **Phosphorüberschuss** deutlich
- **verzichtet auf synthetische Pflanzenschutzmittel** und fördert die natürliche Kontrolle von Schädlingen durch vielseitige Fruchtfolgen
- **senkt den Ausstoß klimarelevanter Gase** durch geringen Einsatz externer Produktionsmittel
- **verbessert die Bodenfruchtbarkeit** durch verstärkten **Anbau von Leguminosen**
- **schützt die biologische Vielfalt**
- **fördert die Versorgung mit regionalen Produkten**
- **stärkt die Entwicklung der ländlichen Räume**

Ein **ERA**-Betrieb wirtschaftet gemäß der EU-Verordnung Ökologischer Landbau (EG Nr. 834/2007) und erfüllt weitere Kriterien:

Fruchtfolge:

mindestens 30 % Leguminosen

Ausgewogenes Verhältnis von Tierbestand und verfügbarer Fläche:

0,5 – 1,0 Großvieheinheiten (GV) pro ha

Hoher Selbstversorgungsgrad:

mindestens 80 % innerbetriebliche Futtererzeugung und Wirtschaftsdüngerbereitung

Verlustarmes Nährstoffmanagement:

innerhalb eines Betriebes bzw. bei Betriebskooperationen



Kreislaforientierte Ökologische Landwirtschaft

Handlungsempfehlungen für Landwirte
und Berater

Folgende Themengebiete werden behandelt:

Bd. 1	Pflanzenbau und Tierhaltung
Bd. 2	Betriebswirtschaft
Bd. 3	Vermarktung
Bd. 4	Betriebsbeispiele

Impressum

Herausgeber	Karin Stein-Bachinger, Moritz Reckling, Johannes Hufnagel, Artur Granstedt
Mitglieder der Guideline-Arbeitsgruppe	Artur Granstedt (SE), Karin Stein-Bachinger (GE), Henning Hervik (DK), Helle Reeder (SE), Jaroslaw Stalenga (PL), Wijnand Koker (SE), Moritz Reckling (GE), Johannes Hufnagel (GE). Die Arbeitsgruppe wurde von weiteren Projektpartnern und assoziierten Mitgliedern unterstützt.
Layout und Illustrationen	© 2013 Nikola Acuti, Berlin, www.gruenegrafik.de
Aus dem Englischen übersetzt von	Karin Stein-Bachinger, Magdalene Trapp, Dorett Berger, Maximilian Abensperg und Traun, Moritz Reckling, Johannes Hufnagel
Herstellung	Medialis Offsetdruck, Berlin

Grün markierte Texte beziehen sich auf Inhalte in anderen Kapiteln oder Büchern.

Die in dem Buch enthaltenen Angaben wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und mit größter Sorgfalt und Mithilfe von externen Experten überprüft. Dennoch sind Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie der Autoren.

Das Buch ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Die Inhalte können vervielfältigt und von anderen interessierten Nutzern verwendet werden. Der Hinweis auf die Autoren ist dabei obligatorisch.

Erste Ausgabe August 2013
ISBN 978-3-00-042440-3

Bezug über:
Kulturzentrum 13,
15391 Järna, Sweden
Tel. +46 (0) 8 551 577 99
E-Mail: info@beras.eu
<http://www.beras.eu>



Bd. 1 Pflanzenbau und Tierhaltung

	Inhalt
Vorwort.....	5
Maßnahmen zum Schutz der Ostsee.....	7
Bodenfruchtbarkeit.....	15
Fruchtfolge.....	27
Leguminosen.....	39
Wirtschaftsdünger.....	51
Tierhaltung.....	63
Pflanzenschutz.....	79
Phosphor.....	89
Betriebskooperationen.....	97
ERA Software Tools.....	107
Stickstoff-Saldo-Rechner.....	109
Leguminosen-Schätztrainer.....	115
ROTOR – Planung ökologischer Fruchtfolgen.....	123
Anhang.....	131
Literatur.....	131
Abkürzungsverzeichnis.....	134
Adressen der Herausgeber und Autoren.....	135
Projektpartner.....	136

Wassereinzugsgebiet der Ostsee



BERAS – in der Zukunft

Nach Abschluss des EU-Projektes BERAS Implementation im Jahr 2013 wurde gemeinsam mit den Projektpartnern eine Vereinbarung zur Weiterentwicklung des BERAS-Konzeptes und dessen Fortführung in der Ostseeregion unterzeichnet. Unser Wunsch ist es, die im Rahmen des Projektes erworbenen Kompetenzen und aufgebauten Netzwerke mit ähnlichen Initiativen in anderen Regionen der Welt zu teilen.

Vorwort

Der ökologische Zustand der Ostsee hat sich in den letzten Jahrzehnten trotz verschiedener Maßnahmen dramatisch verschlechtert. In dieser Situation kann „business as usual“ keine Option mehr sein. Ziel des BERAS-Projektes ist es, Maßnahmen zum nachhaltigen Schutz der Ostsee zu entwickeln und an praktischen Beispielen zu zeigen, wie durch eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten im Lebensmittelsektor – vom Landwirt bis zum Verbraucher – eine dauerhafte Verbesserung erreicht werden kann.

Das BERAS-Konzept wurde im Rahmen zweier länderübergreifender Projekte entwickelt (BERAS, 2003-2006 und BERAS-Implementation, 2010-2013) und von der EU und Norwegen kofinanziert (Baltic Sea Region Programme). Eine enge Zusammenarbeit zwischen allen neun Anrainerstaaten sowie Russland und Norwegen wurde aufgebaut. Beteiligt sind auch Behörden, Ministerien, Universitäten und Forschungsinstitutionen, Beratungsunternehmen, Finanzinstitute sowie Vertreter aus der Lebensmittelbranche.

Die Empfehlungen zur Umsetzung einer ökologisch, kreislaforientierten Landwirtschaft (Ecological Recycling Agriculture, ERA) beruhen auf langjährigen Forschungsarbeiten und Studien. Die Ergebnisse zeigen, dass eine deutliche Verringerung der Nährstoffausträge auf Betriebsebene erreicht werden kann, verbunden mit positiven Effekten auf die Bodenfruchtbarkeit, das Klima und die biologische Vielfalt. Das Netzwerk ‚Nachhaltiger Lebensmittelgemeinschaften‘ (Sustainable Food Societies, SFS) im Verbund mit ERA-Betrieben und weiteren Akteuren im Lebensmittelsektor soll der Wissensvermittlung dienen sowie Impulse zur Nachahmung geben. Mit dem Konzept ‚Bewusste Ernährung für eine saubere Ostsee‘ profitiert nicht nur die Ostsee von nachhaltiger Produktion und Vermarktung, auch die Wirtschaft ganzer Regionen wird dadurch entscheidend gefördert.

Die Handlungsempfehlungen sind das Ergebnis der länderübergreifenden Zusammenarbeit von Landwirten, Beratern und Wissenschaftlern und richten sich vorrangig an die Praxis. Wir hoffen, dass konventionell wirtschaftende Landwirte ermutigt werden, auf ERA-Landwirtschaft umzustellen und andererseits auch Ökolandwirte Anleitung und Unterstützung finden zur Optimierung des betrieblichen Nährstoffmanagements.

Wir möchten allen beteiligten Autoren für ihr großes Engagement während der Erarbeitung dieser Empfehlungen ganz herzlich danken! Ein besonderes Dankeschön geht an Frau Dr. Karin Stein-Bachinger vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung in Deutschland für die Gesamtkoordination der Handlungsempfehlungen.

Artur Granstedt
Prof. Dr.
Projektkoordinator

Jostein Hertwig
Rechtsanwalt
Leiter des BERAS Sekretariats

Die Stabilität unseres
Ökosystems steht auf dem
Spiel

BERAS – Hintergrund und
Ziele

Handlungsempfehlungen
für Landwirte und Berater



MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ DER OSTSEE

Artur Granstedt und Karin Stein-Bachinger

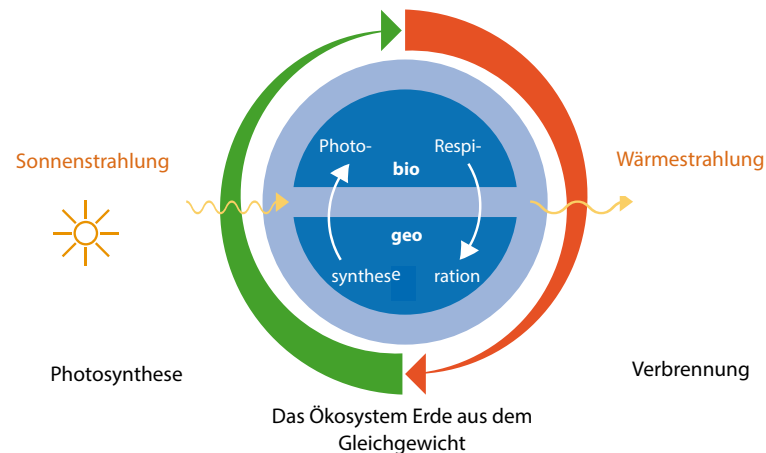
Ziele	8
Die ökologische Situation der Ostsee	9
Gegenwärtige Situation in der Landwirtschaft	10
Zukunftsszenarien	12
Prinzipien einer ökologisch, kreislaforientierten Landwirtschaft (ERA)	13
Betriebsbeispiel - Nährstoffkreisläufe	14

Ziele

Globale Aspekte

Die Energie der Sonne, die Kreisläufe von Nährstoffen und organischen Substanzen und die Vielfalt lebender Organismen mit ihren Interaktionen geben uns die Luft, die wir atmen, das Wasser, das wir trinken und die Lebensmittel, die wir essen. Geburt und Tod gehen nahtlos ineinander über. In einem ausgeglichenen Ökosystem sind Auf- und Abbau komplexer organischer Substanzen durch die Photosynthese der grünen Pflanzen und die Rezyklierung abgestorbener Bestandteile im Gleichgewicht. Unsere Zukunft ist nun in Gefahr, weil der Abbau von organischem Material und das Verbrennen von fossilen Energieträgern die Syntheseleistung der grünen Pflanzen übersteigt [24, 1].

Grundlegende ökologische Zusammenhänge [24, vgl. 1] Energieflüsse, Kreisläufe und Biodiversität



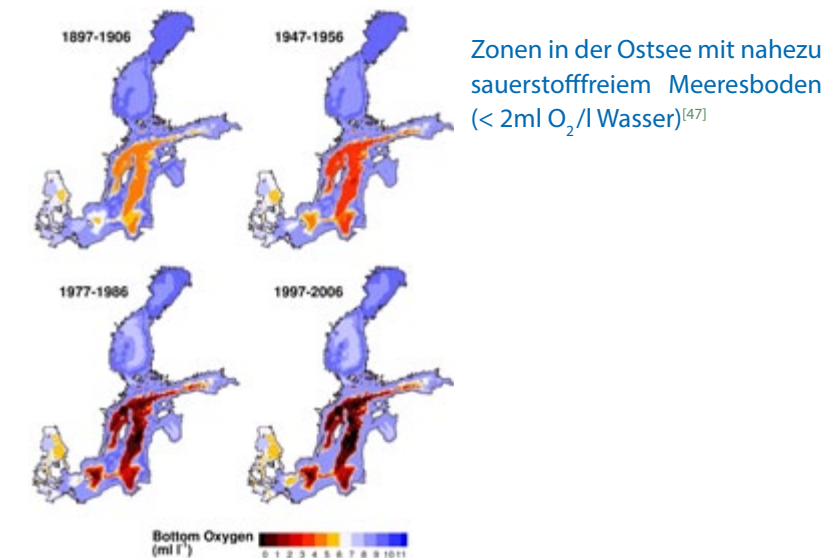
Was können wir tun?

Ohne Umsetzung des Kreislaufgedankens in der Landwirtschaft und in anderen Lebensbereichen werden nicht erneuerbare Ressourcen ausgebeutet und in die Umwelt entsorgt, was zu einer immer stärkeren Umweltverschmutzung führt. Die Herausforderungen unserer heutigen Zeit sind die global immer größer werdenden Überschüsse an Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre sowie regionale Überschüsse an Stickstoff und Phosphor in den Böden zusammen mit steigenden Anteilen giftiger Chemikalien.

Eine ökologische Landwirtschaft und eine Veränderung unserer Lebensgewohnheiten können helfen, diese Herausforderungen zu bewältigen – aber wir müssen jetzt handeln! Das Ziel des Projektes BERAS Implementation liegt darin, Aktivitäten innerhalb des landwirtschaftlichen Sektors zu fördern, die das ökologische Gleichgewicht wiederherstellen. Durch die Umstellung auf ERA-Landwirtschaft unter Einbeziehung der gesamten Lebensmittelkette - vom Landwirt bis zu Verbraucher - kann diesem Problem aktiv begegnet werden.

Die ökologische Situation der Ostsee

Die Ostsee ist ein einzigartiges Meer. Der Austrag von Stickstoff und Phosphor durch Auswaschung und Erosion ist eine der Hauptursachen für die Eutrophierung von Fließgewässern, Seen und schließlich der Ostsee. Dort fördern sie das Algenwachstum, was zu der sogenannten Algenblüte führt. Wenn die Algen im Herbst absterben, verbraucht der Zersetzungsprozess den gelösten Sauerstoff im Wasser. Durch den Abbau des Sauerstoffs im Wasser werden Lebewesen gefördert, die Schwefelwasserstoffe freisetzen, was viele Fische und andere Wasserlebewesen tötet. So entstehen tote Zonen in der Ostsee, die sich jedes Jahr weiter ausbreiten. Schwefelwasserstoffe entstehen in riesigen Gebieten – auf fast 70.000 km² [1].



Das Wassereinzugsgebiet der Ostsee umfasst 1,7 Mill. km², eine Fläche, die fast viermal so groß ist wie die Ostsee selbst. Den größten Anteil haben Schweden (25 %), Finnland (19 %), Polen (18 %) und Russland (17 %), während Weißrussland (5 %), Lettland (4 %), Litauen (4 %), Estland (3 %), Dänemark (2 %), Deutschland (2 %), Norwegen (1 %) und die Ukraine (1 %) nur geringe Anteile aufweisen. Insgesamt leben 85 Mio. Menschen in dieser Region. Das Gebiet umfasst 160 Mio. ha, davon sind 30 Mio. Ackerland. Die Landwirtschaft ist für etwa 50 % der Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Ostsee verantwortlich.

Seit drei Jahrzehnten wurden im Rahmen der „Helsinki Kommission“ (HELCOM) Aktivitäten initiiert, um die Meeresumwelt der Ostsee vor Schadstoffeinträgen aller Art zu schützen. Zu diesem Zwecke haben sich alle Ostseeanrainerstaaten zusammengeschlossen. Das Ziel des HELCOM Baltic Sea Action Planes ist die Wiederherstellung eines guten ökologischen Zustands der Ostsee bis zum Jahr 2021 (www.helcom.fi) (s. [1] S. 49).

Wassereinzugsgebiet

HELCOM

Gegenwärtige Situation in der Landwirtschaft

In Schweden dominieren spezialisierte Ackerbaubetriebe auf den fruchtbaren Ebenen des Landes. In diesen Betrieben werden durchschnittlich 150 kg Stickstoff (N) pro Hektar und Jahr gedüngt. Dies erfolgt größtenteils durch den Zukauf von Handelsdüngern, die mit Hilfe fossiler Energie hergestellt werden (etwa 1 kg Erdöl pro kg N plus zusätzliche Treibhausgas-Emissionen, die beim Haber-Bosch-Verfahren entstehen). Der Stickstoffentzug durch die Kulturpflanzen beträgt im Mittel 100 kg N/ha, während die verbleibenden ca. 50 kg N/ha und Jahr die Umwelt belasten. Die folgende Abbildung beruht auf offiziellen Statistiken des schwedischen Untersuchungsprogramms zur Verbesserung des Nährstoffmanagements „greppa näringen“, das mehr als 1.000 Betriebe umfasst ^[1, 2].

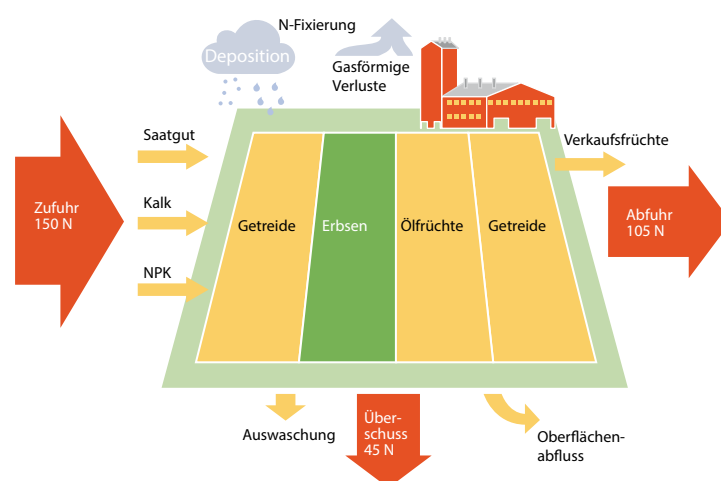
Die größten Stickstoff- und Phosphoraussträge, die in die Ostsee gelangen, stammen jedoch nicht von spezialisierten Ackerbaubetrieben. Dennoch sind diese Betriebe ein wichtiger Teil des Gesamtsystems, da der größte Teil der in diesen Betrieben erzeugten Produkte über die Futtermittelindustrie an spezialisierte Tierhaltungsbetriebe verkauft wird. Somit entstehen in den Tierbetrieben hohe Nährstoffüberschüsse, die über die Luft und durch Auswaschung dem Betrieb verloren gehen (bis zu 130 kg N/ha) ^[1, 2].

Der spezialisierte Ackerbaubetrieb ist auf den jährlichen Zukauf von mineralischen Düngemitteln (Stickstoff, Phosphor und Kalium) angewiesen, um die Exporte zu kompensieren. Wie in der Abbildung dargestellt, wird vor allem Getreide produziert. Ungefähr 80 % der gesamten Getreideproduktion wird über die Futterindustrie an spezialisierte Tierbetriebe verkauft.

Spezialisierte Ackerbaubetrieb ^[1]

Input, Output und Stickstoffüberschüsse (kg/ha und Jahr)

Mittelwert: 563 Betriebe 2001 - 2006, Daten des Swedish board of agriculture report 2008: 25



Tierhaltende Betriebe befinden sich vor allem in Südschweden, Dänemark und Zentral-West-Finnland. Diese Betriebe erzeugen etwa zwei- bis dreimal mehr Tiere, als dies mit dem Futter von den eigenen Flächen möglich wäre. Dies führt zu einem Wirtschaftsdüngeranfall, der deutlich über dem Nährstoffbedarf der betriebseigenen Flächen liegt. Futtermittel aus den spezialisierten Ackerbaubetrieben werden zu den immer weniger aber immer intensiver wirtschaftenden Tierbetrieben transportiert. Dort entstehen Überschüsse, die schließlich die Umwelt belasten (ein linearer Fluss).

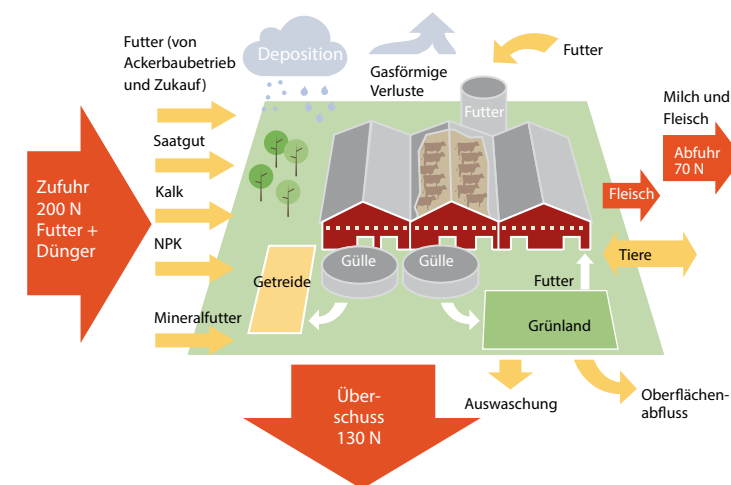
Ein Teil der Futtermittel wird zusätzlich aus dem Ausland importiert – mit schwerwiegenden Umweltfolgen, wie die Abholzung von Primärwäldern, um mehr Soja und Palmöl produzieren zu können. Tierbetriebe mit Grünland kaufen zusätzlich mineralische Düngemittel, obwohl bereits ein Überschuss an tierischem Dünger vorhanden ist.

Die Daten von 701 Betrieben ^[1, 2], dargestellt in der folgenden Graphik, verdeutlichen, dass Milchviehbetriebe durchschnittlich einen Überschuss von 130 kg N und 3 kg P pro ha und Jahr aufweisen. Die zunehmende Tierkonzentration bewirkt einen steigenden Stickstoff- und Phosphor-Überschuss. Diese intensiven Tierhaltungsbetriebe sind verantwortlich für einen Großteil der landwirtschaftlich bedingten Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Ostsee.

Spezialisierte Tierhaltungsbetrieb ^[1]

Input, Output und Überschuss an Stickstoff (kg/ha und Jahr)

Mittelwert: 701 Milchviehbetriebe 2000-2006, Daten des Swedish board of agriculture report 2008: 25



Zukunftsszenarien

Wenn die Landwirtschaft in den neuen EU-Mitgliedsstaaten Estland, Lettland, Litauen und Polen den gleichen Nährstoffüberschuss erreichen würden wie Schweden, Finnland und Dänemark, würde die gesamte Nährstoffbelastung der Ostsee um mehr als 50 % ansteigen ^[2, 3]. Dauerfeldversuche und die Bewertung von Nährstoffflüssen auf Betriebsebene zeigen, wie die Bodenfruchtbarkeit und die natürliche Produktionsfähigkeit durch eine hochproduktive, moderne, ökologisch, kreislaforientierte Landwirtschaft (Ecological Recycling Agriculture - ERA) basierend auf lokalen und erneuerbaren Ressourcen gesteigert werden kann. Wichtig dabei ist, alle Akteure im Bereich der Lebensmittelproduktion und Vermarktung, vom Landwirt bis zum Verbraucher, mit ins Boot zu nehmen ^[1].

Effekte einer ERA-Landwirtschaft

ERA-Landwirtschaft kann die Stickstoffüberschüsse um mehr als 50 % verringern und verursacht weniger Treibhausgasemissionen im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft ^{2,3]}. Außerdem entstehen so gut wie keine Phosphorverluste. Der Eintrag chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel wird vollständig unterbunden. Die geringe Zufuhr von externen Betriebsmitteln führt zu verringerten Treibhausgasemissionen. Zusätzliche Verbesserungen der Bodenfruchtbarkeit, der Qualität der Lebensmittel und in Bezug auf die Artenvielfalt sind ebenfalls belegt ^[1,3,12,50].

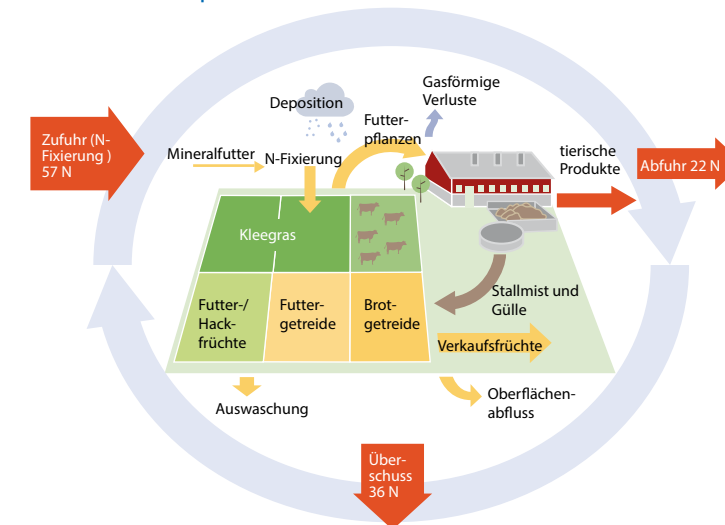
Eine ökologisch, kreislaforientierte Landwirtschaft bedeutet nicht, dass wir uns der Illusion einer Landwirtschaft vor 100 Jahren, wie sie auf idyllischen Fotos dargestellt wird, hingeben. ERA bedeutet vielmehr, dass mit den neuesten technischen und wissenschaftlichen Kenntnissen eine Landbewirtschaftung betrieben wird, mit der auch ein intaktes Ökosystem erhalten werden kann. Gleichzeitig sollte deutlich werden, dass jeder dazu beitragen kann, dass dies in Zukunft möglich wird.



Prinzipien einer ökologisch, kreislaforientierten Landwirtschaft (ERA)

ERA-Landwirtschaft basiert auf den Grundprinzipien der ökologischen Landwirtschaft mit vielfältigen Fruchtfolgen und hohem Anteil an Stickstoff-fixierenden Leguminosen, wie Klee gras, diversen Futterpflanzen sowie Marktfrüchten zum Verkauf. Ein ausgewogenes Verhältnis von Tierbestand und verfügbarer Fläche sind wesentliche Merkmale, d.h. innerhalb eines Betriebes oder bei Kooperationen zwischen Nachbarbetrieben werden nur so viele Tiere gehalten, wie eigenes Futter erzeugt wird. Maximal 20 % des Futters kann zugekauft werden, um das Ziel, 50 % geringere Stickstoffverluste pro ha, verglichen mit dem Durchschnitt bei konventioneller Bewirtschaftung, zu erreichen ^[1].

Schematische Darstellung eines ökologischen Betriebes nach ERA-Prinzipien ^[1]



Der innere Kreislauf zeigt die wesentlichen Nährstoffflüsse zwischen Boden, Stall und Kulturpflanzen ^[1]. Das Kernelement der Fruchtfolge sind die Leguminosen, z.B. im Feldfutterbau. Als humusmehrnde Kulturpflanzen sichern sie eine nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und Stickstoffversorgung für die Folgefrüchte. Außerdem wirken sie positiv aus Pflanzenschutzsicht. Ein großer Teil der Ernteprodukte dient als Tierfutter. Auf ERA-Betrieben spielen Wiederkäuer (Tierhaltung) eine sehr wichtige Rolle, da sie Cellulose verdauen können und damit Pflanzen fressen, die nicht für die menschliche Ernährung geeignet sind. Der Wirtschaftsdünger wird dem Boden zurückgeführt und trägt zur Bodenfruchtbarkeit bei.

Betriebsbeispiel - Nährstoffkreisläufe

Anhand dieses Beispiels werden das Anbauverhältnis, die Fruchtfolge und die Anzahl der Tiere und Tierarten auf dem biologisch-dynamischen Versuchsbetrieb Skilleby in Järna, Schweden, der repräsentativ für ERA-Betriebe ist, erläutert [2, 3].

Die Anzahl an Tieren ist an die Futtermenge, die im Betrieb erzeugt werden kann, angepasst (0,6 Großvieheinheiten pro ha). Dieser Tieranteil entspricht dem der allgemeinen Landwirtschaft und steht im Zusammenhang mit dem Verzehr an tierischen Produkten in Europa (2/3 des Proteinverbrauchs). Im Betrieb werden Wiederkäuer gehalten. Der Rest der Ackerflächen (16 %) dient der Erzeugung von Marktfrüchten, vor allem Brotgetreide und Gemüse.

Zu berücksichtigen ist, dass der Stallmist auf diesem Betrieb auch für die Biogas-Produktion genutzt wird und zwar in einer zweistufigen Biogasanlage, bevor er als Dünger wiederverwertet wird. Das Substrat für die Biogasproduktion kann auch ökologische Abfälle von Großküchen beinhalten, so dass der Anteil an wiederverwerteten Nährstoffen erhöht wird.

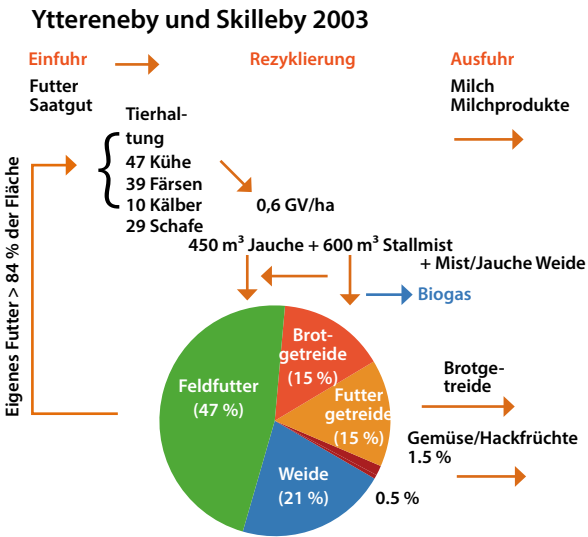
Modellbetrieb

Beispiel für eine kreislaufforientierte ökologische Landwirtschaft/ ERA

Der Betrieb Yttereneby – Skilleby in Järna, Schweden

Auf 84 % der Flächen werden Futterpflanzen und auf 16 % Verkaufsfrüchte angebaut. Die Tierdichte beträgt 0,6 GVE/ha [1].

Ackerland	ha		Fruchtfolge
Fruchtfolge	106	Year	1 Sommergetreide mit Untersaat
Weide	29		2 Klee gras 1
Gemüse -			3 Klee gras 2
Hackfrüchte	2		4 Klee gras 3
Gesamt	137		5 Wintergetreide
Dauergrünland	25		



BODENFRUCHTBARKEIT

Karin Stein-Bachinger

Bedeutung	16
Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit	17
Funktionen und Vorteile der organischen Bodensubstanz	18
Erhalt und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit	20
Kontrolle der Bodenfruchtbarkeit	22
Humusbilanzierung	24
Nährstoffbilanzierung	25

Bedeutung

Globale Aspekte

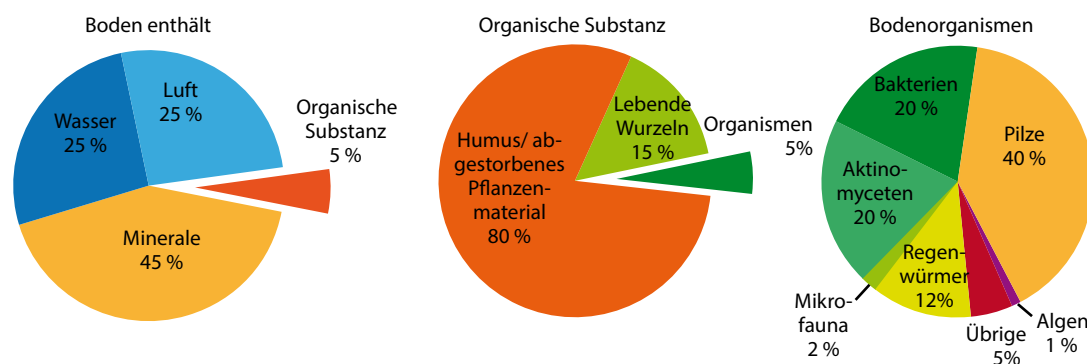
Der Boden stellt die Grundlage für das Leben dar und ist ein einzigartiges und komplexes System, das aus unzähligen lebenden Organismen besteht. Wesentliche Bestandteile sind die organische Substanz, Mineralstoffe, Wasser und Luft, die in ständigem Auf- und Abbau die Stoffwechselprozesse aufrechterhalten. Nur etwa 11 % (1,5 Milliarden ha) der weltweiten Landoberfläche (13,4 Milliarden ha) ist ackerbaulich nutzbar und kann zur Erzeugung von Lebensmitteln verwendet werden^[34]. Darüber hinaus trägt Dauergrünland zur Grundfutterproduktion (**Tierhaltung**) bei. Um den zukünftigen Bedarf an Lebensmitteln für eine wachsende Bevölkerung sicherzustellen, sind der Erhalt und die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit als Grundlage für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion unerlässlich.

Landwirtschaftliche Systeme mit einem hohen Anteil an Monokulturen aus einjährigen Kulturpflanzen, Überweidung und die intensive Anwendung von schädigenden Chemikalien führen zur Verschlechterung bzw. zum Rückgang an fruchtbaren Böden. Um den Verlust von Acker- und Grünland auszugleichen, werden große Waldflächen abgeholzt. Dies ist eine der größten Ursachen für die steigenden Treibhausgasemissionen, die zur globalen Erderwärmung beitragen.

Multifunktionalität

Zusätzlich zu den Funktionen des Bodens als natürlicher Lebensraum und Nährstoffquelle spielt die Bodenfruchtbarkeit für den Wasserschutz eine wesentliche Rolle. Außerdem hat der Boden die Fähigkeit, Kohlenstoff zu speichern und somit die Treibhausgasemissionen zu mindern. Eine Landbewirtschaftung entsprechend der ERA Prinzipien^[1] trägt zum Erhalt unserer wichtigsten Ressource, dem Boden und somit auch zur Erfüllung vieler wichtiger Funktionen und Ökosystemleistungen bei.

Der Boden als komplexes Ökosystem^[35]



Eine Handvoll Erde enthält mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde leben! Beim genauen Hinschauen entdeckt man im Boden eine riesige Vielfalt an Organismen, z.B. Bakterien, Pilze, Regenwürmer etc., die von organischer Substanz oder anderen Bodenorganismen leben und eine Reihe lebenswichtiger Prozesse steuern. Bestimmte Organismen sind an der Umwandlung anorganischer Substanzen beteiligt^[35].

Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit

Bodenfruchtbarkeit kann man nicht kaufen. Sie entsteht durch eine Vielzahl biologischer Auf- und Abbauprozesse. Natürliche Ökosysteme sind durch die Aktivitäten verschiedenster Organismen entstanden, die zum Aufbau der organischen Substanz im Boden (OBS) beitragen. Innerhalb dieser Prozesse sind die Fixierung von Kohlenstoff und Stickstoff sehr wichtige Aspekte. Rückführung und Anreicherung organischer Substanzen durch Pflanzenrückstände und die Zersetzung der organischen Reste zusammen mit einem hohen Anteil an bodenbildenden Lebewesen, sind der Schlüssel zum Leben^[35,36].

In einem stark durch den Menschen geprägten Ökosystem ist es sehr wichtig, die Fähigkeit der Böden zur Humusbildung aufrecht zu erhalten, um dem Verlust an Bodenfruchtbarkeit vorzubeugen. Im Wesentlichen bedeutet dies, dass ein ausreichender Anteil an mehrjährigen, humusaufbauenden Fruchtarten angebaut werden muss, um die Stickstoff- und Kohlenstofffixierung sicherzustellen. In ERA-Betrieben sollte etwa ein Drittel der **Fruchtfolge** aus mehrjährigen Pflanzen wie Klee gras bestehen, um einerseits dem Abbau von organischer Substanz entgegenzuwirken und andererseits, um ausreichend Stickstoff für die Folgefrüchte zur Verfügung zu stellen (**Leguminosen**).

Der langfristige Erhalt der Bodenfruchtbarkeit hängt von allen betrieblichen Entscheidungen ab, vor allem von der **Fruchtfolge**, Bodenbearbeitung, **Tierhaltung** und der Verwendung des **Wirtschaftsdüngers** im Zusammenhang mit der innerbetrieblichen Futtererzeugung.

Die **organische Substanz** umfasst alle toten Pflanzen, tierische und mikrobielle Bestandteile in und auf dem Boden, sowie ihre Umwandlungsprodukte, Ausscheidungen etc. Humus ist das Endprodukt des Zersetzungsprozesses durch die Bodenorganismen (Humifizierung). Er hat eine schwarze oder dunkelbraune Farbe wegen des hohen Anteils an organischem Kohlenstoff. Bis zu 80 % der organischen Substanz besteht aus stabilem Dauerhumus, etwa 20 % können umgesetzt werden. Eine Humuszunahme führt zur Kohlenstoff-Anreicherung, eine Abnahme zur CO₂-Abgabe in die Atmosphäre. Tote und lebende organische Substanz wird als C_{org} (in %) analysiert.

Der **Humusgehalt** wird durch die Multiplikation des C_{org}-Gehaltes mit dem Faktor 1,7 berechnet.

Der Humusgehalt in Mineralböden beträgt etwa 58 % C:

1 % C = 1,7 % Humus

1 % C = 45 t C/ha = 80 t Humus/ha im Oberboden (0-20 cm)

C/N Verhältnis von 10 : 1 = 4.500 kg N/ha



Funktionen und Vorteile der organischen Bodensubstanz

Charakteristisch für fruchtbare Böden ist ihre nachhaltige Produktivität, was besonders für die Landwirtschaft von Bedeutung ist. Hinzu kommt ihre hohe Selbstregulationsfähigkeit, z.B. gegen Schaderreger. Fruchtbare Böden versorgen uns mit sauberem Grundwasser, dienen als Filter, Puffer und Speicher von Schadstoffen, speichern Nährstoffe und Kohlenstoff.

Der bekannte Leitsatz seit Beginn des Ökolandbaus in den 1920er Jahren „Gesunder Böden – gesunde Pflanzen – gesunde Tiere – gesunde Menschen“ verdeutlicht, dass alles miteinander zusammenhängt ^[36].

Humus stellt die Grundlage für die kontinuierlichen Aufbau- und Abbauprozesse dar und beeinflusst die physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften. Für ERA-Betriebe ist das Gleichgewicht dieser Prozesse ein Schlüsselement für eine nachhaltige Produktion.

Organische Substanz und Humus führen zur ^[9]

- Verbesserung von Bodenleben und Bodenstruktur
- Versorgung des Bodens und der Bodenorganismen u.a. mit Nährstoffen
- Steigerung der Wasserhaltefähigkeit
- Verbesserung der Luft- und Wasserdurchlässigkeit sowie Krümelbildung auf schweren Böden
- Verhinderung der Nährstoffauswaschung
- Verringerung der Bodenerosion
- Verbesserung des Pflanzenwachstums im Frühjahr durch eine schnellere Erwärmung des Bodens
- Energieeinsparung durch leichtere Bodenbearbeitung
- Klimaverbesserung als CO₂ Senke.

CO₂ Anreicherungs-fähigkeit

Berechnungen ^[15] zeigen, dass eine Kohlenstoffanreicherung im Boden von bis zu 500 kg C/ha und Jahr möglich ist, je nach Ausgangsgehalt und Anteil von Leguminosen-Grasgemengen und anderen humusmehrenden Früchten in der Fruchtfolge. Dies entspricht ca. 1,5 bis 2,0 t CO₂/ha und Jahr.

Der Humusgehalt des Bodens ist durch den organischen Kohlenstoff (C_{org}) und Stickstoff (N_{org}) gekennzeichnet. Ihr Verhältnis sagt etwas über die Humusqualität aus (Wirtschaftsdünger). Das C/N-Verhältnis in Böden beträgt zwischen 10-12:1. Der Humusgehalt kann nur in einem bestimmten Bereich ansteigen, z.B. kann es 40 – 60 Jahre dauern, um den Kohlenstoffgehalt im Oberboden um 1 % zu erhöhen ^[25]. Ackerböden enthalten 0,6 – 4,0 % Kohlenstoff. Im Rahmen der Cross Compliance Richtlinien (Daten aus Deutschland) ist auf verschiedenen Böden ein Mindest-Humusgehalt notwendig, der alle sechs Jahre kontrolliert werden sollte ^[18]:

Tonanteil < 13 %: 1 % Humus (= 0,6 % C)

Tonanteil > 13 %: 1,5 % Humus (= 0,9 % C)

Tonanteil > 25 %: > 2 % Humus (= 1,2 % C)

Frische, abgestorbene Pflanzenreste weisen ein höheres C/N-Verhältnis auf, der Abbauprozess führt zu einem geringeren C/N-Verhältnis. Organische Bestandteile (von Pflanzen oder Stallmist), die flach in den Boden eingearbeitet oder an dessen Oberfläche belassen werden, füttern die Bodenorganismen und erhöhen die Durchlüftung und die Aktivität der Lebewesen. Dadurch werden Nährstoffe mobilisiert, so dass diese für die angebauten Fruchtarten verfügbar werden.

Die Aktivität der Bodenorganismen beschleunigt Verwitterungsprozesse, die ihrerseits die Mineralisation beeinflussen. Eine kurze Vegetationsperiode, hohe Niederschläge und Trockenperioden führen zu einer geringeren Mineralisationsrate. Bodenbearbeitung und Kalkung von sauren Böden erhöhen die Aktivität der Bakterien und können zu einem Abbau von Humus führen. Fruchtfolgen mit Leguminosen erhalten ein ausgewogenes, mikrobielles Gleichgewicht und verbessern somit die Bodenfruchtbarkeit ^[9].

Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen enthält der Oberboden etwa 60 – 90 t Humus pro ha. Das entspricht ungefähr 3000 – 6000 kg N pro Hektar. Bei günstigen Temperaturen und ausreichender Bodenfeuchtigkeit können 1 – 3 % des organischen Stickstoffs zusammen mit anderen Nährstoffen wie Phosphor, Schwefel und wichtigen Spurenelementen, die in der organischen Substanz des Bodens gebunden sind, durch die Mineralisation für die Pflanzen verfügbar gemacht werden ^[27].

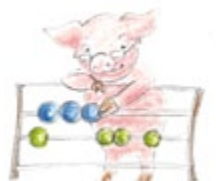
Humusgehalt von:		Mineralisation von:
1,5 %	→	20 - 40 kg N/ha
3,0 %	→	40 - 80 kg N/ha



Humusgehalt und -qualität



Rechenbeispiel





Erhalt und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit

Empfehlungen

Alle Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie die Art der **Fruchtfolge** und Bodenbearbeitung, **Tierhaltung** und die Nutzung des **Wirtschaftsdüngers**, beeinflussen die Bodenfruchtbarkeit langfristig. Positive Effekte können erreicht werden durch ^[19,9]:

- Eine gute **Fruchtfolge**planung mit mindestens 30 % **Leguminosen-Gras-Gemengen** als wichtigste humusmehrende Kulturen. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen humuszehrenden und -mehrenden Fruchtarten ist nötig.
Für die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit ist der Wurzeltiefgang der Pflanzen von besonderer Bedeutung. Einjährige Kulturen wie Getreide können eine Durchwurzelungstiefe von bis zu 1,5 m erreichen, während mehrjährige Luzerne bis 4 m tief wurzeln kann. Wurzelhaare haben für die Pflanzen einen erheblichen Einfluss auf die räumliche Verfügbarkeit von Kalium und anderen essenziellen Nährstoffen ^[37].
- Die Bereitstellung von organischer Substanz durch Gründüngung (z.B. Zwischenfrüchte) und **Wirtschaftsdünger** (Mist, Gülle, Kompost). Ernteabfälle (Stoppeln, Stroh) und Wurzeln haben ebenfalls eine positive Wirkung.
- Eine gleichmäßige Verteilung und Aufnahme von Pflanzenresten und Wirtschaftsdüngern.
- Eine kontinuierliche Vegetationsdecke, um Erosion und Nährstoffauswaschungen zu vermeiden.
- Minimierung der Bodenbearbeitung. Intensive, wendende Bodenbearbeitung kann den Humusgehalt wesentlich reduzieren.
- Vermeidung von Bodenverdichtungen. Die mikrobielle Aktivität wird durch einen durchlüfteten Boden mit wasserdurchlässigen Poren verbessert, was wiederum positiv ist für die Pflanzengesundheit, Durchwurzelungstiefe und -intensität sowie die Nährstoffaufnahme.
- Die Sicherstellung eines ausreichenden Kalkangebotes, das die Voraussetzung für die Stabilität des Oberbodens und die Nährstoffversorgung ist. Bei niedrigen pH-Werten ist die mikrobielle Aktivität verringert, was sich in geringeren Zersetzungsraten und Nährstofffreisetzungen äußert, Phosphor- und Molybdänmangel können auftreten. Der optimale pH-Wert für die meisten Fruchtarten liegt zwischen 6,0 und 7,0. Leguminosen reagieren besonders empfindlich auf Säure, während Kartoffeln in leicht sauren Böden sehr gut gedeihen. Bei einem pH-Wert > 7 nimmt die Verfügbarkeit von Phosphor ab.

Quelle: verändert nach Kutschera, Wurzelatlas (1960)



Regenwürmer ^[51]

Regenwürmer spielen zusammen mit anderen Bodenlebewesen eine einzigartige Rolle für die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Mit einer Lebenserwartung von bis zu 8 Jahren können sie an die 100 t Wurmlosung pro ha und Jahr produzieren. Das entspricht einer Bodenzunahme von 0,5 cm auf Ackerflächen und 1,5 cm auf Grünland. Dieses Material enthält 5-mal mehr N, 7-mal mehr P und 11-mal mehr K als der umgebende Boden. Die intensive Durchmischung mit anderen Bodenbestandteilen sowie die Schleimabsonderung der Regenwürmer ergibt ein stabiles Krümelgefüge. Dies wirkt wiederum positiv auf die Durchlüftung und die Wasser- und Nährstoffhaltefähigkeit und erleichtert die Bodenbearbeitung.

Auf Ackerböden arbeiten Regenwürmer bis zu 6 t totes organisches Material pro ha und Jahr in den Boden ein. Gleichzeitig transportieren sie Bodenmaterial aus dem Unterboden in den Oberboden. Bis zu 90 % der Regenwurmgänge werden von Pflanzenwurzeln besiedelt. Diese können so ohne größeren Widerstand in tiefere Bodenschichten vordringen. Intensive Bodenbearbeitung verringert die Anzahl an Regenwurmängen, was zu einem geringeren Humusgehalt führt. Besonders rotierende Maschinen können Regenwurmverluste von bis zu 70 % verursachen ^[35,51].

Kulturpflanzen und ihre Wirkungen auf den Humusgehalt ^[25,38]

Beachten Sie!

Negative Auswirkungen (humuszehrend)			Positive Auswirkungen (humusmehrend)		
---	--	-	+	++	+++
Zuckerrüben Kartoffeln Gemüse	Mais Gemüse	Getreide Ölpflanzen	Körner- leguminosen Stoppelsaaten Leguminosen- Gras-Gemenge im Herbst gesät	Winterzwischen- früchte Leguminosen- Gras-Gemenge im Frühjahr als Untersaat	Mehrjährige Leguminosen Leguminosen- Gras-Gemenge

Auswirkungen ackerbaulicher Maßnahmen auf die Kohlenstoff-Bindung in Böden ^[15]

Maßnahme	C-Bindung/Reduktion (t/ha und Jahr)
Umwandlung von Ackerland in Grünland, begrünte Dauerbrachen	> 1,0
Anbau mehrjähriger Leguminosen/-Grasgemenge	0,6 bis > 1,0
Organische Düngung (Stallmist, Gärreste, Kompost)	> 0,5
Reduzierte Bodenbearbeitung	0 bis 0,25
Umwandlung von Grünland/Brache in Ackerland	> -1,0
Anbau von Silomais	-0,4 bis -0,8

Kontrolle der Bodenfruchtbarkeit

Für den Landwirt gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Bewertung der Bodenfruchtbarkeit. Aufgrund der vielfältigen, dynamischen Prozesse im Boden ist eine Kombination aus verschiedenen Methoden zu empfehlen: Optische Bewertung durch das Anschauen der Felder, analytische Methoden und Humus- bzw. Stickstoffbilanzen ^[25, 36, 38, 39].

a) Optische Bewertung

- Gesunde Pflanzen sind ein Indikator für gute Bodenverhältnisse.
- Kräuter wie Disteln und Kamille sind Anzeiger für Bodenverdichtung.
- Struktur der Bodenoberfläche: Ein fruchtbarer Boden weist runde Bodenpartikel und kleine Löcher (z.B. durch Regenwurmaktivität) auf im Gegensatz zu Erosionsanzeichen.
- Einarbeitung abgestorbener Pflanzenteile: Wenn z.B. Stroh für mehrere Monate auf der Oberfläche liegen bleibt, sind die Bodenorganismen nicht aktiv.
- Ein fruchtbarer Boden riecht angenehm und fühlt sich gut an (Fingerprobe).
- Bei längeren Niederschlagsperioden sowie im Frühjahr kann anhand des Pflanzenwachstums gesehen werden, wo eine eingeschränkte N-Mineralisierung vorliegt. Bodenverdichtung, schlechte Wasserleitfähigkeit und Vernässung können Stickstoffmangel verursachen, was zu Ertragseinbußen führt.

b) Optische Bewertung mit kostengünstigen Messgeräten

- Die Spatendiagnose ^[36] dient der visuellen Bestimmung von Bodenverdichtungen, Wurzeldichte und -vielfalt, Struktur der Bodenaggregate (rund oder scharfkantig, Möglichkeit, sie auseinander zu brechen), Regenwurmgängen und weiteren Bodenlebewesen.
- Mit einer Bodensonde (1 m Stab aus Edelstahl, der aussieht wie eine Pflanzenwurzel mit oder ohne Druckmesser, siehe Bild) können Bodenverdichtungen in unterschiedlichen Tiefen und deren Mächtigkeit gefühlt oder gemessen werden (z.B. wenn ein hoher Druck nötig ist, um die Bodensonde tiefer in den Boden zu drücken). Die Messung sollte bei Feldkapazität, vorzugsweise im Frühjahr erfolgen, um das bestmögliche Ergebnis für die Wurzelentwicklung zu erhalten.
- Der pH Wert kann mit Indikatorstäbchen anhand einer Farbskala ermittelt werden.

- Je nach länderspezifischen Richtlinien müssen Bodenanalysen alle 6 Jahre pro Schlag durchgeführt werden. Eine repräsentative Probenahme (z.B. im Herbst nach der Ernte oder im zeitigen Frühjahr) und eine Analyse mit Standardmethoden sind erforderlich.
- Die Gehalte an Makronährstoffen P, K, Mg, S und Mikronährstoffen sollten einen bestimmten, standorttypischen Wert erreichen. Diese Werte können in den länderspezifischen Düngungsempfehlungen nachgelesen werden. Wenn ein Mangel festgestellt wird, ist eine Düngung mit den, nach Öko-Richtlinien zugelassenen Düngemitteln sinnvoll.
→ Dabei sollte beachtet werden, dass P und S teilweise organisch gebunden sind und mit den Ernterückständen, der organischen Biomasse und dem eigenen Wirtschaftsdünger in den Betriebskreislauf zurückgeführt werden. Das Mineralisierungspotenzial von organisch gebundenen Nährstoffen wird in Standarduntersuchungen nicht mit einbezogen.
- Der pH-Wert hat ein standortspezifisches Optimum. Werte unter 5 oder über 8 sind zu vermeiden. Auf sandigen Böden ist ein geringerer pH (5,5 – 6,5) normal. Mängel führen zu Problemen in der Boden- und Pflanzengesundheit. Zugelassene Kalkdünger können in den Richtlinien zum Ökolandbau in Erfahrung gebracht werden.
- Veränderungen im Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt werden erst nach einer langen Zeit messbar. Bezogen auf den Stickstoff werden mehr als 95 % in der organischen Substanz gebunden, nur 1 – 3 % werden durch die Mineralisierungsprozesse jedes Jahr verfügbar. Messungen des Gehaltes an organischem Kohlenstoff (C_{org}) geben eine Vorstellung über die bodenspezifischen Werte, die erreicht werden sollten, aber keine Information über die Bodenfruchtbarkeit!
- Bodenproben sollten nicht direkt nach Stallmistdüngung gezogen werden aufgrund möglicher ungleicher Verteilung!

c) Untersuchung der Nährstoffgehalte



Humusbilanzierung

Als Alternative oder Zusatz zu den oben beschriebenen Untersuchungsmethoden kann in der Praxis, unter Verwendung bestimmter Bewirtschaftungsdaten, eine Humusbilanzierung durchgeführt werden ^[25]. Während der letzten Jahrzehnte wurde besonders in Deutschland versucht, geeignete Verfahren zu entwickeln ^[38]. Grundlage für die Berechnungen ist der Anteil humuszehrender (Hackfrüchte, Silomais) und humusvermehrender Kulturen (Leguminosen) in der **Fruchtfolge**. Hinzu kommt der Anteil kohlenstoffreicher Substanzen wie **Wirtschaftsdünger** und Stroh ^[25]. Wichtig ist zu berücksichtigen, dass diese Methode nicht 1:1 auf andere Länder übertragen werden kann. Die folgenden Beispiele sollen einen Eindruck über die Auswirkungen verschiedener Anbausysteme geben.

Rechenbeispiele



Fruchtfolge A) beruht auf 40 % Leguminosen und 0,5 GVE/ha, was zu einem positiven Humussaldo führt.

Fruchtfolge B) mit 20 % Leguminosen und Kartoffeln plus Zwischenfrucht und geringerem Tierbesatz hat negative Auswirkungen auf den Humusbilanzsaldo. Um die extrem humuszehrenden Kartoffeln zu kompensieren, müsste ein höherer Anteil an Leguminosen und ein geringerer Anteil an Getreide und/oder Kartoffeln angebaut werden.

A)	Humusbedarf*	Humusangebot*		Humusbilanz*
0,5 GVE/ha = 4 t Mist/ha und Jahr		Zwischenfrucht	Stallmist	
Leguminosen-Gras	600	0	0	600
Winterweizen 20 t/ha Rottemist	-280	0	800	520
Triticale	-280	0	0	-280
Erbsen	160	0	0	160
Winterroggen + Leguminosen-Gras Untersaat	-280	200	0	-80
Mittelwert der Fruchtfolge	-16	40	160	184

B)	Humusbedarf*	Humusangebot*		Humusbilanz*
0,25 GVE/ha = 2 t Mist/ha und Jahr		Zwischenfrucht	Stallmist	
Leguminosen-Gras	600	0	0	600
Winterweizen	-280	0	0	-280
Kartoffeln 10 t/ha Rottemist	-760	200	400	-160
Triticale	-280	0	0	-280
Winterroggen + Klee grasuntersaat	-280	200	0	-80
Mittelwert der Fruchtfolge	-200	80	80	-40

* in kg C/ha und Jahr

Obwohl noch weitere Forschung für eine Verbesserung und Anpassung auf verschiedene Standortbedingungen nötig ist, ermöglicht dieses Bilanzierungsverfahren eine grobe Einschätzung der Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungsmethoden auf die Bodenfruchtbarkeit, vor allem in der Umstellungsphase. Die verwendeten Faktoren wurden aus langjährigen Feldversuchen abgeleitet ^[38]. Sie sind in der deutschen Cross Compliance Verordnung als eine Methode zur Bewertung der Bodenfruchtbarkeit angegeben bzw. in dem Software-Tool **ROTOR** integriert.

Nährstoffbilanzierung

Zusätzlich zu den vorherigen Verfahren können Schlussfolgerungen über die Nährstoffflüsse (N, P, K) und ihre Effizienz auf Betriebsebene anhand von Nährstoffbilanzierungen (am Hoftor, auf Feld- und Stallebene) getroffen werden. Sowohl im BERAS Implementation-Projekt als auch im Vorgänger-Projekt konnten Hoftorbilanzen für eine Reihe von Partnerbetrieben in den beteiligten Länder mit dem schwedischen Verfahren STANK in MIND erstellt werden. Die Ergebnisse sind in verschiedenen Veröffentlichungen publiziert ^[1, 2, 3].

Entscheidend ist, die Festlegung und Mineralisation von Stickstoff und anderen Nährstoffen so zu steuern, dass die Menge an verfügbaren Nährstoffen dem Nährstoffbedarf der Pflanzen zu jeder Zeit entspricht ^[1]. Wenn dieses Gleichgewicht erreicht ist, sind die Nährstoffverluste in die Umwelt sehr gering.

Zur Berechnung von Hoftorbilanzen werden die betrieblichen Zukäufe (Input über Tiere, Saatgut etc.) einschließlich der N-Fixierung der **Leguminosen** mit den Verkäufen (Output über Feldfrüchte, Tiere, Milch etc.) verglichen ^[1, 5].

Am Beispiel von Stickstoff ist der Bilanzsaldo (= Differenz zwischen Ein- und Ausfuhr) ein Indikator für die Umweltverträglichkeit des Betriebes:

1. Stickstoffüberschüsse weisen auf die Gefahr potenzieller N-Verluste hin.
2. Ausgeglichener Saldo (plus/minus 20 kg N/ha) ist anzustreben.
3. Negativer Saldo weist auf einen N-Mangel im Betrieb hin. Durch eine Erhöhung des Anteils an **Leguminosen** in der **Fruchtfolge** kann das Defizit ausgeglichen werden.

Auf Mineralböden mit einem ausreichenden Anteil von nichtlösbarem **Phosphor** kann ein Defizit von bis zu 2 kg P/ha durch Verwitterungsprozesse und tiefwurzelnde Pflanzen (z.B. Luzerne, Klee), die die Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten aufnehmen, kompensiert werden.

Interpretation der
Ergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Die Hofter-Bilanzen von ERA-Betrieben rund um die Ostsee haben gezeigt, dass Nährstoffüberschüsse effizient verringert werden können ^[1, 3]. Außerdem gibt es eine Vielzahl ackerbaulicher Maßnahmen (siehe **Fruchtfolge**, **Leguminosen**, **Wirtschaftsdünger** und **Phosphor**), um potenziellen Verlusten durch Auswaschung und Erosion unter Berücksichtigung spezieller Standorts- und Witterungsbedingungen entgegenzuwirken.

Eine neue Studie, die auf einer umfangreichen Auswertung von 74 Betriebsvergleichen mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung ^[50] beruht, zeigt signifikant höhere Kohlenstoff-Gehalte in ökologisch bewirtschafteten Böden. Dies bedeutet, dass durch ökologische bzw. ERA-Landwirtschaft Kohlenstoff in den Böden angereichert werden kann.

Andere Untersuchungen haben gezeigt, dass auch Nährstoffmängel auftreten können ^[11, 40]. Ein Grund kann ein zu geringer Anteil an Leguminosen in der Fruchtfolge sein oder eine unzureichende Menge bzw. ineffektive Anwendung von Wirtschaftsdüngern. Aus Untersuchungen geht hervor, dass der Anteil an Leguminosen-Grasgemengen vor allem auf spezialisierten Marktfruchtbetrieben gering ist zugunsten eines hohen Anteils an Marktfrüchten. In diesen Systemen könnte der nötige N-Input durch N-fixierende Gründüngungspflanzen oder Zwischenfrüchte sowie Leguminosenuntersaat in Getreide erreicht werden. Allerdings kann es hier langfristig zu einem steigenden Unkrautdruck kommen, was wiederum geringere Erträge nach sich zieht ^[40]. Diese Zusammenhänge unterstreichen die Bedeutung einer Umstellung zu einer ökologisch, kreislaforientierten Landwirtschaft mit integrierter Tier- und Pflanzenproduktion (auf einzelnen Betrieben oder in Kooperation mit Nachbarbetrieben).

Gesetzliche Bestimmungen

Der maximal erlaubte N-Überschuss seit 2009 beträgt 60 kg N/ha und Jahr, die kritische N-Belastung in Sickerwasser entspricht einer mittleren Konzentration von 50 mg Nitrat/l ^[20]. In allen Ländern sind offizielle Nährstoffbilanzierungsverfahren erhältlich, um einen Vergleich zu den rechtlichen Bestimmungen der Cross Compliance-Verordnung aufstellen zu können. Nehmen Sie Kontakt zu Ihrem Berater auf, um Hilfe für derartige Berechnungen und Interpretationen zu erhalten.



FRUCHTFOLGE

Karin Stein-Bachinger & Moritz Reckling

Bedeutung	28
Fruchtartenauswahl	30
Fruchtfolgeeigenschaften	32
Zwischenfrüchte in ERA-Fruchtfolgen	34
Zehn-Punkte-Plan für die Fruchtfolgeplanung	35
Fruchtfolgebeispiele	36
Checkliste	38

Bedeutung

Grundlagen

Eine gute Planung und effektive Gestaltung von Fruchtfolgen sind wichtig für ERA-Betriebe, um hohe Erträge und Qualitäten bei den Ernteprodukten zu erzielen und eine nachhaltige **Bodenfruchtbarkeit** zu gewährleisten. **Leguminosen**, als tiefwurzelnde, stickstofffixierende, humusmehrende und die Bodenfruchtbarkeit fördernde Pflanzen, werden im Wechsel mit Getreide, Öl- und Wurzelfrüchten angebaut.

Geschichtliches

Die Nachfrage nach Lebensmitteln für eine wachsende Bevölkerung in den Ostseeländern konnte vor 150 Jahren durch den Anbau von **Leguminosen** in Fruchtfolgen und der Rückführung der Nährstoffe durch Pflanzenrückstände und **Wirtschaftsdünger** gedeckt werden. In dieser Zeit wurden auf den Betrieben nur so viele Tiere gehalten, wie mit eigenem Futter ernährt werden konnten^[1]. In der Mitte des 20. Jahrhunderts führten der steigende Verbrauch von mineralischen Düngemitteln und chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln sowie die Einfuhr externer Futtermittel zu einer starken Vereinfachung der Fruchtfolgen mit nur wenigen Fruchtarten. Häufig wurden keine Leguminosen mehr angebaut. Seit den 70er Jahren, als das Interesse an einer ökologischen Landwirtschaft stieg, wuchs auch das Bewusstsein für die Bedeutung von Fruchtfolgen. Heutzutage sind leistungsfähige Fruchtfolgen die Grundlage für eine erfolgreiche, ökologische Bewirtschaftung^[21].

Während der Umstellung auf ERA-Landwirtschaft muss die Fruchtfolge an die Betriebsstruktur, Standortbedingungen, Vermarktungsmöglichkeiten, Arbeitssituation und Betriebsausstattung angepasst werden. Die größte Herausforderung ist, die Wirtschaftlichkeit des Betriebes durch den Aufbau der **Bodenfruchtbarkeit** im Hinblick auf eine langfristige Produktivität sicherzustellen^[8, 21].

Der Umstellungsprozess beginnt mit der Etablierung mehrjähriger **Leguminosen**, vor allem Leguminosen-Grasgemengen, die als Futter oder zum Mulchen genutzt werden können. In vielen Fällen werden je nach Standortbedingungen und Vermarktungssituation mehrere Fruchtfolgen realisiert. Jede Fruchtfolge eines ERA-Betriebes muss jedoch mehrjährige **Leguminosen** enthalten.

Definition

Fruchtfolge bedeutet eine bestimmte Abfolge des Anbaus humusmehrender und humuszehrender Fruchtarten auf einem Acker über mehrere Jahre unter Berücksichtigung von standort- und betriebsspezifischen Beschränkungen.

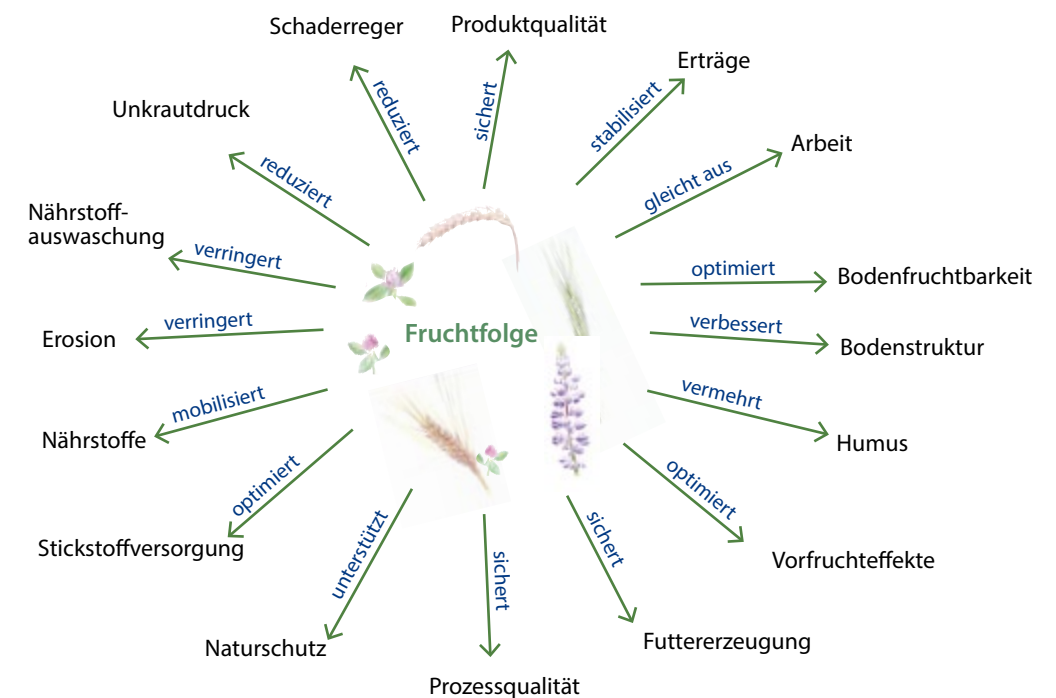
Ziele und Vorteile von Fruchtfolgen

Das Hauptziel bei der Fruchtfolgeplanung liegt in der Erzeugung von

- wirtschaftlich rentablen Marktfrüchten und
- qualitativ hochwertigem Futter.

Dies wird dadurch erreicht, indem ökonomisch und pflanzenbaulich ausgewogene Fruchtfolgen entwickelt werden unter Berücksichtigung phytosanitärer Restriktionen und des Nährstoffbedarfs. Außerdem bietet eine gute Fruchtfolgeplanung viele weitere Vorteile für den gesamten Betrieb: in Bezug auf die Regulierung von Unkraut, Schädlingen und Krankheiten, die Stabilisierung der Erträge und Qualitätssicherung der Marktfrüchte und des Futters. Des Weiteren wirken sie positiv im Hinblick auf Natur- und Umweltschutzziele.

Vielseitige Vorteile von Fruchtfolgen [verändert nach 58]



Die meisten dieser Vorteile können erst über mehrere Jahre hinweg festgestellt werden. Sie beinhalten sowohl direkte Auswirkungen auf die Pflanzen als auch indirekte Wirkungen durch Vorfruchteffekte über den Boden, die über die Jahre zunehmen.

Fruchtartenauswahl

Um ausgewogene Fruchtfolgen zu entwickeln, müssen die wirtschaftlichen und ackerbaulichen Eigenschaften der Fruchtarten sorgfältig berücksichtigt werden. Dabei ist wichtig, dass die Fruchtarten gut zur Betriebsumgebung und –struktur passen.

Die Auswahl der Fruchtarten wird bestimmt durch

- das Klima und den Bodentyp (Niederschlagsverteilung, Temperatur, pH und Bodenstruktur)
- das Vermarktungspotenzial und
- den Futterbedarf.

Bei der Umstellung auf ERA-Bewirtschaftung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass die ausgewählten Fruchtarten zu dem neuen System passen:



Sechs Schritte für die Fruchtartenauswahl bei der Umstellung zu ERA ^[22]

Schritt	Vorgeschlagene Veränderung	Auswahl-/Ausschlusskriterien	Beispiele
1	Fruchtarten ausschließen	geringes Vermarktungspotenzial	Zuckerrüben, Raps
2	Anteil von Fruchtarten reduzieren	Beschränkungen durch Krankheitsdruck, Diversifizierung der Marktfrüchte	Weizen
		Hohes Unkrautrisiko, geringer Bedarf innerhalb des Betriebes	Gerste
		Nährstoffbereitstellung schwierig, Ersatz durch Leguminosen-Grasgemenge	Silomais
3	Anteil spezieller Fruchtarten erhöhen	Bedarf an Futter, N-Fixierung, Unkraut- und Krankheitsdruck	Leguminosen-Gras, Körnerleguminosen
4	Anteil von Marktfrüchten definieren	Vermarktungspotenzial, Wirtschaftlichkeit, Arbeitsspitzen, Fruchtfolge	Weizen, Roggen, Kartoffeln
5	Neue Früchte integrieren	Vermarktungspotenzial (Nischen nutzen), Vielfalt, Fruchtfolge, N-Fixierung	Gemüse, Dinkel, Leguminosen-Grasgemenge, Leguminosen/Getreide-Gemenge
6	Anteil von Zwischenfrüchten	Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, Futterproduktion, Unkrautunterdrückung, Reduzierung der N-Auswaschung	Phacelia, Roggen/Wicke, Buchweizen, Klee, Senf



Folgende Kriterien sollten bei der Auswahl von Fruchtarten berücksichtigt werden:

- N-Bedarf und N-Versorgung
- Humuswirkung
- Phytosanitäre Effekte (maximaler Anteil und Mindestanbaupausen)
- und Erosionsrisiko.

Die Länge der Fruchtfolge wird durch die Mindestanbaupausen und den maximalen Anteil der ausgewählten Fruchtarten bestimmt.

Wichtige Eigenschaften von Fruchtarten für Fruchtfolgen von ERA-Betrieben (siehe auch Leguminosen) ^[Experteneinschätzung]

Fruchtart	Maximale Häufigkeit (%)	Mindest-Anbaupausen (Jahre)	N-Bedarf	N-Bereitstellung*	Humuseffekt	Wasser-erosionsrisiko**
Futterleguminosen	Starke regionale Unterschiede		gering	sehr hoch	starke Zunahme	sehr gering
Körnerleguminosen	20	4	gering	hoch	Zunahme	gering
Getreide (generell)	75	siehe Angaben in dieser Tabelle				
Blattfrüchte (generell)	50					
Silomais	66	0	hoch	gering	starke Abnahme	hoch
Kartoffeln	20	4	hoch	gering	starke Abnahme	hoch
Hafer	25	3	gering	gering	Abnahme	mittel
Weizen, Triticale	33	0	hoch	gering	Abnahme	mittel
Gerste	50	1	gering	gering	Abnahme	mittel
Roggen	66	0	gering	gering	Abnahme	mittel
Raps	20	4	mittel	rel. hoch	Abnahme	mittel
Gründüngung	-	-	gering	hoch	Zunahme	gering

* Das N-Angebot beschreibt den N-Effekt für die Nachfrüchte; ** während der Vegetationsperiode

Vorgeschlagener Anteil an Fruchtarten (ha %) für verschiedene ERA-Betriebstypen ^[verändert nach 22]

Betriebstyp	Leguminosen	Getreide	Hackfrüchte	Zwischenfrüchte
Milchviehbetrieb	30-50 ¹⁾	30-50	5-15	20-50
Gemischter Betrieb (vor allem Wiederkäuer)	30-40 ²⁾	40-60	10-20	20-50
Gemischter Betrieb (Schweinehaltung)	30-35 ³⁾	40-60	15-25	40-60

¹⁾ vor allem Futterleguminosen, ²⁾ Futter- und Körnerleguminosen, ³⁾ Futter- oder Körnerleguminosen, zur Gründüngung, Verkauf, Klee-Saatgutherstellung

Fruchtfolgeeigenschaften

Fruchtarten und Sorten sollten so ausgewählt werden, dass der Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsdruck reduziert wird (Pflanzenschutz). Dabei sind Blatt- und Halmfrüchte, Winterungen und Sommerungen zu berücksichtigen.

Im Gegensatz zu den ackerbaulichen Einschränkungen, die durch die Betriebsstruktur, Standortbedingungen, Marktsituation und Eigenschaften der Fruchtarten entstehen, wird die Eignung von Fruchtarten auf die Nachfrüchte durch die Vorfruchtfruchtwirkung charakterisiert. Neue Sorten oder Zwischenfrüchte werden an dieser Stelle zunächst noch nicht berücksichtigt.

- Je nach Eignung von Fruchtfolgepaaren innerhalb der Fruchtfolge unter Berücksichtigung zeitlicher und phytosanitärer Restriktionen^[23], sollten die günstigsten Kombinationen ausgewählt werden.
- Die Kombination von zwei Fruchtarten mit sehr positiven Vorfruchteffekten sollte vermieden werden (Luxusfolge).
- Für die Etablierung von Leguminosen-Grasgemengen sind verschiedene Techniken möglich, die bestimmte Vorfrüchte erfordern, z.B. als Untersaat in Getreide.
- Fruchtarten mit hohem N-Bedarf und hohem wirtschaftlichen Wert, wie Kartoffeln oder Brotweizen, sollten nach Leguminosen-Grasgemenge angebaut werden.

Eignung von verschiedenen Fruchtartenkombinationen [verändert nach 23]

	Vorfrucht													
Nachfrucht	W. - Weizen	S. - Weizen	W. - Gerste	S. - Gerste	W. - Roggen, Triticale	Dinkel	Hafer	Mais	Leguminosen-Gras	Körner-leguminosen	Kartoffeln	W. - Raps	Sonnenblumen	
W. - Weizen														
S. - Weizen														
W. - Gerste														
S. - Gerste														
W. - Roggen, Triticale														
Dinkel														
Hafer														
Mais														
Leguminosen-Gras														
Körner-leguminosen														
Kartoffeln														
Winterraps														
Sonnenblumen														

W. = Winter; S. = Sommer

Eignung von Fruchtarten-Kombinationen

sehr gut

gut

ungünstig

nicht empfehlenswert

Achtung: Vor Sommerkulturen sollten Zwischenfrüchte eingeplant werden.

Leguminosen, vor allem Futterleguminosen, sind gute Vorfrüchte aufgrund folgender Eigenschaften

- Fixierung von Luft-Stickstoff mit Hilfe der Knöllchenbakterien
- N-Bereitstellung für die Folgefrucht
- Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften
- Ernährung der Bodenorganismen
- Förderung der Humusanreicherung im Boden
- Mobilisierung von Nährstoffen im Unterboden durch tiefes Wurzelsystem
- Bereitstellung von im Boden gespeichertem Phosphor durch Mykorrhiza

Wurzel- und Blattfrüchte sind gute Vorfrüchte aufgrund folgender Eigenschaften

- Reduzierung von Unkräutern durch intensive mechanische Bodenbearbeitung
 - Verbesserung physikalischer Bodeneigenschaften durch nachfolgende krümelige, gut durchlüftete Bodenstruktur
 - Bereitstellung großer Mengen an N für die Folgefrüchte durch ein geringes C/N-Verhältnis in Pflanzenrückständen
- Dennoch sind sie weniger gut, aufgrund
- des starken Humusabbaus
 - der Anfälligkeit für Fruchtfolgekrankheiten (vor allem Kartoffeln und Zuckerrüben)

Getreidearten sind weniger gute Vorfrüchte, da

- sie ein hohes C/N Verhältnis in Pflanzenrückständen aufweisen
- das Verunkrautungsrisiko erhöhen und
- einen ungünstigen Bodenzustand hinterlassen.

Zu beachten ist, dass der Vorfruchtwert in folgender Reihenfolge abnimmt: Hafer > Roggen > Weizen > Sommergerste

Vorfruchtbedingte Ertragseffekte variieren zwischen verschiedenen Fruchtarten und werden von der Vorfrucht und dem Bodentyp beeinflusst. Die Getreideerträge liegen z.B. nach Leguminosenvorfrucht um ca. 20-30 % höher im Vergleich zu Getreidevorfrüchten. Diese Auswirkungen auf den Ertrag der Folgefrüchte sind in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einzubeziehen und unterstreichen die Wichtigkeit einer gut geplanten Fruchtfolge. Die relativen Vorfrucht-bedingten Ertragseffekte sind auf weniger fruchtbaren Böden größer als auf fruchtbaren.

Vorfruchteffekte

Vorfruchteffekte in Bezug auf Erträge

Zwischenfrüchte in ERA-Fruchtfolgen

Nachdem die Hauptfrüchte in der Fruchtfolge ausgewählt wurden, sollten so häufig wie möglich Zwischenfrüchte eingeplant werden.

Zwischenfrüchte wie Ackersenf, Wickroggen, Winterraps und Leguminosen-Gemenge erfüllen verschiedene Funktionen in der Fruchtfolge:

- Reduzierung von Nährstoffverlusten durch Erosion und Auswaschung
- Bindung und Speicherung von Stickstoff (leicht aufzunehmen für Folgefrüchte)
- Zusätzliche Futterproduktion
- Verminderter Unkrautdruck
- Bildung zusätzlicher Wurzelbiomasse
- Bodenbedeckung und Erhalt einer guten Bodengare.

Je nach Betriebsstruktur und Vegetationsperiode können Zwischenfrüchte entweder als Untersaaten oder als Sommer- bzw. Winterzwischenfrüchte angebaut werden.

→ Die Hauptfaktoren, die bei der Wahl der Zwischenfrüchte berücksichtigt werden müssen, sind die Länge der Vegetationsperiode und die Wasserverfügbarkeit.

- Untersaaten in trockenen Regionen und Sommer- oder Winterzwischenfrüchte in feuchten Regionen.
- Winterharte Zwischenfrüchte wie Winterraps oder Roggen sollten auf sandigen Böden angebaut werden, um das Auswaschungsrisiko zu verringern.
- Starker Befall mit mehrjährigen Unkräutern sollte durch die Stoppelpflege reduziert werden. Dies hat Vorrang vor der Ansaat von Zwischenfrüchten.

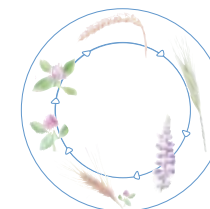
Anteil von Leguminosen in Fruchtfolgen

Ziel in ERA-Betrieben ist, mindestens 30 % Leguminosen anzubauen, vor allem mehrjähriges Klee gras. Leguminosen, die als Hauptfrucht in Gemengen angebaut werden, sollten wie in dem folgenden Rechenbeispiel gewertet werden. Beachten Sie, dass 30 % Klee gras nicht gleich 30 % Klee in der Fruchtfolge ist! Leguminosen als Zwischenfrüchte müssen geringer bewertet werden im Gegensatz zu Leguminosen als Hauptfrüchte!

Berechnung des Leguminosen-Anteils in einer 6-jährigen Fruchtfolge

Gemenge	%-Anteil in einer 6-jährigen Fruchtfolge	Leguminosenanteil im Gemenge (%)	Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (%)
2-jähriges Klee gras	33	30	10
2-jähriges Klee gras	33	60	20
2-jähriges Klee gras	33	80	25
1 Jahr Erbsen/Hafer Gemenge	17	50	8
1 Jahr Leguminosen	17	100	17

Zehn-Punkte-Plan für die Fruchtfolgeplanung [7, 8]



1. Wählen Sie die Fruchtarten nach Marktpotenzial und Preisniveau, Futterbedarf, Bodentyp, Klima und Vorfruchtwirkung aus.
2. Eine ausgeglichene Fruchtfolge enthält 30 % Leguminosen bzw. bis 40 % Leguminosen-Grasgemenge, maximal 20 % Hackfrüchte und bis zu 60 % Getreide. In getreidebetonten Fruchtfolgen sollten Sommergetreide und Zwischenfrüchte angebaut werden.
3. Um ausreichend Futter im Betrieb zu erzeugen, sollte der Futterbedarf an Feldfrüchten und Ackerfutter inkl. des zusätzlichen Futteraufkommens vom Dauergrünland einkalkuliert werden.
4. Um bodenbürtigen Schaderregern oder Krankheiten vorzubeugen, müssen Anbaupausen und maximale Anbauhäufigkeiten von Wirtspflanzen und Pflanzenfamilien, z.B. bei Kreuzblütlern, Getreide, Körnerleguminosen, eingehalten werden.
5. Zur Vorbeugung eines hohen Unkrautdrucks sollte ein Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrüchten und zwischen Winterungen und Sommerungen erfolgen. Außerdem sollte zumindest eine Hackfrucht angebaut werden.
6. Die P- und K-Gehalte, der pH-Wert und Humusgehalt sollten durch Bodenanalysen (Bodenfruchtbarkeit) ermittelt werden und der Einsatz von Wirtschaftsdüngern genau geplant werden: Durch optimale Nährstoffverwertung und Bodenverbesserung können gute Erträge und hohe Produktqualitäten erzielt und Nährstoffverluste minimiert werden.
7. Zur Ermittlung des Anbauumfanges von Getreide sollte die Strohmenge, die als Einstreu benötigt wird, kalkuliert werden.
8. Zur Verbesserung der Bodenstruktur und Nährstoffmobilisierung sowie der Drainagewirkung sollten Tiefwurzler nach Flachwurzlern angebaut werden. Außerdem sind Bodenverdichtungen, die durch schwere Maschinen besonders bei Nässe verursacht werden, zu vermeiden.
9. Zum Ausgleich von Arbeitsspitzen und Förderung der Keimung unterschiedlicher Unkrautarten sollten Herbst- und Frühjahrssaaten abwechseln.
10. Nährstoffausträge und Erosion können vermieden werden, wenn der Boden möglichst ganzjährig begrünt ist. Dazu sollten Gründüngungspflanzen und Zwischenfrüchte nach bzw. vor Sommerungen oder Winterungen sowie Untersaaten (Leguminosen) und Gemenge angebaut werden.

Und zuletzt: Dokumentieren Sie Erfolge und Misserfolge!

Wollen Sie sichergehen, dass Ihre Fruchtfolge nachhaltig ist?

→ Berechnen Sie die Humusbilanz (Bodenfruchtbarkeit)

Benötigen Sie Hilfe und Unterstützung bei der Planung und Bewertung der Fruchtfolge?

→ Nutzen Sie das Planungswerkzeug ROTOR

Empfehlungen

Um das Ziel von 30 % Leguminosen in der Fruchtfolge zu erreichen, wären 33 % Klee gras mit mehr als 60 % Klee plus 1 Jahr Leguminosen-Gemenge nötig!

Wenn weniger Klee gras in der Fruchtfolge angebaut wird, kann das Ziel nur durch den zusätzlichen Anbau anderer Leguminosen (z.B. Körnerleguminosen) erreicht werden!

Fruchtfolgebeispiele

für ERA-Gemischtbetriebe ^[21, 1, 5]

Während der zweijährigen Umstellungszeit ist es empfehlenswert, den Anteil an Leguminosen auf über 30 % anzuheben, um die Bodenfruchtbarkeit aufzubauen. Betriebe mit Schweine- und Hühnerhaltung haben Schwierigkeiten, solche Leguminosenanteile zu erreichen, da Klee gras nicht als Grundfutter verwendet werden kann. Stattdessen sollten diese Betriebe Körnerleguminosen, Leguminosen-Zwischenfrüchte bzw. -Grasgemenge zum Mulchen anbauen. Zu berücksichtigen ist, dass der Anbau von mehrjährigem Leguminosen-Grasgemenge positiver für die Bodenfruchtbarkeit ist als einjährige Leguminosen.

Pflanzenbaulich sinnvolle Fruchtfolgen der Ostsee-Anrainer-Länder

		Schweden	Finnland	Deutschland	Lettland	Polen	Weißrussland			
1. Jahr	Frühjahr	Kleegras	Kleegras	Kleegras	Kleegras	Kleegras	Kleegras			
	Sommer									
	Herbst									
	Winter									
2. Jahr	Frühjahr			Kleegras	Kleegras	Winterweizen		Wintergetreide	Wintergetreide	Kleegras
	Sommer									
	Herbst									
	Winter									
3. Jahr	Frühjahr	Wintergetreide	Sommergetreide	Triticale	Zwischenfrucht	Zwischenfrucht	Kleegras			
	Sommer									
	Herbst									
	Winter									
4. Jahr	Frühjahr	Brache	Brache	Zwischenfrucht	Brache	Brache	Hafer			
	Sommer									
	Herbst									
	Winter									
5. Jahr	Frühjahr	Sommergetreide/ Kleegras-US	Hafer und Erbsen	Körnerleguminosen	Sommergetreide/ Körnerleguminosen	Sommergetreide/ Kleegras-US	Triticale			
	Sommer									
	Herbst	Kleegras	Brache	Winterroggen/ Kleegras-US	Wintergetreide	Kleegras	Brache			
	Winter									
6. Jahr	Frühjahr		Hafer/Kleegras-US				Ganzpflanzensilage/ Kleegras-US			
	Sommer									
	Herbst		Kleegras	Kleegras	Zwischenfrucht		Kleegras			
	Winter									
7. Jahr	Frühjahr				Sommergetreide/ Kleegras-US					
	Sommer									
	Herbst				Kleegras					
	Winter									

US: Untersaat; Wirtschaftsdüngeranwendung nicht aufgeführt in der Tabelle

Leguminosen	Leguminosen-Getreide-Gemenge	Getreide	Hackfrüchte	Brache/Zwischenfrucht
-------------	------------------------------	----------	-------------	-----------------------



für ERA Betriebskooperationen

Ackerbaubetrieben ohne Viehhaltung wird empfohlen, eine **Betriebskooperation** mit einem nahegelegenen Tierbetrieb einzugehen zum Austausch von Futter und **Wirtschaftsdünger**. Je nach Futterbedarf der Tiere können sehr unterschiedliche Fruchtfolgen praktiziert werden. Auf Ackerbaubetrieben sollten Körnerleguminosen und Zwischenfrüchte immer Teil der Fruchtfolge sein. Futterleguminosen können als Mulch, als Futter für einen kooperierenden Tierbetrieb, als Biomasse für eine Biogasanlage oder zur Saatgutproduktion angebaut werden. Eine Grünbrache kann auch förderlich sein, z.B. ein Gemenge aus Ackerbohnen, Persischem Klee, Alexandrinerklee und Grünroggen.

Ackerbaubetriebe ohne Viehhaltung haben folgende Möglichkeiten, Leguminosen in der Fruchtfolge zu integrieren:

Produktion von Körner- und Futterleguminosen für einen kooperierenden Milchvieh-, Schweine- oder Hühnerbetrieb

- Anbau von Zwischenfrüchten und Gründüngung (abwechselnd Winter- und Sommerfrüchte)
- 2-jähriges Leguminosen-Grasgemenge zur Verbesserung der **Bodenfruchtbarkeit**
- Leguminosen-Saatgutgewinnung (Körner- und Futterleguminosen)
- Grünbrache (Mulchen der Leguminosen-Gemenge).

Wenn es keinen Tierbetrieb in der Nähe gibt, könnte eine Kooperation mit einer Biogasanlage eine Option sein.



Checkliste ^[9]

Um die geplante Fruchtfolge zu bewerten, kann die folgende Checkliste verwendet und mit Kollegen und Beratern diskutiert werden.

Ja	Nein	
		Besteht die Fruchtfolge mindestens aus 30 % Leguminosen?
		Wurden Humus- und Stickstoffgehalt untersucht?
		Haben Sie die Vermarktungssituation und Deckungsbeiträge überprüft?
		Entspricht die Fruchtfolge dem Futterbedarf der Tiere?
		Wechseln sich Stickstoff-fixierende und – zehrende Fruchtarten ab?
		Wurden Gründüngungspflanzen und Zwischenfrüchte ausreichend eingeplant, um Erosion und Nährstoffausträge zu reduzieren?
		Wechseln sich Fruchtarten mit gut und weniger gut ausgeprägtem Wurzelsystem bzw. geringen und hohen Ernterückständen ab?
		Gibt es einen Wechsel von flach- und tiefwurzelnden Fruchtarten?
		Wechseln sich unkrautunterdrückende Fruchtarten mit Pflanzen mit langsamer Jugendentwicklung ab?
		Gibt es Anbaupausen zwischen den Fruchtarten, um Krankheiten und Schaderreger zu minimieren?
		Können die Arbeitskräfte und Maschinen des Betriebes effektiv eingesetzt werden?

LEGUMINOSEN

Karin Stein-Bachinger & Moritz Reckling



Bedeutung	40
Vorteile von Leguminosen	41
Datengrundlagen von Körner- und Futterleguminosen	42
Methoden zur Bestimmung der N-Fixierung	44
Maßnahmen zur Erhöhung der Stickstoff-Fixierungsleistung	48
Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen	49

Bedeutung



Allgemeine Aspekte

Leguminosen kommt eine Schlüsselrolle in der ökologisch, kreislauf-orientierten Landwirtschaft (ERA) zu. **Fruchtfolgen** von ERA-Betrieben sollten mindestens 30 % Leguminosen enthalten, um ein nachhaltiges System zu gewährleisten. Im konventionellen Landbau ist die Bedeutung von Leguminosen stark gesunken aufgrund der Anwendung von mineralischen N-Düngern und Pflanzenschutzmitteln in Verbindung mit einem hohen Futterimport. Hauptsächlich werden Sojabohnen aus Übersee importiert als Folge des Wegfalls der EU-Subventionen für Körnerleguminosen. Durch die Konzentration auf einige wenige sehr profitable Fruchtarten und die Vernachlässigung wichtiger Fruchtfolgeprinzipien (z.B. hoher Getreideanbau ohne Leguminosen) traten unterschiedliche Probleme, wie Humusabbau, Bodenerosion, Nährstoff- und Pflanzenschutzmittel-Einträge in Gewässer usw. auf. Leguminosen in Fruchtfolgen können solche Risiken erheblich reduzieren. Außerdem sichern Leguminosen in ERA-Betrieben einen hohen Selbstversorgungsgrad mit Futter und Stickstoff.

Einzigartige Fähigkeit zur Stickstoffbindung

Leguminosen binden den Luftstickstoff mit den Knöllchenbakterien, die symbiotisch an den Leguminosenwurzeln leben. Dies stellt die wichtigste N-Quelle für ERA-Betriebe dar und ist die Voraussetzung, dass auf mineralische N-Dünger verzichtet werden kann. Die N-Fixierungsmenge kann beachtlich sein – unter günstigen Bedingungen kann sie einige Hundert kg N pro Hektar und Jahr betragen.

Ein erfolgreiches Management der Stickstoffversorgung durch Leguminosenanbau umfasst:

- die Optimierung des N-Eintrages durch symbiotische Fixierung und
- den möglichst verlustfreien N-Transfer zu den Folgefrüchten.

Woran kann man aktive Wurzelknöllchen erkennen? An der roten Farbe im Innern!



Definition

Leguminosen sind **Hülsenfrüchte** und gehören zur Familie der **Fabaceae**. Sie sind eine der artenreichsten Pflanzenfamilien mit über **20.000 Arten** weltweit (Kultur- und Wildsorten). Dazu gehören **einjährige, mehrjährige und ausdauernde, krautige Pflanzen** sowie **Bäume und Büsche**.

Vorteile von Leguminosen



Bei erfolgreicher Bewirtschaftung können Leguminosen folgende Vorteile bringen:

Für den Betrieb

(v.a. Leguminosen-Gras-Gemenge)

- erhalten und steigern die **Bodenfruchtbarkeit** nachhaltig
- stellen die bedeutendste N-Quelle dar
- liefern über Körner- und Futterleguminosen proteinhaltiges Futter
- bieten sehr positive Vorfruchtwirkungen
- erschließen tiefere Bodenschichten durch ein ausgedehntes Wurzelsystem
- mobilisieren **Phosphor** durch Symbiose mit Mycorrhiza-Pilzen
- reduzieren die Intensität der Bodenbearbeitung
- unterstützen die Pflanzengesundheit und beugen dem Unkrautdruck vor.

Für die menschliche Ernährung

(Körnerleguminosen)

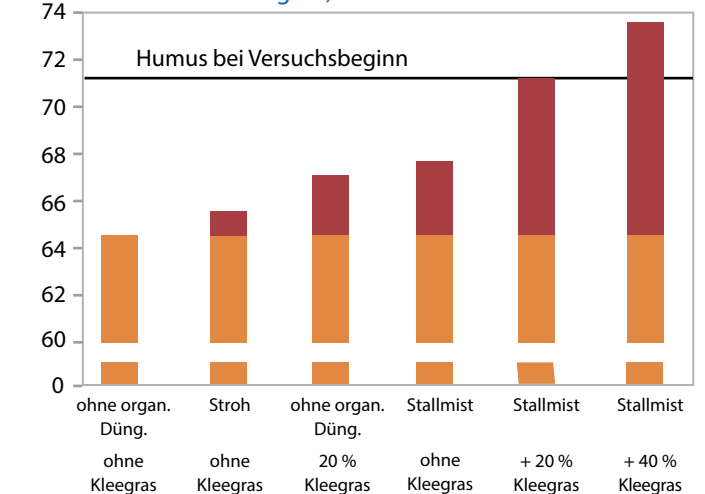
- liefern proteinhaltige Lebensmittel (2-3 mal höherer N-Gehalt als Getreide)
- enthalten wichtige Aminosäuren (sehr wertvoll als Ergänzung zu Getreide)
- bieten eine Alternative zum Fleischkonsum
- liefern Rohstoffe für innovative, gesunde Lebensmittel.

Für die Umwelt

(Leguminosen-Gras-Gemenge und Körnerleguminosen)

- reduzieren Treibhausgasemissionen (N_2O -Lachgas) und den Energieverbrauch durch Ersatz von Mineraldünger
- fördern die Biodiversität auf und im Boden durch Auflockerung der **Fruchtfolgen**
- reduzieren die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln durch Verbesserung der Pflanzengesundheit
- stärken die lokale/regionale Produktion und verringern die Abhängigkeit von importiertem Proteinfutter.

Humusmengen bei unterschiedlicher Düngung und Fruchtfolge (Dauerversuch auf sandigem Lehm, 5 Jahre nach Versuchsbeginn) ^[15]



Datengrundlagen von Körner- und Futterleguminosen

Körnerleguminosen

Wesentliche Faktoren für ein optimales Pflanzenwachstum und eine hohe N-Fixierungsleistung sind ein ausgewogener Nährstoffgehalt (P, K, S) und pH-Wert im Boden. Werden Leguminosen das erste Mal nach einer langen Pause angebaut, sollte das Saatgut mit entsprechenden Rhizobienstämmen (Stickstoff-fixierende Bakterien) geimpft werden. Diese können im Boden mehrere Jahre überdauern.

Körnerleguminosen sind eine wichtige Proteinquelle für die menschliche Ernährung und die Nutztiere. Im Vergleich zum Getreide hinterlassen sie im Feld wenig Stoppeln. Die Pflanzenreste haben ein niedriges C:N-Verhältnis und werden schnell zersetzt. Durch Absonderung von organischen Säuren in der Rhizosphäre haben sie die Fähigkeit, Phosphor im Boden verfügbar zu machen.

Beschreibung ausgewählter Körnerleguminosen
(Ansprüche: + = hoch, - = niedrig) ^[4,16]

Körnerleguminosen	Wasser- verfüg- barkeit	Boden- quali- tät	Selbst- verträ- glichkeit	Anbaupause (Jahre)	Optimaler pH-Wert	Ertrag (t/ha) (magere-gute Böden)
Erbsen	+	+	nein	5	6,0 - 7,0	1 - 4,5
Ackerbohnen	+	+	nein	3-4	6,5 - 7,0	2 - 5
Lupinen			nein	3-4		
- gelb	-	-			5,0 - 6,0	1 - 3,5
- weiß	+	+			6,0 - 7,0	2 - 4
- blau	+	-			5,5 - 7,0	1 - 3,5
Sojabohnen*	+	+	ja		6,0 - 7,5	1 - 2,5

* Sojabohnen sind Kurztagspflanzen. Sie benötigen über 6° C, die Vegetationszeit dauert 150 bis 180 Tage. Eine Rhizobium-Inokulation ist besonders vor der ersten Aussaat nötig. Bemerkung: Sojabohnen müssen vor dem Verfüttern vorbehandelt (getoastet) werden.

Rechenbeispiel



Durchschnittliche Nährstoffabfuhr/ha durch die Ernte von Körnerleguminosen:

1 t Korn/ha (86 % TM) = 35 kg N, 4 kg P, 8 kg K

Bemerkung: eine sehr effiziente Wiederverwertung der Nährstoffe von Körnerleguminosen kann erreicht werden, wenn die Körner im Betrieb verfüttert werden und der Wirtschaftsdünger auf die Felder zurückgebracht wird!

Gemenge

Körnerleguminosen werden oft mit Getreide im Gemenge angebaut, z.B. Ackerbohnen mit Hafer, Erbsen mit Sommergerste und Roggen mit Wicken. Eine gleichmäßige Aussaat ohne Entmischung in der Drillmaschine und eine gleichzeitige Abreife sind wichtig.

Vorteile: dichtes Wurzelsystem; weniger Probleme mit Pflanzenkrankheiten; Stoppeln und Wurzelreste werden langsamer zersetzt und mineralisiert, da das C:N-Verhältnis von Getreide höher ist.

Nachteile: durch einen geringeren Leguminosenanteil werden eine geringere N-Fixierung und ein niedrigerer Netto-N-Eintrag erzielt. Dadurch wird die positive Vorfruchtwirkung reduziert.

Neben der Nutzung als Futter können Leguminosen-Gras-Gemenge auch als Gründüngung verwendet werden, um u.a. Stickstoff im Boden anzureichern. Klee und Luzerne werden meistens im Gemenge mit verschiedenen Gräsern als Hauptfrucht innerhalb der **Fruchtfolge** angebaut. Für ERA-Betriebe sind sie äußerst wichtig, da sie mehr Stickstoff in das System einbringen und freisetzen können als Körnerleguminosen und die Wiederkäuer mit qualitativ hochwertigem Proteinfutter versorgen. Wiederkäuer (**Tierhaltung**) können Zellulose verdauen, daher besteht keine Nahrungskonkurrenz zur menschlichen Ernährung. Des Weiteren können Unkräuter (z.B. Disteln und Quecke) reguliert und durch mehrjährigen Anbau sehr effektiv unterdrückt werden.

Erträge zwischen 25 und 80 t/ha Frischmasse (FM) können erzielt werden (mit 2-4 Schnitten/Jahr); dies entspricht ca. 5-16 t/ha Trockenmasse (TM) (unter Annahme von 20 % TM) pro Jahr.

Beschreibung ausgewählter Futterleguminosen (Ansprüche: + = hoch, - = niedrig) ^[4,16]

Gemenge	Wasser- verfügbarkeit	Boden- qualität	Anbaudauer (Jahre)	Anbaupause (Jahre)	optimaler pH-Wert
Luzerne-Gras	+	-	1 - 3	3	6 - 7
Rotklee-Gras	+	+	1 - 3	3	5,5 - 7
Weißklee-Gras	-	-	1 - 3	0	5,2 - 7

In der Praxis ist eine genaue Ertragsermittlung von Futterleguminosen schwierig ohne Wägung der Anhänger oder Zählung der Heu- bzw. Silageballen. Eine einfache und schnelle Ertragsschätzung bei dichten Beständen ist mit Hilfe folgender **Faustregel** möglich ^[5]:

Erntehöhe in cm x 0,1 = t TM/ha

Beispiel: 45 cm Wuchshöhe minus 5 cm Schnitthöhe =
40 cm Erntehöhe x 0,1 = 4 t TM/ha

Durchschnittliche Nährstoffabfuhr/ha durch die Ernte von Feldfutter:

1 t/ha Klee-Gras (100 % TM) = 25-30 kg N, 3,5 kg P, 2,5 kg K

Bemerkung: im ersten Anbaujahr ist der Nährstoffentzug etwas höher als im zweiten Jahr.

Zwischenfruchtgemenge

Folgende Leguminosen oder Gemenge von Klee/Luzerne mit Getreide können als Zwischenfrucht verwendet werden (Fruchtfolge):

- Winterzwischenfrüchte: Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum* L.), Landsberger Gemenge (Winterwicke + Inkarnatklee + einjähriges Weidelgras)
- Sommerzwischenfrüchte: Inkarnatklee + Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum* L.), Serradella (*Ornithopus sativus* L.), Bodenfruchtiger Klee (*Trifolium subterraneum* L.)

Leguminosen-Gras-Gemenge

Einfache Ertragsschätzung

Diese Faustregel kann auch für Ertragsschätzungen in dichten Grünlandbeständen herangezogen werden.

Rechenbeispiel

Methoden zur Bestimmung der N-Fixierung

Körnerleguminosen

Im Folgenden werden Beispiele für eine schnelle und einfache Abschätzung sowie ein Überblick über die Höhe der N-Fixierung in Abhängigkeit der angebauten Leguminosenart gegeben.

Faustregel zur Abschätzung der N-Fixierung von Körnerleguminosen
 Die Menge an symbiotisch fixiertem Stickstoff entspricht **rechnerisch in etwa der mit den Körnern vom Felde abgeführten N-Menge** ^[10,6].

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den symbiotisch gebundenen Stickstoff von Körnerleguminosen in Anlehnung an empfohlene Kalkulationen in Deutschland ^[16].

Zu berücksichtigen ist, dass dies Durchschnittswerte sind. Die N-Bindungsfähigkeit kann stark variieren, z.B. bei Erbsen von 50 bis 300 kg N/ha.

Pflanze	Ertrag Frischmasse (t/ha)	N-Fixierung	
		kg N/t	kg N/ha
Ackerbohnen	3,5	40	140
Erbsen	3,0	35	105
Blaue Lupinen	2,5	40	100
Sojabohnen	2,5	50	125
Linsen	1,5	40	60
Wicken	2,0	40	80

Zu berücksichtigen ist:

- Wenn Körnerleguminosen verkauft werden, geht die symbiotisch fixierte Stickstoffmenge dem Betrieb verloren! In den meisten Fällen wird kein N-Gewinn erzielt, wenn die Körner verkauft werden bzw. die N-Bilanz kann dadurch auch negativ werden.
- Wenn das Korn als Futter für die Tiere verwendet wird, bleibt der größte Teil des gebundenen Stickstoffs über die Rückführung des Wirtschaftsdüngers dem Betrieb erhalten. In Ackerbaubetrieben und insbesondere Gartenbaubetrieben werden die gesamten Pflanzen-nährstoffe zur Wiederverwertung im Betriebssystem benötigt.
- Bei der Umstellung auf ERA-Landwirtschaft ist es notwendig, sowohl auf Feld- als auch auf Betriebsebene grob durchzurechnen, wie viel Biomasse und Wirtschaftsdünger wiederverwertet werden sollte, um eine ausgeglichene N-Bilanz bezogen auf die gesamte Fruchtfolge zu gewährleisten (**Software-Programme**)!



Futterleguminosen

Die durchschnittliche N-Fixierung von Futterleguminosen liegt bei ca. 200 kg N/ha/Jahr und ist somit etwa doppelt so hoch wie bei Körnerleguminosen.

Die Ermittlung der N-Fixierung ist schwierig, wenn Gemenge mit Nicht-leguminosen wie Klee gras angebaut werden, da der Kleeanteil geschätzt werden muss. Feldbonituren vor der Ernte und die Aufzeichnung der Daten sind hilfreich, um einen Überblick zu erhalten.

Faustregel zur Abschätzung der N-Fixierung von Futterleguminosen:
 35 kg fixierter N/1t Leguminosen-Trockenmasseertrag ^[63,6]

Wie kann der Leguminosenanteil in Leguminosen-Grasbeständen geschätzt werden?

Für größere Schläge kann folgende Schätzskala verwendet werden:

Leguminosen Ertragsanteil (%)		
Skala	Ackerfutter	Dauergrünland
sehr niedrig	1 - 20	1 - 5
niedrig	21 - 40	6 - 20
mittel	41 - 60	21 - 40
hoch	61 - 80	> 40
sehr hoch	81 - 100	

Leguminosen-Schätztrainer



Dies ist richtig: 59 % Trockenmasse-Ertrag (t/ha) Frischmasse-Ertrag (t/ha)

Die Abschätzung des Leguminosenanteils im Feld ist schwierig und erfordert Vorkenntnisse. Mit Hilfe eines einfachen Software-Programms kann dies eigenständig geübt werden.

Der **Schätztrainer** bietet eine Auswahl von Beständen mit unterschiedlichen Anteilen an Leguminosen und Nicht-Leguminosen, anhand derer Sie ihre eigene Schätzungsgenauigkeit testen und verbessern können.



Beispiele

Die folgende Tabelle zeigt große Unterschiede in Bezug auf die fixierte N-Menge in Abhängigkeit vom Ertrag und dem Leguminosenanteil. Bei einem Ertrag von 8 t TM/ha und Jahr werden bei geringem Leguminosenanteil von nur 20 % insgesamt 168 kg N weniger fixiert als bei einem Leguminosenanteil von 80 % im Gemenge!

Höhe der N-Fixierung von Klee gras-Gemenge (mit Faustregel in Abhängigkeit des Leguminosenertragsanteils – unter europäischen Bedingungen)

Bruttoertrag (t TM/ha/Jahr)	N-Fixierung in kg/ha/Jahr bei einem Leguminosenanteil von		
	20 %	50 %	80 %
4	28	70	112
8	56	140	224
10	70	175	280

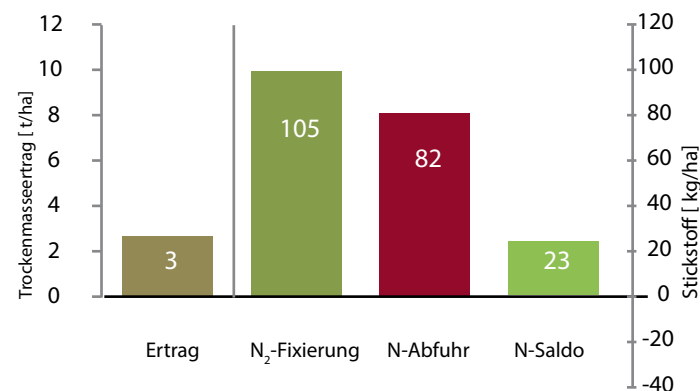
Stickstoff-Saldo-Rechner



Die Berechnung des N-Inputs durch Futterleguminosen kann mit Hilfe dieses benutzerfreundlichen Software-Programms erfolgen. Gleichzeitig kann der Nutzer einen groben Überblick über die N-Bilanz eines Schlags erhalten. Durch Eingabe bestimmter Daten je nach Betriebs-situation (z.B. Ertrag oder Erntemethode) kann eine individuelle Einschätzung der Flächen erfolgen (siehe Beispielsberechnung).

Das Beispiel zeigt, dass der N-Saldo bei einem Ertrag von 3 t Klee gras-Silage pro ha mit einem Kleeanteil von 50 % im Gemenge positiv wäre (23 kg N/ha). Wenn der Kleeanteil bei nur 30 % liegen würde, wäre der N-Saldo negativ (-15 kg N/ha).

DATENEINGABE		
Mittlere Bestandeshöhe [cm]	[cm]	45
Erntemethode [Auswahl]	[select]	Silage
Ernteverluste [%]	[%]	20
Leguminosenanteil [%]	[%]	50
ERGEBNISSE		
Ertrag [geerntet] [t/ha TM]	[t/ha DM]	3,2
N-Fixierung [kg N/ha]	[kg N/ha]	105
N-Abfuhr [kg N/ha]	[kg N/ha]	82
N-Saldo [kg N/ha]	[kg N/ha]	23



Zwischenfrüchte

Höhe der N-Fixierung von legumen Zwischenfrüchten ^[16]
(Richtwerte verschiedener Bundesländer)

Fruchtart	mittlerer Ertrag Frischmasse (t/ha)	N-Fixierung (kg/ha)
Klee gras (50:50)	15	20
Klee	15	38
Serradella (<i>Ornithopus sativus</i>)	15	32
Erbsen (Futter)	15	38
Wicken (Futter)	15	38
andere einjährige Futterleguminosen	15	32

Weißklee ist die am weitesten verbreitete Leguminose im Grünland. Im Allgemeinen werden ca. 30 kg N/ha fixierte N-Menge angenommen. Wie für Futterleguminosen im Ackerbau, ist auch im Grünland eine genauere Schätzung möglich:

1. Zur Ertragsabschätzung kann die Faustregeln (S. 43) verwendet werden.
2. Die N-Fixierung kann mit folgender Faustregel ermittelt werden ^[14].

Faustregel zur Schätzung der N-Fixierung im Grünland:
30 kg Nfix / 1 t Leguminosen-Trockenmasseertrag

Der Anteil an fixiertem Stickstoff kann stark variieren entsprechend des Kleeanteils im Grünland.

Höhe der N-Fixierung im Grünland (unter Verwendung der Faustregel)

Bruttoertrag (t TM/ha/Jahr)	N-Fixierung in kg/ha/Jahr bei einem Weißkleeanteil von			
	10 %	20 %	30 %	40 %
4	12	24	36	48
8	24	48	72	96
10	30	60	90	120

Wie bestimmt man den Leguminosenanteil im Grünland?

Mit dem **Leguminosen-Schätztrainer** können sie ihre eigenen Schätzungsfähigkeiten testen und trainieren.

Grünland

Maßnahmen zur Erhöhung der Stickstoff-Fixierungsleistung ^[5,17]

- Vorteilhaft sind ein ausgewogenes P-, K- und pH-Niveau, eine gute Bodenstruktur und der Anbau standortangepasster Fruchtarten.
- Im Feldfutterbau ist ein Leguminosenertragsanteil zwischen 70-80 % zur Erzielung einer positiven N-Flächenbilanz anzustreben.
- Schnittnutzung (Futterwerbung) führt zu höheren Leguminosenanteilen und deutlich höherer Fixierungsleistung als Mulchen.
- Eine Verbesserung der Wuchsleistung wird erreicht, wenn Futterleguminosen einmal zur Blüte kommen.
- Die höchsten Fixierungsraten werden zur Zeit der Blüte und Hülsenbildungsphase (bei Körnerleguminosen) erreicht. Deshalb sollten Ernte- und Mulchmaßnahmen erst danach durchgeführt werden.
- Legume Zwischenfrüchte sollten, wo immer möglich, in die Fruchtfolge integriert werden.
- Die N-Fixierung ist abhängig von der Bodentemperatur ($> 6^{\circ}\text{C}$) und der Vegetationsdauer. Legume Zwischenfrüchte beginnen erst nach ca. 5 Wochen mit der N-Selbstversorgung. Deshalb sollten sie so früh wie möglich gesät werden.
- Körnerleguminosen, v.a. Erbsen, weiße Lupinen und Sojabohnen verbessern die Phosphorverfügbarkeit und damit die N-Fixierungsleistung.
- Ein Gemenge aus Ackerbohnen und Hafer ist günstig für die Bekämpfung der schwarzen Bohnenblattlaus.
- Die Anbaupausen innerhalb der Fruchtfolge müssen je nach Leguminosenart beachtet werden.

Beispiele von N-Flächenbilanzen ^[17]

Im folgenden Beispiel werden N-Flächenbilanzen verschiedener Produktionssysteme dargestellt. Berücksichtigt werden muss, dass der Verkauf von Körnerleguminosen zu einem negativen N-Saldo führt. Außerdem hinterlassen Futterleguminosen eine ausreichende Stickstoffmenge für zwei bis drei Folgekulturen, während Körnerleguminosen nur eine Nachfrucht mit N versorgen. Deshalb sollten Futterleguminosen als Vorfrüchte vor den ökonomisch wichtigsten Kulturen angebaut werden (Fruchtfolge).

Leguminosenart	mit Tieren		ohne Tiere	
	Rotklee	Erbsen	Rotklee	Erbsen
Nutzungsform	Futter	Futter	Stilllegung	Verkauf
N-Fixierung, gesamte Pflanze	220	90	180	90
N in Ernteprodukten	-340	-140	0	-140
N-Rückführung über Wirtschaftsdünger ¹⁾	170	70	0	0
Gasförmige N-Verluste durch Mulchen	0	0	-35	0
N-Bilanzsaldo	+ 50	+ 20	+ 145	-50

¹⁾ geschätzte N-Verluste durch tierische Veredelung, Lagerung und Ausbringung: 50 %

Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen ^[5, 7]

Leguminosen-Gras

- Auf sandigen Böden sollten Bodenbearbeitungsmaßnahmen so spät wie möglich erfolgen (später Winter, zeitiges Frühjahr), um das Risiko der N-Auswaschung während des Winters zu reduzieren. Sowohl die Reduzierung der Arbeitsgänge als auch der Arbeitstiefe vermindert die Vorwintermineralisation. Das Abernten des letzten Aufwuchses vor dem Umbruch (Futterbau) minimiert das Mineralisationspotenzial erheblich.
- Leguminosen-Gemenge sollten einen Ertragsanteil an nichtlegumen Partnern (Gräser, Kruziferen) von ca. 20-25 % enthalten. Dies minimiert das Auswaschungsrisiko, da mineralisierter Stickstoff gleich aufgenommen werden kann.
- Zu beachten ist, dass durch Mulchen Ammoniakverluste entstehen können (5-15 %).

Körnerleguminosen

- Gras-Untersaaten nehmen Boden-N auf und reduzieren somit die Auswaschung auf leichten Böden.
- Wird eine Sommerung (z.B. Mais) nach Körnerleguminosen auf leichten Böden angebaut, sollte Gras als Untersaat oder eine Winterzwischenfrucht etabliert werden, um der Auswaschungsgefahr entgegen zu wirken.
- Wird eine Winterung (z.B. Roggen) nach Körnerleguminosen angebaut, sollte sofort nach dem Pflügen der Leguminosenstoppeln gedreht werden.

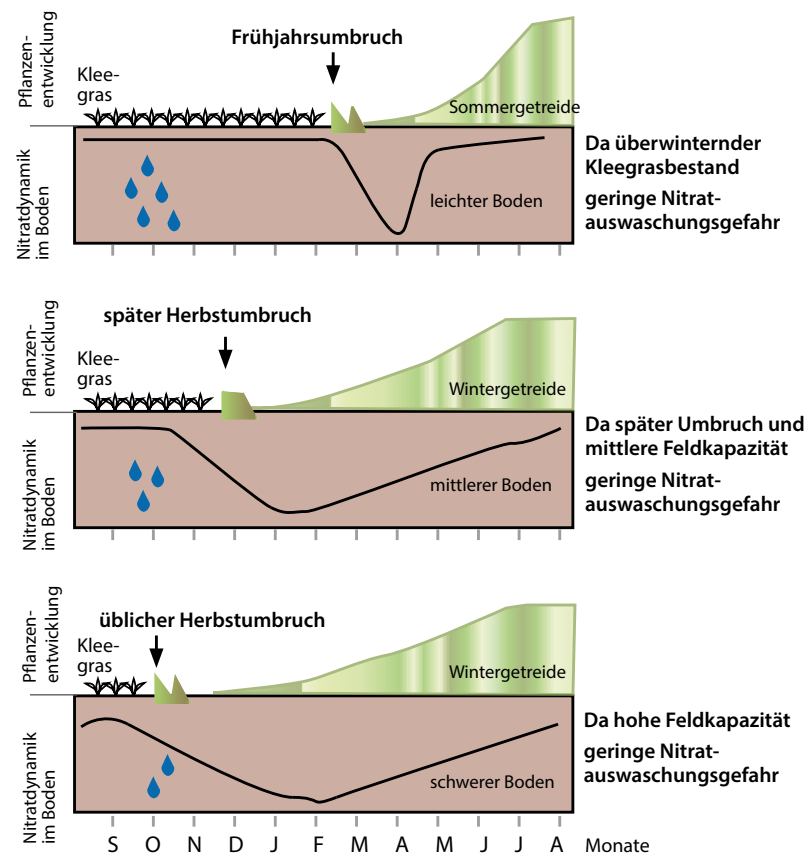
Leguminosen-Zwischenfrucht

- Auf leichten Böden sollten Leguminosen-Zwischenfrüchte nur als Gemenge mit Nichtleguminosen angebaut werden.
- Leguminosen-Zwischenfrüchte sollten vorzugsweise im Frühjahr umgebrochen werden.
- Bei Böden mit hoher Nährstoffauswaschungsgefahr sollte mindestens eine winterharte Nichtleguminose Teil des Gemenges sein.



Strategien zum Klee-grasumbruch zur Vermeidung der Nitratauswaschung

Schematische Darstellung der Bodenstickstoffgehalte verschiedener Böden nach standortangepasstem Umbruch von Rotklee-gras ^[18]



WIRTSCHAFTSDÜNGER

Karin Stein-Bachinger

Bedeutung	52
Potenzielle Nährstoffverluste (N, P, K)	53
Datengrundlagen	54
Nährstoffverfügbarkeit	56
Reduzierung von Nährstoffverlusten bei der Lagerung	58
Reduzierung von Nährstoffverlusten bei der Ausbringung	60
Gesetzliche Bestimmungen	62

Bedeutung

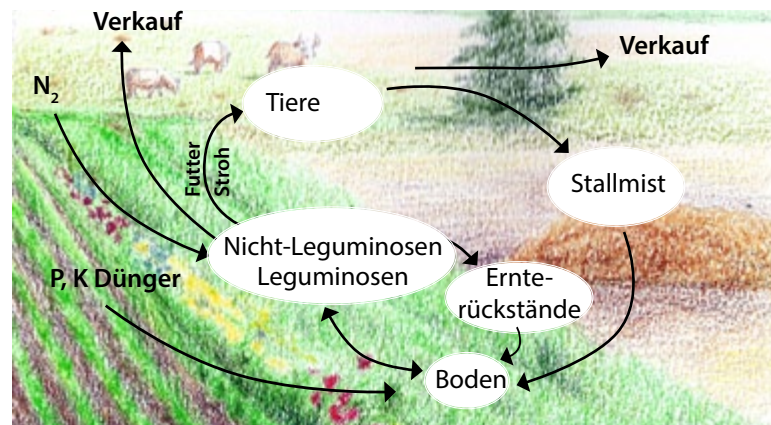


Stallmist und Co.

Für ERA-Betriebe spielen Wirtschaftsdünger eine Schlüsselrolle für die Nährstoffkreisläufe auf Betriebsebene. Sie stellen dem Boden nicht nur Nährstoffe zur Verfügung, sondern erhalten und erhöhen den Humusgehalt und die **Bodenfruchtbarkeit** (z.B. durch die Verbesserung des Wasserspeichervermögens, der Belüftung und Drainage sowie durch Förderung der mikrobiologischen Aktivität).

Bei Umstellung auf ökologisch, kreislaforientierte Landwirtschaft (ERA) ist die Planung einer effektiven Lagerung und Handhabung von Wirtschaftsdüngern von entscheidender Bedeutung, denn Nährstoffverluste sind eine ernsthafte Umweltbelastung und eine Verschwendung wertvoller Produktionsmittel. Wirtschaftseigene Düngemittel können flexibel in der Fruchtfolge eingesetzt werden. Die verfügbare Menge ist jedoch begrenzt, da der Tierbesatz auf die innerbetriebliche Futterproduktion des Betriebes bzw. von Betriebskooperationen abgestimmt sein muss. Der Zukauf externer Futtermittel sollte weniger als 20 % betragen.

Ungefähr 75-90 % der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium im Futter werden von den Tieren nicht verwertet und gelangen direkt in den Wirtschaftsdünger (**Tierhaltung**). Die Art der Düngerlagerung, -aufbereitung und -ausbringung hat einen wesentlichen Einfluss auf die effiziente Nutzung der Nährstoffe im Hinblick auf die Nährstoffspeicherung im Boden, die Humusbildung sowie die kurz- und langfristige Versorgung der Folgekulturen.

Nährstoffkreislauf auf Betriebsebene ⁽⁶⁵⁾

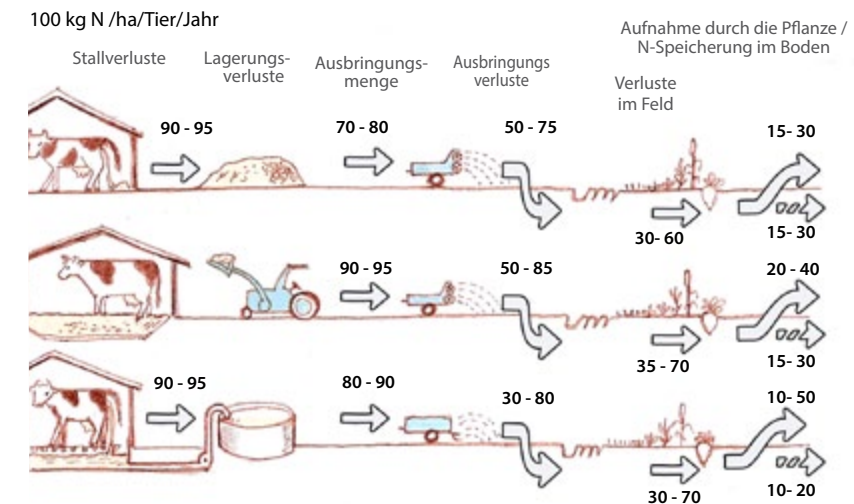
Definition von drei Wirtschaftsdüngerarten

- a) **Stallmist** = Mischung aus tierischen Exkrementen und Stroh (oder anderer Einstreu)
 b) **Gülle** = Tierische Exkemente (Kot + Urin)
 c) **Jauche** = Tierischer Urin

Potenzielle Nährstoffverluste (N, P, K)

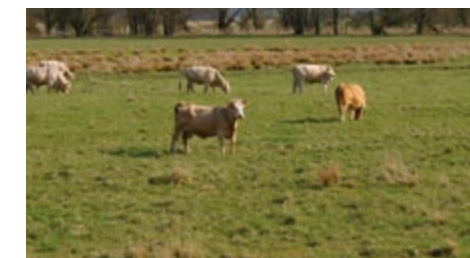


Stickstoffverluste können direkt beim Düngereinsatz im Stall oder auf der Weide entstehen bis zur Aufnahme durch die Pflanzen. Je nach Lagerung, Behandlung und Ausbringungsart treten unterschiedlich hohe gasförmige Verluste und/oder Auswaschungsverluste auf. Diese können in jeder Phase zwischen 5 % und 30 % variieren.

Potenziell verbleibender N aus Wirtschaftsdüngern in Abhängigkeit von Lagerung und Ausbringung ^[62]

Während der Kompostierung können neben N-Verlusten auch bis zu 50 % Kaliumverluste (K) durch Auswaschung und Oberflächenabfluss entstehen. Dagegen treten **Phosphor**verluste (P) hauptsächlich durch Bodenerosion nach der Ausbringung auf.

Je nach Art des Stalls und der Haltungsform wird der Wirtschaftsdünger unterschiedlich gelagert. Stallmist kann regelmäßig entnommen und bis zur Ausbringung auf einer Mistplatte oder im Feld kompostiert werden. In Tiefställen verbleibt der Mist über mehrere Monate direkt im Stall bzw. kann auch eine Zwischenlagerung, z.B. auf einer Mistplatte vor der Ausbringung erfolgen. Gülle und Jauche werden in Tanks gelagert. Möglichkeiten zur verlustarmen Lagerung und Ausbringung werden auf den folgenden Seiten näher erläutert.



Datengrundlagen

Die Menge und Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern können sehr stark variieren je nach Ausgangsmaterial (Tierart, Einstreu, Futter), Lagerungsdauer und -bedingungen. In der Praxis ist es schwierig, die genaue Menge des jährlich anfallenden Wirtschaftsdüngers zu bestimmen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den jährlichen Anfall an Wirtschaftsdüngern von Rindern, Schweinen und Legehennen. Detailliertere Angaben in Abhängigkeit bestimmter Haltungssysteme sind den entsprechenden Datensammlungen der Länder zu entnehmen ^[4].

Jährlich anfallender Wirtschaftsdünger bei verschiedenen Tierarten (365 Tage) ^[4]

Tierart	Stallmist ¹⁾ t pro Jahr	Gülle m ³ pro Jahr	Jauche m ³ pro Jahr
1 Rind > 2 Jahre	10 (22 % TM)	18 (8 % TM)	4 (8 % TM)
1 Muttersau mit Ferkeln	2 (22 % TM)	6 (5 % TM)	1.5 (5 % TM)
10 Mastschweine	8 (22 % TM)	19 (6 % TM)	6 (6 % TM)
100 Legehennen (Frischmist)	6 (22 % TM)	8 (14 % TM)	-

¹⁾ bei geringer bis mittlerer Einstreumenge: 2-4 kg/Tier und Tag;
TM = Trockenmasse

Kompostierung

Für ERA-Betriebe ist eine gute Stallmistkompostierung sehr wichtig. In der Regel wird Stroh als Einstreu verwendet. Stroh hat ein hohes Kohlenstoff/Stickstoff (C:N)-Verhältnis (80:1) im Vergleich zu reinem Rindermist (20:1). Der Kompostierungsprozess erfordert ein C:N-Verhältnis von 25-35:1 (siehe S. 56).

Die organische Substanz wird durch Mikroorganismen in Verbindung mit Sauerstoff zersetzt. Die Temperatur in der Miete steigt innerhalb einer Woche auf 60-70°C. Um Krankheitserreger, Unkrautsamen und Fliegenlarven abzutöten, muss die Temperatur für mindestens 15 Tage über 60°C liegen. Danach sollte sie unter 50°C bleiben, um gasförmige Verluste in Form von Ammoniak zu vermeiden ^[8,9].

In den letzten Stadien der Kompostierung sind Kompostwürmer an der Humusbildung beteiligt. Das Volumen des Mistkompostes verringert sich im Vergleich zum Ausgangsmaterial um 40 bis 60 %, je nach Höhe der Kohlenstoff- und Stickstoffverluste.

Umrechnungsfaktoren:

P	x	2,29	=	P ₂ O ₅
K	x	1,21	=	K ₂ O
P ₂ O ₅	x	0,44	=	P
K ₂ O	x	0,83	=	K



Nährstoffgehalte

Da Stallmist, Gülle und Jauche in der Praxis sehr unterschiedlich behandelt werden, können die Nährstoffgehalte bei der Ausbringung sehr stark variieren. Daher ist eine Nährstoffanalyse des Wirtschaftsdüngers empfehlenswert, um Fehler zu vermeiden und Geld zu sparen. Wenn dies nicht möglich ist, sollte berücksichtigt werden, dass in den Faustzahlen ^[4] häufig höhere Nährstoffgehalte angegeben werden als auf Ökobetrieben tatsächlich zu erwarten sind, da die gängigen Faustzahlen aus konventionellen Betriebssystemen stammen, die durch höhere Nährstoffimporte, z.B. aufgrund des Dünger- und Kraftfutterzukaufs, charakterisiert sind ^[6]. In der folgende Tabelle sind Mittelwerte aus Untersuchungen in Ökobetrieben dargestellt ^[5,6] (ausgenommen Hühnermist) als Orientierung für die eigenen Berechnungen.

Tierart	Art des Düngers	Trockenmasse (%)	N _{total}	P	K
Rinder	Frischmist (kg/t FM ¹⁾)	20	4	1,2	4,6
	Rottemist ²⁾ (kg/t FM)	22	5	1,2	6,6
Schweine	Rottemist ²⁾ (kg/t FM)	20	6	2,5	5
Geflügel	Hühnertrockenkot (kg/t FM)	60	30	10	13
Rinder	Gülle (kg/m ³ FM)	8	3	0,4	2,5
Schweine	Gülle (kg/m ³ FM)	6	4	1,5	3
Rinder	Jauche (kg/m ³ FM)	2	2	0,1	3

¹⁾ FM = Frischmasse ²⁾ bis zu 6 Monate kompostiert

Aufgrund der Substanzverluste während der Kompostierung von Stallmist wird das C:N-Verhältnis enger. Die Lagerung von Stallmistmieten sollte 6 Monate nicht übersteigen.

Verfügbare Stallmistmenge für Ackerland:

GVE /ha (im Stall)	Stallmist
1,0 GVE/ha (220 Tage im Stall)	→ 6 t/ha und Jahr
1,0 GVE/ha (290 Tage im Stall)	→ 8 t/ha und Jahr
0,6 GVE/ha (220 Tage im Stall)	→ 4,8 t/ha und Jahr

Nährstoffmenge von Rinderdünger pro ha:

30 t Rottemist	≈ 150 kg N	36 kg P	200 kg K
10 m ³ Gülle	≈ 30 kg N	4 kg P	25 kg K
10 m ³ Jauche	≈ 20 kg N	1 kg P	30 kg K

Rechenbeispiele

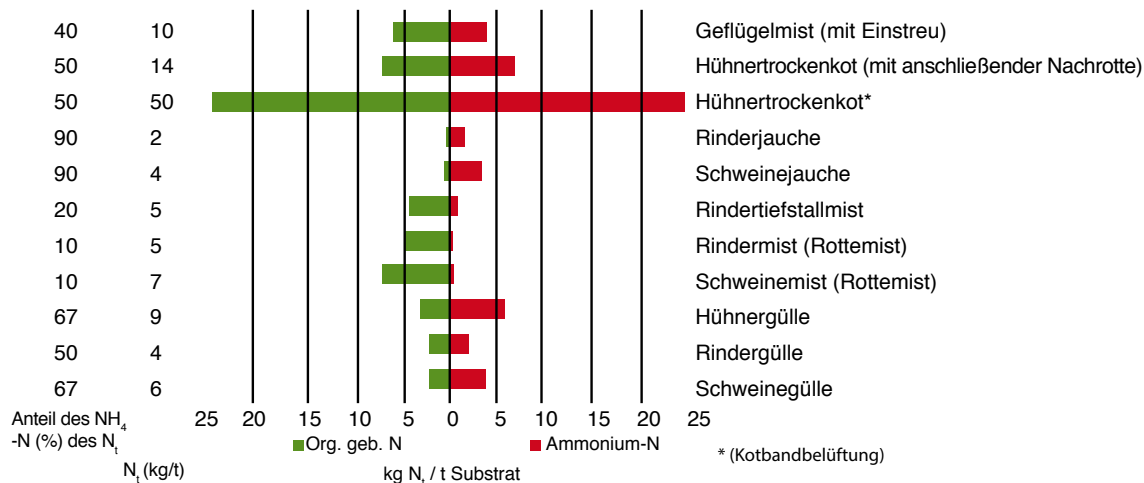


Nährstoffverfügbarkeit

Nitrat, Ammonium und Gesamtstickstoff

Der mineralische Stickstoff (NO_3^- (Nitrat) und NH_4^+ (Ammonium)) im Dünger ist direkt pflanzenverfügbar, während der organische Stickstoff erst durch Mineralisation über mehrere Jahre hinweg verfügbar wird. Je höher der Ammonium-Anteil am Gesamtstickstoff und je geringer das C:N-Verhältnis, umso höher ist die direkte Düngewirkung im Jahr der Ausbringung.

Stickstoffeigenschaften von Wirtschaftsdüngern^[4]



Was bedeutet das C:N-Verhältnis und warum ist es so wichtig?

Alle Lebewesen benötigen relativ große Mengen Kohlenstoff (C) und kleinere Mengen Stickstoff (N). Das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C:N-Verhältnis) beschreibt die Gewichtsanteile von C und N in den Substraten und ist ein Indikator der Stickstoffverfügbarkeit für Pflanzen und Mikroorganismen. Je höher der Kohlenstoff-Gehalt im Vergleich zum N-Gehalt ist, desto länger dauert der Zersetzungsprozess. Generell enthalten holzige Materialien viel Kohlenstoff. Ein C:N-Verhältnis von 25:1 ist optimal für die Aktivität der Mikroorganismen.

Kohlenstoff /Stickstoff-Verhältnis verschiedener Substanzen (Richtwerte)^[9]

Humus	10 – 12 : 1
Moorböden	10 – 30 : 1
Rinderfestmist	20 : 1
Geflügelmist	10 : 1
Gemüseabfälle	12 – 20 : 1
Laub	45 : 1
Stroh	80 : 1
Sägemehl	500 : 1
Holzschnitzel	100 – 500 : 1
Zeitungspapier	800 : 1



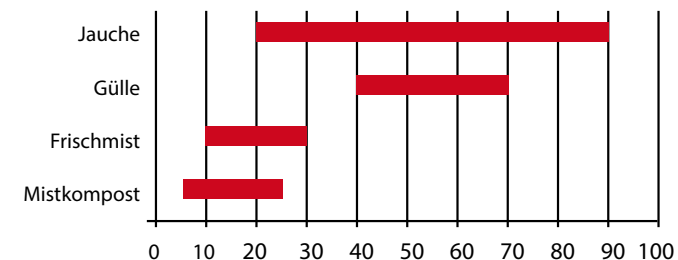
Humusaufbau aus organischen Materialien (in Humus-Äquivalenten)^[4,25]

Frischmist (20 % TM)	→ 28 kg Humus-C/t Substrat
Rottemist (25 % TM)	→ 40 kg Humus-C/t Substrat
Mistkompost (35 % TM)	→ 62 kg Humus-C/t Substrat
Schweine-/Rindergülle (8 % TM)	→ 8 kg Humus-C/t Substrat
Geflügelgülle (Kot 25 % TM)	→ 22 kg Humus-C/t Substrat

Beispiel: 20 t Rottemist liefern 800 kg Humus-C/ha für den Humusaufbau (Bodenfruchtbarkeit, ROTOR).

Die N-Ausnutzung kann sehr stark variieren. Bis zu 90 % des Stickstoffs in Jauche kann pflanzenverfügbar sein. Gleichzeitig besteht aber ein hohes Risiko durch gasförmige Verluste. Die N-Ausnutzung von Stallmist ist relativ niedrig, aber langfristig betrachtet kann bis zu 70 % des Stickstoffs pflanzenverfügbar werden^[4,6].

Stickstoffverfügbarkeit im ersten Jahr (%)



Im Gegensatz dazu sind ca. 50-60 % des Phosphors im ersten Jahr verfügbar. Auch der größte Teil des Kaliums ist direkt pflanzenverfügbar, da K hauptsächlich in anorganischer Form vorliegt. Allerdings können beachtliche K-Verluste während der Kompostierung auftreten (bis zu 50 % durch Sickerwasser) sowie auf sandigen Böden durch Auswaschung.

Potenzielle Verfügbarkeit von N und P aus Stallmist

Ausbringung von 30 t/ha/Jahr =	Verfügbarkeit im ersten Jahr	Verfügbare Menge/ha im ersten Jahr
150 kg N	→ 20 %	→ 30 kg
36 kg P	→ 50 %	→ 18 kg

Rechenbeispiele



Reduzierung von Nährstoffverlusten bei der Lagerung

Es gibt verschiedene Lagerungsmöglichkeiten für Stallmist vor der Anwendung. Er kann außerhalb des Stalls in Form von Mieten gelagert werden: entweder auf einer Mistplatte mit Sickergrube zum Auffangen anfallenden Sickerwassers oder am Feldrand. Hierbei müssen spezielle Vorschriften eingehalten werden, um eine Nährstoffauswaschung in den Boden zu vermeiden. Gülle und Jauche werden in Tanks gelagert (z.B. oberirdisch). Generell sollten die länderspezifischen gesetzlichen Bestimmungen bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern beachtet werden!

Stallmist

Das einfache Abkippen auf eine Miete (und hoffen, dass das Beste daraus wird) sollte nicht erfolgen, da dies zu hohen Nährstoffverlusten, besonders durch Auswaschung, führen kann. Eine Kompostierung auf einer Mistplatte ist, wie oben dargestellt, sehr empfehlenswert. Bei der Umstellungsplanung auf ERA-Landwirtschaft sollten sowohl die Mistplatte als auch das Futtersilo an die Sickergrube angeschlossen werden, damit alle Abflüsse gesammelt werden können ^[8].

Empfehlungen für die Mistlagerung am Acker ^[5]

- Zonierungsvorschriften beachten
- Maximale Lagerdauer: 6 Monate, Lagerplätze wechseln
- 5-10 cm des Oberbodens mit dem Mist aufnehmen, um alle Restnährstoffe zu erfassen
- Mindestabstand von 20 m zu Gewässern (im Flachland) einhalten
- In hängigen Gebieten: Miete quer zum Hang positionieren
- Ausbringung von Frühjahr bis Spätsommer, wenn die Auswaschungsgefahr gering ist.

Abdeckung und Schutz des Unterbodens zur Vermeidung von N- und K-Verlusten während der Lagerung ^[5]

Trockenmasse	Maßnahme	bis 500 mm Niederschlag	500-1000 mm Niederschlag	> 1000 mm Niederschlag
< 25 %	Abdeckung	Stroh (sinnvoll aber nicht unbedingt notwendig)	Vlies	Vlies oder Folie nach Selbsterhitzungsphase
	Unterflursicherung ²⁾	Sinnvoll	Notwendig	Notwendig ¹⁾
> 25 %	Abdeckung	Stroh (sinnvoll aber nicht unbedingt notwendig)	Stroh oder Vlies	Vlies
	Unterflursicherung ²⁾	Nicht notwendig	Sinnvoll	Notwendig

¹⁾ zusätzlich Vorkompostierung auf befestigter Mistplatte ²⁾ z.B. durch Stroh oder Tonminerale wie Bentonit

Maßnahmen zur Begrenzung der Ammoniakverflüchtigung bei der Kompostierung ^[5]

Verhältnisse	Maßnahmen zur Verbesserung
Warm, trocken, windig	Miete nicht umsetzen oder bewegen
Flache Mieten, große Oberfläche	Miete erhöhen, mit Stroh abdecken
Selbsterhitzung	Nicht bewegen oder umsetzen

Bei der Lagerung von Schweinegülle ist das Abdecken der Gülletanks die effizienteste Maßnahme, um gasförmige Emissionen zu reduzieren. Auch für Rindergülle ist eine Abdeckung empfehlenswert, obwohl die gasförmigen Verluste aufgrund der sich natürlich bildenden Schwimmschicht geringer ausfallen ^[4].

Die Umweltverträglichkeit unbehandelter Gülle kann durch die Belüftung der Gülletanks verbessert werden. Dabei kann zwar das Risiko gasförmiger Ammoniumverluste steigen, die Belüftung reduziert aber die unter anaeroben Bedingungen entstehende Geruchsbelastung ebenso wie Krankheitserreger und Unkrautsamen. Gleichzeitig wird die Pflanzenverträglichkeit verbessert. Die Tanks sollten mindestens die Güllemenge speichern können, die innerhalb von 6 Monaten anfällt.

Empfehlungen für die Lagerung ^[5]

Verhältnisse	Emissionsrisiko für Ammonium	Maßnahmen zur Verbesserung
Offener Tank	(Sehr) hoch	Oberflächenschicht erhalten, gehäckseltes Stroh aufstreuen
Abgedeckter Tank	Niedrig	
Belüftung	Sehr hoch	Belüftung unterlassen oder reduzieren, technische Abluftbehandlung erwägen
Fermentation (Biogasproduktion)	Niedrig	Sehr schnelle Einarbeitung nach Ausbringung



Gülle und Jauche



Reduzierung von Nährstoffverlusten bei der Ausbringung

Bei der Ausbringung von Gülle, Jauche und Hühnermist auf vegetationsfreiem Ackerland ist die sofortige Einarbeitung gesetzlich vorgeschrieben. Die Anwendung sollte nicht bei heißem, trockenem und windigem Wetter oder schwer befahrbarem/gefrorenen Boden erfolgen. Dickflüssige Gülle sollte verdünnt werden, damit sie von den Pflanzen abläuft und in den Boden einsickert.

Hinweise für die Ausbringung von Stallmist ^[6]



Technik	Verhältnisse	Risiko der Ammoniakverflüchtigung	Verbesserungsmaßnahmen
Ausbringung auf Ackerland	Ohne Bodenbedeckung	Warm, trocken, windig Kühl, feucht, windstill	Hoch Niedrig
	Mit Bodenbedeckung	Warm, trocken, windig Kühl, feucht, windstill	Hoch Mittel
			Sofortige Einarbeitung Einarbeitung sobald wie möglich Ausbringung unterlassen Möglichst mit Striegelmaßnahme kombinieren
Ausbringung auf Grünland	Warm, trocken, windig	Hoch	Ausbringung vermeiden
	Kühl, feucht, windstill	Mittel	

Verringerung von Ammoniakemissionen nach der Ausbringung von Gülle oder Jauche ^[4]

Maßnahmen zur Emissionsminderung	Einsatzgebiet	Emissionsminderung in %		Beschränkungen
		Rinder	Schweine	
Schleppschlauch	Ackerland			
	- unbewachsen	8	30	
	- mit Bewuchs (> 30 cm)	30	50	
	Grünland			
	- niedriger Bewuchs (<10 cm)	10	30	
	- höherer Bewuchs (> 30 cm)	30	50	Hangneigung nicht zu stark, Größe und Form der Fläche, dickflüssige Gülle, Bestandeshöhe
Schleppschuh	Ackerland	30	60	
	Grünland	40	60	wie oben, nicht auf sehr steinigen Böden
Gülleschlitz	Ackerland	>80	>80	wie oben, nicht auf steinigen Böden, sehr hoher Zugkraftbedarf, nur bedingt auf bewachsenem Ackerland einsetzbar
Direkte Einarbeitung (innerhalb 1 Stunde)	Ackerland	90	90	mit leichtem Gerät (Egge) nach Grundbearbeitung, mit Grubber oder Pflug nach der Ernte
Verdünnung	Grünland	-	30-50	nur auf Grünland

Pflanzenbauliche Empfehlungen für die Handhabung von Wirtschaftsdünger

- Düngung vor allem zu stark zehrenden Kulturen wie Hackfrüchten, (Silo-) Mais, Futterpflanzen und schnell wachsenden Zwischenfrüchten.
- Möglichst keine Düngung nach Vorfrüchten mit hohen Nährstoffrückständen (z.B. Leguminosen-Gras mit hohem Leguminosenanteil).
- Leguminosen nur mäßig mit Gülle düngen, da sonst die Stickstofffixierung beeinträchtigt wird.
- Stallmist einarbeiten, um die Nährstoffverfügbarkeit zu verbessern und gasförmige Verluste zu verringern:
 - o auf trockenen, sandigen Böden 15-20 cm
 - o auf schweren Böden 10-15 cm
- Die Ausbringung von Gülle und Jauche ist vom 1. November bis 31. Januar nicht erlaubt!
- Vor der Bodenbearbeitung düngen, um gasförmige Verluste zu reduzieren.
- Auf sandigen Böden Wintergetreide oder Grünland nicht im Herbst düngen, da die Gefahr der Nitratauswaschung über den Winter erhöht wird.
- Jauchedüngung zu Getreide während der Bestockung zur Ertragssteigerung und während der Kornfüllung zur Qualitätssteigerung.
- Besonders im Frühjahr ist für eine späte Jauchegabe zu Getreide eine besondere Ausbringungstechnik erforderlich, um Ammoniakverluste zu vermeiden.
- Gölledüngung zu Zwischenfrüchten und Winterraps vor September gewährleistet eine hohe Nährstoffaufnahme.
- Möglichst keine hohe Düngung zu Kartoffeln nach Kleeerasumbruch im Frühjahr, um die Knollengesundheit nicht zu gefährden.
- Gölledüngung auf Wiesen im Frühjahr vor dem ersten Schnitt, bevor die Pflanzenhöhe 15 cm erreicht; auf Weiden zeitig im Frühjahr, mindestens einen Monat vor Beginn der Beweidung.
- Wann immer möglich, Wirtschaftsdünger gleich nach der Ausbringung einarbeiten.
- Eher geringere Mengen einsetzen, um die Nährstoffeffizienz zu erhöhen.
- Gleichmäßige Verteilung auf Grünland sicherstellen, um eine Schädigung der Grasnarbe zu vermeiden und damit der Ausbreitung von Wurzelunkräutern vorbeugen.

Wo?

Wann?

Wie (viel)?

Düngungsplanung

Anwendung von Wirtschaftsdünger in der Fruchtfolge

6-gliedrige Fruchtfolge: 1 GVE/ha, 290 Tage im Stall:

8 t Mist/ha = 48 t/ha, die über 6 Jahre zur Verfügung stehen

Verteilung in der Fruchtfolge	24 t/ha für 2 Kulturen oder	16 t/ha für 3 Kulturen
Menge an Stickstoff	≈ 120 kg N/ha	≈ 80 kg N/ha
Minus 20 % Verluste	≈ 96 kg N/ha	≈ 64 kg N/ha
Verfügbarkeit im 1. Jahr	≈ 20 %	
Verfügbare Stickstoffmenge im 1. Jahr	≈ 20 N/ha	≈ 15 kg N/ha

Wichtig ist, die langfristige Verfügbarkeit über die gesamte Fruchtfolge zu berücksichtigen!

Gesetzliche Bestimmungen

Auf länderspezifische gesetzliche Bestimmungen ist zu achten!

In Deutschland müssen mehrere verschiedene Bestimmungen für die Anwendung von Wirtschaftsdüngern berücksichtigt werden, z.B. im Rahmen der Düngeverordnung http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/d_v/gesamt.pdf z.B. § 3 und § 4 (Auszug)

- Vor der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern müssen die N- und P-Gehalte bekannt sein.
- Gülle und Jauche mit hohen Anteilen an verfügbarem Stickstoff müssen auf Ackerland sofort eingearbeitet werden.
- Die maximal erlaubte Ausbringungsmenge beträgt 170 kg N/ha pro Jahr im Durchschnitt der gesamten landwirtschaftlich genutzten Flächen des Betriebes. Bioverbände erlauben eine Höchstmenge von 112 kg N/ha pro Jahr.
- Die Ausbringungstechnik muss den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen (u.a. verlustarme Ausbringung).
- Die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern mit hohem Gehalt an verfügbarem Stickstoff (Festmistausbringung außer Geflügelkot ist zulässig) ist in folgenden Zeiträumen verboten:
 - o 1. November bis 31. Januar auf Ackerland
 - o 15. November bis 31. Januar auf Grünland
- Ein Mindestabstand von 3 m entlang von Gewässern ist einzuhalten.
- Sonderregelungen für Wasserschutzgebiete sind zu beachten.

Forschungsprojekt innerhalb des Baltic Sea Region Programme: Baltic MANURE
 (Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management)



TIERHALTUNG

Katarina Rehnström and Åsa Odelros

Tierhaltung ist wichtig für ökologisch wirtschaftende Betriebe	64
Milcherzeugung	65
Raufutter als tragende Säule in der Winterfütterung	66
Lämmer- und Rindermast	68
Schafe	70
Schweine	71
Geflügel	75

Tierhaltung ist wichtig für ökologisch wirtschaftende Betriebe

In der ökologisch, kreislauforientierten Landwirtschaft (ERA) wird ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Pflanzen- und Tierproduktion angestrebt. Die Tierhaltung ist daher ein sehr wichtiger Teil dieses Systems. Der Ökolandbau hat für die Herausforderungen des Klimawandels und die knapper werdenden Ressourcen viele Lösungen erarbeitet, u.a die regionalen Nährstoffkreisläufe zu verbessern und Lebensmittel herzustellen, die qualitativ hochwertig sind und umweltschonend erzeugt werden. Aus diesem Grund ist die landwirtschaftliche Nutzfläche und die damit mögliche Futterproduktion entscheidend, welche und wie viele Tiere auf einem Hof gehalten werden können. Die Haltungsform und Fütterung der Nutztiere müssen an die speziellen Bedürfnisse der verschiedenen Tierarten angepasst werden. Alle Tiere sollten die Möglichkeit haben, ihr natürliches Verhalten auszuleben.

Die Tierproduktion ist deshalb interessant, weil sie – anders als Menschen - aus Raufutter Lebensmittel erzeugen können. Wiederkäuer wandeln faserreiche Pflanzen in energiereiche Lebensmittel um. Schweine und Geflügel können Abfälle verwerten und sich von Ausputz, Würmern und Insekten ernähren. Nutztiere sind nicht nur Protein- und Fettproduzenten. Schweine können z.B. auch zur Bodenbearbeitung von Feldern eingesetzt werden, Hühner suchen sich ihre Nahrung selbst, Wiederkäuer fressen Gras und Unkräuter auch an solchen Stellen, an denen keine Maschinenernte möglich ist.

Wiederkäuern kommt eine zentrale Rolle in der ERA-Landwirtschaft zu. Sie können Hülsenfrüchte und vor allem Futterleguminosen verwerten. Monogastrier wie Hühner und Schweine konkurrieren mit dem Menschen um die gleichen Lebensmittel. Deshalb sollten die Wiederkäuer die erste Priorität im Betrieb haben.

Der Anteil ökologisch gehaltener Tiere an der Gesamtproduktion in Schweden betrug 2010 19 % bei der Lämmerproduktion, 15 % bei der Rinderproduktion, 11 % bei Milchvieh, 3 % bei der Schweinemast und 11 % bei der Hühnerhaltung. Der Prozentsatz bei ökologischer Milchvieh-, Schaf- und Hühnerhaltung steigt jedes Jahr, während die ökologische Schweinehaltung stagniert.

Milcherzeugung

Katarina Rehnström, Åsa Odelros & Moa Larsson Sundgren

Die Fähigkeit von Wiederkäuern, Raufutter in Milch und Fleisch umzuwandeln, ist für die ERA-Landwirtschaft sehr wichtig. Kühe geben bei hohem Kraftfutteranteil mehr Milch, dies kostet jedoch über 1,5 bis 2-mal mehr Energie, verglichen mit ökologischer, aus Raufutter erzeugter Milch. Der hohe Kraftfutteranteil wirkt sich negativ auf die Tiergesundheit und Milchqualität aus. Die Kühe verwerten nicht alle Nährstoffe aus dem Kraftfutter ^[59], was zu Umweltbelastungen führen kann.

Leitgedanke in der ökologischen Milchproduktion ist, die Kühe während der gesamten Laktationszeit mit Raufutter zu füttern. Beweidung ist in Schweden die natürliche Futtergrundlage während der Vegetationsperiode von April bis September. Die Ernte und Fütterung von qualitativ hochwertigem Futter trägt entscheidend zur Wirtschaftlichkeit des Betriebes bei. Eine effektive Futterverwertung erhöht die Produktivität und mindert die Folgen für die Umwelt. Dies wird erreicht durch gesunde Tiere, angepasste Rassen, hohe Fruchtbarkeit und eine lange Lebenszeit ^[60]. Die Züchtung sollte diese Zuchtziele berücksichtigen, genauso wie die Fähigkeit, so viel Milch wie möglich aus dem Grundfutter zu produzieren. Milchkühe erzielen mit hochwertigem Grundfutter bis zu 6.000 kg Milch/Jahr, Einzeltiere bis zu 7.000 kg. Ein Vergleich von Bullen mit weiblichen Nachkommen in konventioneller und ökologischer Haltung führte zu einem veränderten Ranking der Spitzenbullen in Bezug auf die Vererbung der Milchleistung. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, Bullen speziell für den Ökolandbau ^[61] zu züchten. Die Landwirte haben die Wahl zwischen maximalem Milchertrag mit hohem Kraftfuttereinsatz oder der Erhöhung des Raufutteranteils mit geringeren Futterkosten und niedrigerem Milchertrag. Letztendlich sind die Produktionskosten je Liter Milch entscheidend für die Wirtschaftlichkeit.

Bedarf an Ackerland/Kuh und Jahr, einschließlich Färsen und Kälber; hoher Grad an Selbstversorgung ⁽⁶⁴⁾

Fruchtarten	Fläche
Futter (Feldfutter + Ganzpflanzen)	0,75 bis 0,95 ha
Weiden (Milchvieh) *	0,15 bis 0,25 ha
Getreide	0,25 bis 0,40 ha
Hülsenfrüchte	0,15 bis 0,25 ha
Raps	0,15 bis 0,25 ha
Gesamt	1,45 bis 2,10 ha

* Annahme: älteres Jungvieh auf Dauergrünland



Züchtung und Fütterung für hohe Erträge ist weder umweltfreundlich noch tiergerecht.



Raufutter als tragende Säule in der Winterfütterung

Die Kühe sollten freien Zugang zum Raufutter haben. Das bedeutet, dass man Verluste von 10-15 % akzeptieren muss. Lässt man Kühe wählen, lassen sie Futterreste stehen. Lange Fresszeiten sind wichtig und die Möglichkeit einer ganztägigen Beweidung. Wählen Sie schmackhafte Sorten mit hohem Energiegehalt. Lieschgras, Wiesenschwingel und Weidelgras werden gerne gefressen und haben hohe Energiegehalte.

Merkmale hochwertiger Kleeegrassilagen nach nordischen Richtwerten ^[64]

30 – 50 % Klee
11 MJ / kg TM
150 – 200 g Rohprotein / kg TM
400 – 500 g NDF / kg TM

Ganzpflanzensilagen, die Getreide und Mischungen mit Erbsen oder Ackerbohnen beinhalten, können in gewissem Maße Kleeegrassilagen ersetzen. Beispiele für geeignete Kombinationen sind Erbsengemenge mit Gerste und Hafer oder Gemenge von Ackerbohnen und Sommerweizen. Der Anteil von Erbsen oder Ackerbohnen in der Ganzpflanzensilage kann zwischen 30 und 70 % variieren. Die Maissilage kann wegen ihres hohen Energie- und niedrigen Proteingehalts ebenfalls gut in Kombination mit Kleeegrassilage verfüttert werden.



Futterergänzungen

Falls nötig, kann ökologisch erzeugtes Getreide oder Eiweißfutter zum Raufutter verabreicht werden. Die maximal empfohlene, tägliche Menge an Ergänzungsfutter liegt bei 5 kg Getreide, 3-4 kg Erbsen und 1,5 kg Rapssamen. Die Aufnahme ist abhängig von der individuellen Milchleistung der Kuh und der Qualität des Raufutters. Kartoffeln sind eine gute Ergänzung zum Getreide. Gekochte Kartoffeln enthalten mehr verdauliche Energie, als rohe. Wurzelgemüse, wie Futterrüben und Stoppelrüben werden zum Raufutter gezählt und sind besonders für den Ökolandbau interessant. Sie können hohe Erträge erzielen und sind sehr schmackhaft. Der Energiegehalt ähnelt dem von Getreide. Die tägliche Ration wird durch den niedrigen Rohfett- und Trockenmassegehalt begrenzt und sollte 25-30 kg Wurzelgemüse/Tag nicht überschreiten.

Alternative Fütterung

Früher hatte im Winter die Fütterung mit Laub eine wichtige Bedeutung. Laub hat einen hohen Nährwert und Proteingehalt sowie ein gutes Aminosäuremuster. Es enthält aber auch Inhaltsstoffe, z.B. Tannine, die die Verdaulichkeit reduzieren. Das Laub von Bäumen wie Ulme, Esche, Linde, Ahorn, Weide und Vogelbeere ist sehr gut verdaulich. Eine moderne Form der Fütterung von Laub könnte eine Mischsilage sein, die 10-20 % Weidetriebe enthält. Eine Kombination aus Klee gras-Weide und Kurzumtriebsplantage wäre auch möglich.



Beispiel für Futterrationen von Milchkühen ^[64]

- Heu mit guter Raufutterqualität - eine gute Ergänzung dazu ist Ganzpflanzensilage
- Ergänzung mit Getreide + Erbse/Ackerbohnen bei geringer und mittlerer Milchleistung
- Rapssamen/Lupine zu Laktationsbeginn

Lämmer- und Rindermast

Gut geeignet für ERA-Betriebe – die ökologische Rind- und Lammfleischproduktion



Was die Rind- und Lammfleischproduktion betrifft, gibt es nur wenige Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Betrieben. Das Produktionsverfahren ist für den Ökobetrieb gut geeignet und bedarf deshalb nur weniger Korrekturen. Der konventionelle Schafstall mit strohbedeckter Liegefläche für Schafe entspricht dem ökologischen Standard. In Kuhställen ist eine Liegebox aus Stroh erforderlich (der Fütterungsbereich kann auf Spaltenboden sein).

Die Ökofleischproduktion basiert weitgehend auf Beweidung von Grünland und Klee gras. Es ist relativ leicht, mit betriebseigenem Futter in der Schaf- und Rinderproduktion wirtschaftlich zu produzieren. Aus ökonomischer und physiologischer Sicht ist eine vorwiegende Versorgung mit Grundfutter sehr günstig für die Tier. Es gibt jedoch durchaus Situationen, in denen Ergänzungsfuttermittel nötig sind. Dann sollten Hülsenfrüchte aus eigener Erzeugung ausreichend Eiweißfutter bereitstellen.

Der Grundfutteranteil, Beweidung mit eingerechnet, kann zwischen 80 und 100 % schwanken, je nach Produktionsform.

Achten Sie auf einen hohen Kleeanteil in den Weideflächen ^[64]

- eine hohe N-Fixierung ist langfristig wichtig für die **Bodenfruchtbarkeit**
- Weißklee ist besser für Beweidung geeignet.



Der Schlüssel für eine wirtschaftliche ökologische Rind- und Lammfleischproduktion liegt darin, eine gute Schlachtqualität in der geplanten Zeit zu erreichen. Wichtig ist, die Schlachtqualität der Tiere selbst zu beurteilen, sie zu wiegen und sie dann zum richtigen Zeitpunkt zum Schlachten zu bringen. Am besten eignet sich dazu ein detaillierter Fütterungs- und Beweidungsplan. Beim Winterfutter ist die Qualität besonders wichtig und natürlich auch die richtige Menge. Vergessen Sie nicht, alle Futtermittel auf Inhaltsstoffe analysieren zu lassen.



Beweidung – bequem und billig

In der ökologischen Rind- und Lammfleischproduktion sowie in der Milchviehhaltung ist es wichtig, möglichst viel frisches Weidefutter zu erzeugen. Dies hilft, die Futterkosten zu minimieren bei gleichzeitig maximalem Futterwert.

Eine hohe Bedeutung für das Tierwachstum haben Wiesen und Weiden, die für Wiederkäuer die natürlichste Futtergrundlage sind. Über ein Drittel des Futters in der Rindfleischproduktion stammt aus Beweidung, und auch die Milchproduktion ist davon abhängig. Beweidung ist vollkommen ökologisch, da die Nährstoffe im Betriebskreislauf bleiben. Sie werden mit dem Futter von den Rindern oder Schafen gefressen und kommen über den Kot zurück auf die Fläche. Im Sommer ist es sehr wichtig, ein ausgewogenes Verhältnis von Futtermenge und Futterqualität anzustreben.

Im Frühsommer wächst das Gras sehr schnell auf, später verlangsamt sich das Wachstum deutlich. Günstig ist es, verschiedene Flächen abwechselnd zu beweiden. Um immer genug Futter zu haben, sollten Anbaufläche und Weidemanagement genau geplant werden. Es ist sinnvoll, Rinder und Schafe im Frühjahr so früh wie möglich auszutreiben. Besonders für Schafe ist es vorteilhaft, wenn auf den Weiden eine Vielzahl von Kräutern wachsen. Wenn Schafe wählen können, werden sie sich zu 2/3 von Kräutern ernähren, der Rest besteht aus Gras.

Beweidungstechniken

Die Tiere lernen das Weideverhalten voneinander, bis zu einem gewissen Grad sogar von anderen Arten. Ein Jungtier, das zusammen mit einem ausgewachsenen Tier weidet, lernt, wie es am besten weidet. Eine Jungtiergruppe sollte daher nicht ohne ältere Tiere auf die Weide, da nur diese ihnen die beste Weidetechnik beibringen können.

Die optimale Wuchshöhe des Futters für Schafe liegt bei 5-8 cm und für Rinder bei 8-13 cm. Zum Saisonende können höhere Bestände toleriert werden.



Fleischproduktion



Eine gute Weide hat zu Saisonbeginn einen Energiegehalt von über 11 MJ/ kg Trockenmasse. Forschungsergebnisse zeigen, dass eine ausreichende Fläche, ein gutes Weidemanagement vorausgesetzt, in Verbindung mit 1-2 kg zusätzlichem Heu ausreichen, um im Frühsommer bis zu 18 kg Milch zu erzeugen. Im Hochsommer werden daraus bis zu 15 kg Milch und zu Saisonende bis zu 12 kg. Für Jungbullen können Zuwachsraten von rund 1.000 g/Tag erreicht werden. Die Zuwachsraten oder die Milchproduktion sind etwas höher, wenn die Weide viel Klee enthält.

Gemischte Beweidung

Gemischte Beweidung minimiert den Parasitenbefall und steigert die Futteraufnahme. Junge Kälber, die 3-4 Monate alt sind, und andere junge Tiere reagieren empfindlich auf Endoparasiten. Dies ist einer der Gründe, warum Jung- und Alttiere nicht auf der gleichen Weide grasen sollten. Wenn Tiere das erste Mal auf die Weide gehen, ist es wichtig, dass die Weide „sauber“ ist. „Sauber“ heißt, dass die Fläche im Jahr vorher nicht von Tieren der gleichen Art beweidet wurde bzw. dass die Fläche nach der Beweidung bearbeitet wurde.

Eine andere Möglichkeit ist, die Fläche abwechselnd oder gleichzeitig mit verschiedenen Arten, z.B. Rindern und Lämmern zu beweiden. Dies wäre eine ökologische Methode, Endoparasiten zu bekämpfen und auch die Weide effektiver zu nutzen. Generell treten in einem Landwirtschaftsbetrieb mit verschiedenen Tierarten weniger Probleme mit Parasiten auf als in einem Betrieb mit nur einer Tierart. Sehr günstig ist, Rinder oder Pferde nach Schafen weiden zu lassen.

Vorbeugende Maßnahmen sind sehr wichtig als Alternative zu Entwurmungsmitteln. In der ERA-Landwirtschaft kann jede Art von Wurmbefall durch niedrige Besatzdichten, wechselnde Beweidung durch verschiedene Tierarten und die Auswahl geeigneter Rassen reduziert werden.

Schafe

Beispiel einer Winterfütterration (TM) für ein Mutterschaf von 85 kg mit 2-3 Lämmern ^[66]

Futter	kg
Heu	1,8
Weizen	0,7
Hafer	0,5
Erbsen	0,3



Schweine

Ökologische Schweineproduktion – eine interessante Nische

Schweine sind - wie Menschen - Monogaster. Sie konkurrieren mit Menschen um die gleichen qualitativ hochwertigen Proteine und Getreide. Schweine spielen deshalb im Ökolandbau eine sekundäre Rolle. Der Besatz an Schweinen muss sich an der bewirtschafteten Fläche und Fruchtfolge orientieren. Schweine können nicht nur Erntereste effizient verwerten, sondern auch Abfallprodukte aus dem regionalen Lebensmittelhandel, z.B. aus Supermärkten oder Großküchen. Während sie im Boden wühlen, fressen sie auch unerwünschte Insekten. Schweine können auch in der Waldwirtschaft auf umweltfreundliche Art eingesetzt werden. Zukünftig sollte in der ERA-Landwirtschaft die Schweineproduktion in geringerem Maßstab als heute erfolgen.

Leitfaden für eine ökologische Schweineproduktion

- Schweine sind von Natur aus neugierig und freuen sich, wenn sie wühlen können.
- Schweine brauchen Zugang zu großen Flächen – wenn möglich, ganzjährig.
- Schweine inkl. ihre Unterstände sollten auf verschiedenen Flächen gehalten werden mit Mindestpausen von 3-4 Jahren.
- Schweine sollten in Gruppen gehalten werden.
- Sauen sollten eine Möglichkeit haben, ein Nest zu bauen, bevor sie ferkeln.
- Schweine brauchen ausreichend Platz, um ungestört fressen, trinken, ruhen und koten zu können.

Die Betriebsfläche bestimmt die Herdengröße

Gesetzlich wird eine Mindestfläche für die Ausbringung von Mist und Gülle vorgeschrieben. Bei Ausbringung auf Ackerland müssen Nährstoffgehalt und Bedarf der Pflanzen berücksichtigt werden. Schweine passen gut zu einer ökologischen Fruchtfolge, weil sie am Ende der Klee-grasphase die Fläche mit ihrem Kot düngen. Ein Landwirt, der Ökoschweine hält, muss den Wechsel von Feldfutterbau und Weidehaltung sorgfältig planen. Nur so kann er das Wohlergehen der Tiere gewährleisten und Nährstoffausträge minimieren.

Stallformen können stark variieren. Einige Landwirte halten die Schweine ganzjährig in Unterständen; andere bevorzugen einen festen Stall im Winter und Freilandhaltung mit Unterständen im Sommer. Eine dritte Alternative ist die ständige Stallhaltung. Stallhaltung ist zwar bei schlechten Wetterbedingungen möglich, vorausgesetzt, es wird ausreichend Stroh eingestreut und die Schweine haben ständig Zugang zum Auslauf im Freien.



Futtermittel – ökologisch und im eigenen Betrieb erzeugt

Getreide ist der Hauptbestandteil im ökologischen Schweinefutter. Überaus wichtig ist qualitativ hochwertiges Protein, speziell für junge Schweine. Forschungsarbeiten zeigen, dass es möglich ist, ältere Schweine mit weniger Eiweiß zu füttern und damit trotzdem gute Ergebnisse in Bezug auf die Zuwachsraten und Fleischqualität zu erzielen.

Am schwierigsten ist die ökologische Fütterung von säugenden Sauen und frisch abgesetzten Ferkeln.

Traditionell wurden Schweine im Betrieb gehalten, um Abfälle zu verwerten. Es gibt viele Möglichkeiten, Schweinefutter zu ergänzen: Weizenkleie, Weizengries, getrocknete Zuckerrübenpulpe, Melasse, Biertreber, entrahmte Milch oder Magermilch usw. Entrahmte Milch z.B. könnte als Nebenprodukt in der Molkerei anfallen. Magermilch ist ein exzellentes und gut verdauliches Futter für Schweine aller Altersstufen. Es gibt keine Grenzen, was die Futtermengen betrifft, bei der Futtermittelhygiene muss jedoch Sorgfalt walten. Auch Wurzelfrüchte bieten sich als Futterergänzung an: z.B. Kartoffeln, Möhren, Futterrüben, Steckrüben, Mairübschen und Zuckerrüben. Überreste an Kartoffeln oder solche, die nicht für den menschlichen Verzehr geeignet sind, können als Schweinefutter verwendet werden. Kartoffeln sind eine ausgezeichnete Energiequelle, enthalten Proteine und wichtige Vitamine und Mineralien. Durchschnittlich 6 kg rohe oder 6,5 kg silierte Kartoffeln sind notwendig, um 1 kg Gerste zu ersetzen. In der Endmast können über 25 % der Futtertrockenmasse aus rohen Kartoffeln bestehen, die Leistung sinkt jedoch im Vergleich zu einer getreidebasierten Fütterung. Durch Kochen der Kartoffeln wird der Energiewert um 40 % verbessert bzw. unverdauliche Bestandteile werden inaktiviert.

Ein großes Potenzial, Nährstoffe aus der Landwirtschaft wieder zurückzuführen, besteht in der Trennung von Lebensmittelabfällen. Diese Form des Lebensmitteleinsatzes könnte von Zertifizierungsstellen für den Einsatz im Ökolandbau genehmigt werden. Die Kontrollen müssen eine gute Rückverfolgbarkeit und eine geringe Kontamination mit unerwünschten Stoffen gewährleisten, um Hygiene- und Umweltauflagen zu erfüllen.



Beweidung und Grünfutternutzung hängen vom Alter der Schweine ab

Die Fähigkeit von Schweinen, Weide und Raufutter zu verwerten, hängt von ihrem Alter und ihrer Fähigkeit ab, dieses zu verdauen. Schweine benötigen blattreicheres Futter mit weniger Halmen und Stroh als Kühe. Ältere Schweine können bis zu 70 % blattreiches Raufutter zu sich nehmen und damit 50 % ihres Energiebedarfs decken. Junge Ferkel sind aufgrund ihres noch nicht entwickelten Verdauungstraktes nicht in der Lage, große Mengen an Raufutter zu fressen. Sie brauchen in ihrer Futterration qualitativ hochwertiges Getreide und Eiweiß. Werden die Tiere jedoch älter, steigt auch ihre Fähigkeit, Raufutter zu verwerten. Bei heranwachsenden Schweinen kann die Raufutteraufnahme bis zu 15 % TM erreichen, wenn man die Fütterung mit Kraftfutter beschränkt. Die Zuwachsraten sind dann zwar geringer, die Schlachtkörper jedoch weniger fett.

Trächtige Sauen können große Mengen an Futter mit geringem Energiegehalt fressen und verdauen. In der Laktationszeit sind sie jedoch auf Kraftfutter angewiesen, sonst verlieren sie an Gewicht und geben wenig Milch. In diesem Stadium ist energiereiches Zusatzfutter notwendig.

Schweine schätzen schnell die Qualität einer Weide ab. Ist die Weide mager, durchwühlen sie diese und fressen Wurzeln. Manche Landwirte beziehen Schweine in ihre Fruchtfolge mit ein, da sie die Narbe durchwühlen können und damit den Boden belüften. Die Tiere kommen auf die nächste Fläche, wenn sie Früchte und Unkraut gefressen und den Boden ausreichend durchwühlt haben. Schweine suchen Würmer und Insekten im Boden, die für sie eine wertvolle Proteinergänzung zum Futter darstellen. Nachdem Schweine auf einem Feld gehalten wurden, ist eine reduzierte Bodenbearbeitung vor der Bestellung der Folgefrüchte nötig.



ERA-Empfehlungen

- Beweidung auf wechselnden Schlägen
- Auf qualitativ hochwertiges Weidefutter achten
- Futterergänzung durch Getreide und Leguminosen vom eigenen Betrieb

Beweidung von Waldflächen

Eine interessante Option ist die Beweidung von Waldflächen. Schweine werden wegen ihres wertvollen Beitrages zur Waldbewirtschaftung geschätzt. Eine angepasste Bewirtschaftung hilft, natürliche Habitate durch Wiederbesiedlung von Pflanzen zu erhalten. Wald bietet den Schweinen Unterstand und Schutz gegen Nässe. Ferkel unter einem Monat sollten sich nicht in Waldflächen aufhalten. Waldflächen, auf denen Schweine gehalten werden, müssen sicher mit Elektrozäunen abgegrenzt werden. Den Schweinen muss eine trockene Ruhezone zur Verfügung stehen, die mit Stroh eingestreut ist.

Beispiel einer Futterration für laktierende Sauen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Sauen im Frühsommer ferkeln und auf einer Weide mit qualitativ hochwertigem Futter gehalten werden ^[66].

Futtermittel	%
Gerste	53,75
Magermilch	11,75
Leguminosen-Gras-Weide	10,1
Ganzpflanzensilage mit Erbsen	10,35
Gedämpfte Kartoffeln	3,4
Kraftfutter	10,7

Geflügel**Eine Herausforderung: Legehennen in der ERA-Landwirtschaft**

Hühner haben die Fähigkeit, ihre Nahrung selbst zusammenzustellen, auch was die erforderlichen Nährstoffe betrifft. Der Muskelmagen von Hühnern arbeitet wie eine Mühle, weshalb sie fast alles fressen können, z.B. Samen, Insekten und Würmer. Im Obstgarten können Hühner oder anderes Geflügel nutzbringend eingesetzt werden, um (schädliche) Insekten zu verzehren. Gut eingesetzt werden können Hühner auch auf Weiden zusammen mit Rindern. Sie verbreiten den Rinderkot und senken den Befallsdruck von Darmparasiten, was zu einer besseren Weidenutzung führt.

Ökologisch gehaltene Legehennen sind im Vergleich zur konventionellen Eierproduktion durchaus eine Herausforderung. Die modernen Hühnerrassen sind mit dem Ziel gezüchtet worden, möglichst viele Eier zu legen und Futter effizient zu verwerten.

Auch im ökologischen Landbau halten die meisten Geflügelbetriebe in Europa Hybriden, die speziell für eine konventionelle Haltung gezüchtet wurden. Das ist einer der Gründe, warum Probleme in der Fütterung und im Herdenmanagement auftreten. Landrassen oder Zweinutzungsrasen einzusetzen, ist bisher meist keine Lösung, da diese niedrige Lege-raten haben und nicht wirtschaftlich gehalten werden können.

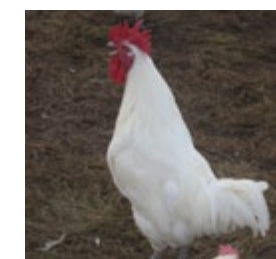
Geflügel und Menschen konkurrieren um die gleichen Nahrungsmittel. Auch Ökohennen werden hauptsächlich mit Getreide, Mais, Erbsen und Sojabohnen gefüttert. Das ist ein Grund, warum die Geflügelhaltung in der ERA-Landwirtschaft nur bis zu einem gewissen Grad sinnvoll ist.

Beispiele für Eiweißfuttermittel, die in einem Ackerbaubetrieb erzeugt werden können

Ackerbohnen
Erbsen
Sonnenblumenkerne
Rapssamen

Neue, sehr hochwertige Proteine für die Ökofütterung

Fliegenlarvenmehl
Algen
Muschelfleischmehl
Hanf- und Sesam-Presskuchen
Produkte aus fermentierten Aminosäuren



Futter

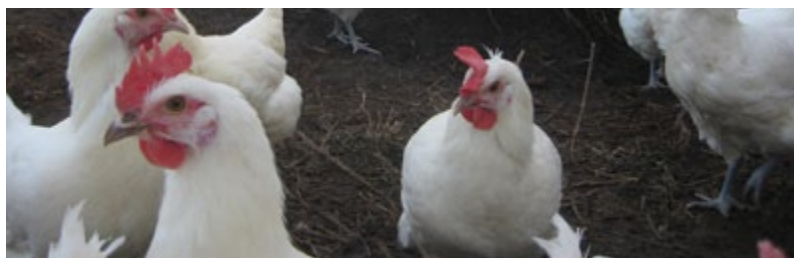
Eine ökologisch gehaltene Legehenne frisst täglich zirka 130 g Futter, bestehend aus Getreide wie Weizen, Gerste, Hafer oder Mais. Eine Faustregel ist, dass je ein Drittel von jeder Komponente enthalten sein sollte. Eine gute Proteinqualität im Futter bedeutet einen höheren Anteil an betriebseigenem Getreide in der Tagesration. Der Getreideanteil an der Futterration beträgt in der Regel etwa 60 – 80 %.

Soja wird meist aus dem Ausland importiert und trägt außerdem zur Zerstörung des Regenwaldes und zum Umbruch von natürlichem Grünland bei. In Skandinavien wird häufig Fischmehl an ökologisch gehaltene Legehennen verfüttert - auch dies ist eine Proteinquelle, die kritisch diskutiert wird. Neue, hochwertige Proteine für die Ökofütterung werden in Zukunft an Bedeutung zunehmen.

Lasst die Henne ihr Futter selbst suchen

Eine Legehenne muss nicht scharren und picken, um an Futter zu kommen, dennoch ist es ihr angeborenes Verhalten bei der Futtersuche. Im Tagesablauf ist eine Henne normalerweise 65 % der Zeit damit beschäftigt, am Boden zu scharren und Futter zu suchen. Es ist eine echte Herausforderung, solche Bedingungen zu schaffen, die es den Hühnern erlauben, ihr angeborenes Verhalten auszuleben. Geflügelhalter müssen sicherstellen, dass Hühner so gehalten werden, dass weder Federpicken noch Kannibalismus auftreten.

Wenn wir den Hennen eine freie Nahrungsauswahl ermöglichen, ersparen wir uns eine Menge Arbeit. Untersuchungen haben ergeben, dass zumindest in kleinen Herden von bis zu 30 Hühnern eine sogenannte ‚Cafeteria‘-Fütterung möglich ist. Im Sommer wurden die Hennen einzeln im Auslauf mit ganzen Weizen- und Haferkörnern, mit Seemuscheln, Fischmehl, Klee-Luzerne-Heu und Gras versorgt. Im Winter wurden sie mit einer Mischung aus gequetschtem Getreide, Lebertran, Kohl und Rüben, Salz und Spurenelementen gefüttert.



Raufutter

Untersuchungen der vergangenen Jahre zeigen, dass Geflügel bis zu einem gewissen Maße Nährstoffe aus dem Raufutter aufnehmen kann. Raufutter macht Hennen ruhiger und weniger aggressiv; das Federpicken nimmt ab und die Sterblichkeit sinkt.

Im Sommer sollte das Raufutter von der Weide kommen, im Winter sollten z.B. Silage oder Möhren gefüttert werden. Hennen bevorzugen fein gehacktes, maximal 5 cm langes Raufutter und Ganzpflanzensilage. Einer dänischen Studie zufolge nimmt eine Henne pro Tag bis zu 50-60 g Ganzpflanzensilage zu sich. Auch Kohl kommt als Raufutter in Frage. Hennen fressen ihn gern und er hat eine gute Proteinqualität.

Lebensmittelabfälle und Nebenprodukte

Geflügel war ein wichtiger Abfallverwerter in kleinbäuerlichen Betrieben. Um Eier zu produzieren, wurden Abfallprodukte aus der „lokalen Lebensmittelkette“ verfüttert, z.B. Küchen- und Gartenabfälle und Reste aus Lebensmittelläden. Legehennen waren ein wichtiger Teil der Wiederverwendung. Warum nutzen wir heute diese Möglichkeit nicht mehr?

Es gibt verschiedene Nebenprodukte, die für die Fütterung von Legehennen geeignet wären: Milchprodukte, Brauereiabfälle und Abfälle aus Bäckereien. Die Wiederverwendung von Lebensmittelabfällen wird zukünftig eine wichtige Rolle spielen.

Legehennen sollten gut ins Leben starten

Die Aufzuchtbedingungen bestimmen mehr als 60 % der Legeleistung im zukünftigen Legehennenbetrieb. Daher ist es wichtig, dass die Haltungsbedingungen im Aufzuchtbetrieb, wie Haltungssystem, Tageslicht, Zugang zum Auslauf usw. ähnlich sind wie im späteren Legebetrieb. Verhaltensstörungen sollten unbedingt während der Aufzucht vermieden werden. Weniger Federpicken wurde beobachtet, wenn die Tiere mit ausreichender Einstreu aufgezogen wurden. Gute Einstreu ist auch in der Legeperiode sehr wichtig. Federpicken tritt zudem häufiger auf in größeren Herden und bei höherer Besatzdichte.



Stallhaltung



Der Hühnerstall muss sorgfältig geplant werden. Genügend Fläche muss vorhanden sein, ausreichend Nester und Sitzstangen sowie genügend Möglichkeiten, ein Staub-Bad in frischer Einstreu zu nehmen. Stellen Sie sicher, dass der Hühnerstall so nagetiersicher wie möglich ist. Der Kot muss regelmäßig beseitigt werden, vorzugsweise 1 bis 2mal pro Woche. Ein Hühnerstall mit einer großen Herde muss ein gutes Belüftungssystem besitzen, während bei kleinen Herden ein gutes Innenklima durch natürliche Lüftung gewährleistet werden kann.

Ein mobiler Hühnerstall – eine perfekte Lösung

Ein mobiler Hühnerstall kann verschiedenen Zwecken dienen und eignet sich, die Produktion von Eiern mit dem Pflanzenbau zu verbinden. Die Hühner düngen die Weide und ernähren sich von Insekten und Pflanzen. Durch regelmäßiges Umstellen des Hühnerstalls minimiert man die Risiken eines Parasitenbefalls. Ein mobiler Hühnerstall kann selbst gebaut oder gekauft werden mit einer fertigen Ausstattung für 200 – 1.200 Legehennen.

Beispiel für eine rein pflanzliche Futtermittelration für 20-28 Wochen alte Legehennen

Futtermittel	%
Weizen	16,85
Mais	6,0
Sonnenblumenkuchen	10,8
Sojabohnen	30,57
Rapssamen	5,0
Hanfsamen	20,63
Luzernemehl	2,0
Kalziumkarbonat	4,5
Schalen von Krustentieren	4,3
Monocalciumphosphat	0,15



PFLANZENSCHUTZ

Stefan Kühne und Sara Preißel

Bedeutung	80
Prinzipien des ökologischen Pflanzenschutzes	81
Vorbeugender Pflanzenschutz	82
Habitatgestaltung zur Förderung von Nützlingen und Feldvögeln	84
Beikrautregulierung	85
Direkte Regulierungsmaßnahmen	86

Bedeutung

Probleme in der Vergangenheit und Zukunft

Die Pestizidanwendung der intensiven Landwirtschaft verursacht große ökologische Schädigungen der Ostsee sowie anderer Ökosysteme. Obwohl ein Verbot der besonders toxischen Pflanzenschutzmittel die Situation zeitweilig gelindert hat ^[26], ist die Anwendung von Pestiziden, insbesondere Herbiziden, im Einzugsgebiet der Ostsee seit den 1990er Jahren steigend ^[27, 28]. Landwirtschaftliche Pestizide sammeln sich in Flussmündungen an und gefährden Meereslebewesen und Menschen.

Prinzipien für ERA-Betriebe

Im Ökologischen Landbau bzw. in ERA-Betrieben werden keine Herbizide oder andere synthetische Pflanzenschutzmittel angewendet und damit nicht in die Ostsee eingetragen. Beikräuter, Krankheiten und Schädlinge werden stattdessen hauptsächlich durch vorbeugende Maßnahmen reguliert. Dazu ist eine genaue Kenntnis der Biologie von Schadorganismen und ihrer Wechselwirkungen, sowie der pflanzenbaulichen Maßnahmen, die Auftreten und Vermehrung beeinflussen, nötig.

Pflanzenschutzkonzept für ERA-Betriebe

- Verbot synthetischer Pflanzenschutzmittel, insbesondere Herbizide
- Verbot gentechnisch veränderter Organismen

Nutzung natürlicher Regelmechanismen

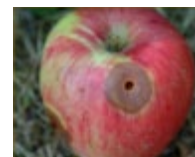
Nützlinge fördern und schonen durch vielfältige Saumstrukturen



Saumstrukturen fördern Blattläusräuber wie die Florfliege

Biologischer und biotechnischer Pflanzenschutz

Schädlinge verwirren durch Sexualduftstoffe (Pheromone)
Nützlingseinsatz, z.B. Schlupfwespen
Anwendung von Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze)



Pheromone gegen Apfelwickler

Pflanzenschutzmittel auf naturstofflicher Basis

z.B. von Pflanzenextrakten (Neembaum, Chrysanthemen) oder Kaliseife



Neemextrakte gegen Kartoffelkäfer

Prinzipien des Ökologischen Pflanzenschutzes



Die größten Herausforderungen

Da sich durch die Umstellung auf ERA-Landwirtschaft die Bedeutung der verschiedenen Schadorganismen ändert, ist es besonders wichtig zu ergründen, welche Schädlinge große ökonomische Schäden auf den eigenen Feldern verursachen. Durch die weiteren Fruchtfolgen und extensivere Düngung wird auf langfristig ökologisch bewirtschafteten Betrieben oft ein vielfältigeres, aber seltener schädliches Auftreten von Krankheiten und Schädlingen beobachtet. Beispielsweise verursachen bodenbürtige Krankheiten oder Blattläuse weniger Schwierigkeiten im Ökolandbau als im konventionellen. Erhöhte Probleme bereiten stattdessen samenbürtige Krankheiten (Getreide), Kraut- und Knollenfäule, Krankheiten und Schädlinge an Körnerleguminosen (Blattrandkäfer, Blattläuse, Pilzkrankheiten), Mäuse und Drahtwürmer in Futterkulturen, Lagerschädlinge und Beikräuter ^[29].

Trotz Beachtung aller vorbeugenden Maßnahmen können direkte Regulierungsmaßnahmen nötig werden. Zur Einschätzung der Notwendigkeit sollte die Schädlingsentwicklung genau beobachtet werden (z.B. mit Hilfe von Pheromonfallen in Obstanlagen und Getreidelagern) und die wirtschaftlichen Kosten und ökologischen Nebenwirkungen der Regulierungsmaßnahmen genau abgewogen werden.

Handlungsrahmen



© Julius Kühn-Institut



Vorbeugender Pflanzenschutz ^[30]

Eine vorbeugende Pflanzenschutzstrategie muss auf Schädlinge, Krankheiten und Beikräuter gleichermaßen zugeschnitten werden aufgrund der verschiedenen Wechselwirkungen untereinander. Beispielsweise können Schädlinge Viren übertragen und Eintrittsstellen für Pilzerreger verursachen; Beikräuter begünstigen durch ein feuchtes Mikroklima Pilzkrankheiten und können Wirtspflanzen für Krankheiten, insbesondere Nematoden, darstellen. Andererseits sind blühende Beikräuter wichtig, um Nützlinge anzuziehen. Lokale Berater und Behörden können Informationen zu Bezugsquellen u.ä. geben.

Maßnahme	Beispiele/Anwendung
Geeignete Standort- und Sortenwahl	
Verwendung resistenter Sorten	z.B. Anthraknose-resistente Gelbe Lupine Wechseln von Sorten mit verschiedenen Resistenzgenen Frühe Kartoffelsorten können vor Kraut- und Knollenfäule-Befall geerntet werden
Verwendung von speziell für ökologische Landwirtschaft gezüchtete Sorten	z.B. Getreidesorten, die an Nährstoffverfügbarkeit und Krankheitsspektrum im Bio-Anbau angepasst sind
Verwendung von Mischkulturen und Sortenmischungen erhöht Pflanzengesundheit und stabilisiert Erträge	Mischkulturen im Futterbau Sortenmischungen mit verschiedenen Resistenzgenen, z.B. gegen Mehltau in Gerste
Verwendung von zertifiziertem Saatgut reduziert samenbürtige Krankheiten	Ökologisches Saatgut kann mit Heißwasser, Heißluft oder natürlichen Fungiziden behandelt sein
Vielfältige Fruchtfolgen	
Wechsel von Halm- und Blattfrüchten	Unterbricht die Infektionskette von bodenbürtigen Krankheiten, z.B. Fusarien in Getreide, Nematoden an Blattfrüchten
Berücksichtigung der empfohlenen Anbaupausen	Reduziert Kartoffelzystennematoden, Kraut- und Knollenfäule, Halmbruch und Schwarzbeinigkeit beim Getreide, viele Krankheiten von Leguminosen
Anbau von geeigneten Deck- und Winterzwischenfrüchten	Senf als Zwischenfrucht reduziert Nematodendruck Gründüngung und Ackerfutter reduzieren Beikrautdruck Achtung: fördert Schnecken und Mäuse

Maßnahme	Beispiele/Anwendung
Bodenbearbeitung und Düngewirtschaft (Bodenfruchtbarkeit)	
Reduzierte Bodenbearbeitung und höhere Bodenbedeckung (Mulch, Mischkulturen)	Aktiveres Bodenleben und höhere Deckung reduzieren bodenbürtige Krankheiten und Beikrautsamen Achtung: fördert Schnecken und Mäuse
Sorgfältige Bodenbearbeitung	Beseitigt von Schaderregern befallene Pflanzenreste, z.B. Maiszünslerlarven und Kolbenfäule am Mais, Rhynchosporium Blattflecken an Gerste und Roggen
Ausgewogene Düngung	Niedrige Stickstoffdüngung beugt Pilzkrankheiten vor
Sorgfältige Kompostierung von Stallmist und Ernterückständen	Vermeidet die Verbreitung von Krankheitserregern und Beikrautsamen im Stallmist
Nützlingsförderung	
Habitatgestaltung	→ Siehe nächste Seite
Weitere Maßnahmen	
Angepasste Reihenabstände	Geringere Pflanzendichte vermindert Pilzkrankheiten durch verbesserte Belüftung (Septoria-Blattdürre, Mehltau in Getreide, Ascochyta-Brennflecken in Leguminosen) Weitere Reihenabstände erleichtern mechanische Beikrautkontrolle
Förderung einer schnellen Jungpflanzenentwicklung	Vorkeimen gibt Kartoffeln einen Vorsprung vor Kraut- und Knollenfäule Pflanzen von Gemüsejungpflanzen statt säen Optimale Aussaat: große Samen, flache Saattiefe, optimaler Zeitpunkt
Mulch	Strohmulch zwischen Kartoffeln irritiert den Zuflug von Blattläusen durch seine Farbe und Oberfläche
Anwendung von Pflanzenstärkungsmitteln	Unterliegen nicht der EU-Bio Verordnung, Zertifizierer können Auskunft über die zugelassenen Substanzen geben
Beikrautdruck langfristig reduzieren	→ Siehe nächste Seite



Beispiele für Pflanzenstärkungsmittel:

- Auszüge aus Brennnesseln, Beifuß, Ackerschachtelhalm, Rainfarn, Beinwell, Algen...
- Homöopathische Präparate
- Mineralien: Lavamehl, Silikat, Tonerde
- Mikroorganismen: *Bacillus subtilis*



Habitatgestaltung zur Förderung von Nützlingen und Feldvögeln

Im Feld



Nützlinge können durch die Anlage, den Erhalt und die Pflege von Blühstreifen und Hecken als Saumbiotope gefördert werden.

Diese bieten:

- Überwinterungsstätten, z.B. für Spinnen, Marienkäfer
- Nektar und Pollen, z.B. für Schlupfwespen und Schwebfliegen
- Rückzugsräume während und nach der Ernte

Da sich die Insekten in einem Radius von 50-300 m bewegen, sollten diese Biotope gleichmäßig über die Anbauflächen verteilt sein, um Blattläusen und anderen Schädlingen vorzubeugen^[31]. Hecken und Blü-
tenpflanzen liefern außerdem Nahrung, Rückzugsraum und Nistmög-
lichkeiten für Vögel zur Regulierung von Schadenerregern.

Einjährige Feldrandstreifen	3-8 m Breite, Vermehrung von Ackerwild- kräutern und Insekten
Mehrjährige Blühstreifen	Bis zu 10 m breite Streifen am Rand oder innerhalb der Felder, mit Ansaat ein- und mehrjähriger Wildkräuter
Hecken	Etablierung eines ca. 2 m breiten Randstrei- fens an Hecken und Mahd alle zwei Jahre

In Obstanlagen



Die Verfügbarkeit von Nisthöhlen begrenzt die Besiedlung von Obstan-
lagen durch Singvögel. Nistkästen locken z.B. Meisen, Feldsperlinge und
Kleiber an, um Schadinsekten zu regulieren, so frisst z.B. ein Meisenpaar
bis zu 3 kg Insekten im Jahr.^[31]

Nistkästen für Singvögel	Ca. 7 Nistkästen je Hektar Lochgröße 30 mm (schließt Stare aus)
-------------------------------------	--

Im Grünland



Mäuseplagen treten besonders auf mehrjährigen Grünlandflächen und
in Obstanlagen auf. Dem kann durch das Aufstellen künstlicher Ansitz-
warten vorgebeugt werden, von denen aus mäusefressende Greifvögel
(z.B. Mäusebussard und Turmfalke) sowie Eulen jagen können. Marder,
Wiesel und Igel sind weitere Gegenspieler von Mäusen.

Ansitzwarten für Greifvögel und Eulen	1 Warte je Hektar, 200 m Abstand zu Straßen, 2 m Höhe, Aufstellung: September bis April Mobile Ansitzwarten erleichtern Aufstellung und Abbau
--	--

Beikrautregulierung

Neben vorbeugenden Methoden, wie **Fruchtfolgegestaltung** etc.,
basiert die Beikrautkontrolle in ERA-Betrieben auf mechanischen und
thermischen Maßnahmen. Diese Maßnahmen sind besonders gegen
kleine Beikräuter wirksam, während die Kontrolle großer Beikräuter
teuer ist. Darum ist eine zeitige Beikrautkontrolle sehr wichtig. Die Re-
gulierung von Wurzelunkräutern wie Ackerkratzdistel und Quecke im
Ackerbau oder Ampfer im Grünland ist schwierig und erfordert die
Kombination mehrerer Maßnahmen.

- **Fruchtfolgen** mit mehrjährigem Leguminosen-Gras-Gemenge
- Wendende Bodenbearbeitung
- Stoppelbearbeitung, wiederholte Saatbettbereitung und Vor-Auf-
lauf-Striegeln
- Verhinderung der Samenreife und Bildung von Rhizomen
- Dichte Bodenbedeckung durch Sortenwahl, Mischkulturen, Sorten-
mischungen, Untersaaten, Zwischenfrüchte oder Mulch
- An mechanische Beikrautbekämpfung angepasste Reihenabstände

Von zentraler Bedeutung bei
der vorbeugenden Beikraut-
regulierung sind^[32]:

Beikrautkontrolle^[32]

Maßnahme/Gerät	Anwendungsgebiet	Bekämpfte Beikräuter
Striegel	Wiederholte Saatbettbereitung, vor dem Auflaufen, in jungen Kulturen (Vorsicht in Blattfrüchten)	Kleine Samenunkräuter
Hacke	Zwischen Reihen (>15 cm), mit Zusatzgerät auch auf Dämmen	Auch größere, gut verwurzelte Kräu- ter/Gräser
Abflammen (Hohe Kosten!)	Vor dem Auflaufen oder zwischen Reihen (>30 cm)	Kleine Samenunkräuter
Anhäufeln	Bei weiten Reihenabständen, beim Pflan- zen, vor Auflaufen, in größeren Kulturen (Getreide)	Mittelgroße Beikräuter
Kreiselegge, Grubber	Während Brachezeiten	Rhizome von Wurzelunkräutern wer- den freigelegt und vertrocknen
Solarisation (Hohe Kosten!)	Sommerbrache: Sonnenlicht erhitzt den Boden unter Folien	Samen, Keimlinge und Schaderreger
Handjäten (Hohe Kosten!)	Innerhalb der Reihen und bei vollständi- ger Bodenbedeckung	v.a. große und Samentragende Pflanzen

Ungenügend zersetzte Pflanzenrückstände sind eine gefährliche Quelle von
Pilzinfektionen (Fusarium). Die Güttlerwalze zerquetscht die Stängel und
die Puppe des Maiszünslers kann nicht mehr überwintern. Solarisation mit
Plastikfolien zur Beikrautkontrolle.

Direkte Regulierungsmaßnahmen

Ökologischer Pflanzenschutz im Freiland nutzt folgende Maßnahmen:

1. Nützlinge werden in Ausnahmefällen gezielt eingesetzt, z. B.
 - *Trichogramma* Schlupfwespen gegen den Maiszünsler oder Schadraupen im Gemüse-, Obst- und Weinanbau.
2. Sexualpheromone unterbrechen die Partnerfindung (Verwirrtechnik)
 - in Fallen zur Erfassung des Flugverlaufs (Monitoring)
 - Ausbringung gegen Traubenwickler und Apfelwickler im Obstbau.
3. Mikrobielle Präparate auf der Basis von Bakterien, Pilzen oder Viren.
4. Eine begrenzte Auswahl natürlicher Pflanzenschutzmittel kann bei nachgewiesenem Bedarf angewandt werden.
Langfristig müssen für einige Präparate aufgrund ihrer Rückstandsproblematik und ihrer Auswirkungen auf den Naturhaushalt wirksame Alternativen gefunden werden.

Die EU-Bioverordnungen (EC) No. 834/2007 and No. 889/2008, Anhang II, definieren die zugelassenen Wirkstoffe (Pheromone, Mikroben und chemische Substanzen) für die ökologische Landwirtschaft. Die spezifischen Präparate müssen außerdem im jeweiligen Land und durch die Kontrollbehörde zugelassen sein.

Vorratsschutz^[33]

Haben sich Lagerschädlinge wie Kornkäfer, Mehlmotte und Mehlmilbe einmal etabliert, sind sie schwer auf ökologischem Weg zu kontrollieren. Daher ist Vorbeugung essentiell: Getreide muss stets sauber und trocken in sauberen Lagerräumen eingelagert werden.

Weitere Maßnahmen sind:

- Öffnen und Abkühlen der Getreidelager während Frostperioden.
- Weniger als 12°C hemmt die Entwicklung der Schädlinge (Mehlmilbe < 5°C), unter 6°C sterben viele.
- Überwachen des Befalls durch Pheromonfallen (Dörrfruchtmotte), ultrasensitive Mikrophone (Kornkäfer) und Probenahme.
- Untermischen von Diatomeenerde unter das Getreide trocknet Schädlinge aus (Säubern des Getreides erforderlich) oder Anwendung in leeren Lagerräumen. Nicht mit der Anwendung von Nützlingen kombinierbar.
- Anwendung von Schlupfwespen gegen Käfer und Motten, sowie Raubmilben gegen Mehlmilben.
- Heißluftbehandlung und Begasung mit Kohlendioxid oder Stickstoff.

Auswahl ökologischer Pflanzenschutzmittel

Wirkstoff	Herkunft	Wirkung & Anwendungsbeispiele
Insektizide		
Azadirachtin	Neembaum	Fraßgift z.B. Kartoffelkäfer, Raupen, Blattläuse
Pyrethrum	Chrysanthemen	Kontaktgift z.B. Kartoffelkäfer, Spinnmilbe, Lager-schädlinge
Quassia (zur Selbsterstellung)	<i>Quassia amara</i> Baum	Kontakt- u. Fraßgift, Repellent z.B. Blattläuse, Sägewespen
Spinosad	Produkt von Bodenbakterien	Kontakt- u. Fraßgift z.B. Kartoffelkäfer, Thripse, Lauchmotte
Toxisch für Wasserlebewesen und Bienen, Anwendung beschränkt!		
Rapsöl	Raps	Kontaktgift z.B. Spinnmilben, Weiße Fliegen, Blattläuse
Kaliseife	Verseifung einer Fettsäure	Kontaktgift z.B. Weiße Fliegen, Blattläuse u.a. Pflanzensauger
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bakterium	Larven von z.B. Maiszünsler, Kartoffelkäfer, Weißlingsraupen
Granulovirus Isolat	Virus	Raupen von Wicklern und Apfelschalenwickler
Fungizide		
Lecithin	z.B. Soja	Mehltau
Schwefel	Chemisches Element	Mehltau, Gallmücken, Obstkrankheiten Auch Akarizid und Repellent
Kupfer	Chemisches Element	Falscher Mehltau, Wurzelhals- und Stängelfäule, Kraut- und Knollenfäule, Gemüsekrankheiten Auf max. 6 kg je ha und Jahr beschränkt (Ausnahmen für Dauerkulturen möglich)! Die Richtlinien der deutschen Verbände erlauben 3 kg/ha und Jahr (4kg/ha und Jahr in Hopfen)
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Bakterium	Netzflecken, Fusarien, Streifenkrankheit bei Getreide
<i>Coniothyrium minitans</i>	Pilz	Sclerotinia in verschiedenen Kulturen
Molluskizid		
Eisenphosphat	Bodenmineral	Fraßgift gegen Nacktschnecken



PHOSPHOR

Karin Stein-Bachinger & Johann Bachinger

Bedeutung	90
Bedeutung für das Pflanzenwachstum	91
Mykorrhiza	92
P auf Betriebsebene	93
Steigerung der P-Effizienz	94
Gesetzliche Bestimmungen	96

Bedeutung

Phosphor (P) ist ein lebenswichtiger Makronährstoff für die Pflanzen und eine endliche Ressource. In den Böden liegt der P-Gehalt meist zwischen 0,02 und 0,2 %. Oberböden mit 3 % organischer Substanz enthalten ca. 1 t P/ha, wovon nur ungefähr 1 % während der Vegetationsperiode mineralisiert und damit pflanzenverfügbar wird ^[44,52]. Phosphor kommt in der Natur ausschließlich in gebundener Form, meist in Form von Phosphaten vor.

Die Landwirtschaft ist einer der größten Nutzer von Phosphor. Die Hauptvorkommen an Phosphatgesteinen liegen in Marokko, China und den USA. Europa ist gänzlich von P-Importen abhängig. Verschiedene Schätzungen gehen davon aus, dass die weltweiten Phosphorvorräte nur noch für 50 – 100 Jahre ausreichen ^[41].

Während der letzten Jahrzehnte hat P aus Punkt- und diffusen Quellen zu einer starken Eutrophierung und vermehrtem Algenwachstum in der Ostsee beigetragen. Dies führte zu einem steigenden Anteil an sauerstofffreien Bodenbereichen, in denen kein Leben mehr möglich ist ^[42]. Besonders in landwirtschaftlich genutzten Gebieten mit hohen Tierdichten aufgrund hoher Futtermittelimporte, steigt die Gefahr der P-Verluste durch Ausbringung hoher Güllemengen weiterhin ^[1, 44].

In Gebieten mit spezialisierter, intensiver Pflanzenproduktion gelangt der Phosphor hauptsächlich durch Wassererosion in die Gewässer. Mehr als 60 % des diffusen P-Eintrags wird durch Erosion verursacht. Dabei geht fruchtbarer Boden irreversibel verloren. Auf Ackerflächen (z.B. mit Maisanbau) können bis zu 50 kg P/ha und Jahr ausgewaschen werden ^[55].



Algenblüte in der Ostsee, Satellitenbild. Sommer 2006.
Quelle: NASA (image processed and made available by SMHI).

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/algblomningar-i-ostersjon-1.3008>

Definition

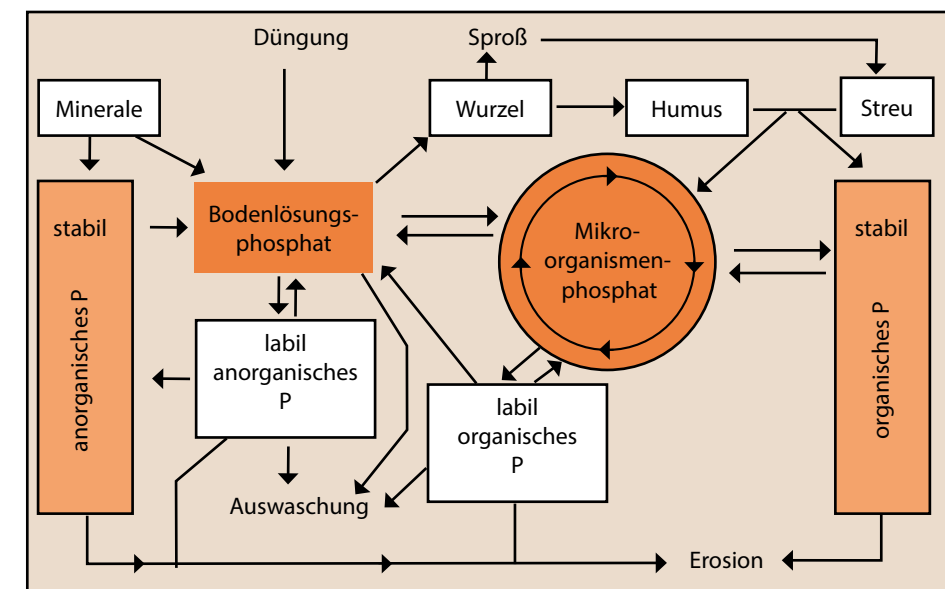
Das Wort Phosphor kommt aus dem Griechischen **phosporos** und bedeutet ‚Träger des Lichtes‘ (**phos** = Licht, **phoros** = tragen)

Bedeutung für das Pflanzenwachstum



P ist ein lebensnotwendiger Bestandteil jeder Zelle in allen Organismen und kann durch kein anderes Element ersetzt werden. Phosphor unterstützt viele Prozesse in der Pflanze ^[9,45] z.B. die Photosynthese, mikrobielle Aktivität (besonders Stickstoff-Fixierung), Fruchtbildung, Winterhärte und Konkurrenzfähigkeit (vor allem bei mehrjährigen Leguminosen), Krankheitsresistenz und Stängelwachstum.

Die Phosphorkonzentration im Boden ist sehr gering. Für die Sicherstellung der Phosphorversorgung ist daher eine schnelle und kontinuierliche P-Mobilisierung aus der labilen Fraktion nötig. Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, ist die mikrobielle Biomasse des Bodens eine Hauptquelle und ein Speicher für pflanzenverfügbare Phosphate ^[55].



Phosphorkreislauf im Boden mit den Ausgangs-Pools der stabilen und labilen Fraktionen (jeweils organisch und anorganisch) und den Umsetzungsorten: Bodenlösung, Mikroorganismen und Pflanzen ^[55]

Mykorrhiza

Fruchtbare Zusammenarbeit

Nützliche Bodenorganismen wie Mykorrhizapilze, die in Symbiose mit den Pflanzenwurzeln leben, verbessern die Aufnahme von schwer zugänglichen Nährstoffen wie Phosphor. Die Mykorrhizapilze versorgen die Pflanze mit Nährstoffen und Wasser, indem sie die Oberfläche der Wurzeln vergrößern. Dadurch wird die Fähigkeit der Pflanzen erhöht, einen verbesserten Zugang zu den Bodenressourcen zu erhalten und Enzyme in den Boden abzugeben, um schwer verfügbare Nährstoffe, wie organischen und mineralischen Phosphor, sowie Mikronährstoffe zu lösen. Die Pflanzen nehmen diese Nährstoffe auf und ernähren im Gegenzug die Pilze mit Kohlenhydraten, die von den Pflanzen bei der Photosynthese durch Aufnahme von Kohlenstoff aus der Luft hergestellt werden ^[46].

Ungenutzte Böden enthalten viele dieser nützlichen Organismen. Durch intensive Bodenbearbeitung und Einsatz von leicht löslichen Phosphordüngemitteln, Erosion und Bodenverdichtung werden Mykorrhizapilze stark reduziert oder komplett beseitigt ^[46].

Weitere Vorteile

Die Mykorrhizierung bietet Schutz vor Krankheiten (z.B. Nematoden) und erhöht die Trockenresistenz der Pflanzen ^[55,56]. Insgesamt bieten die Mykorrhizen viele direkte und indirekte Vorteile, die zu einer erhöhten landwirtschaftlichen Produktivität, verbesserter Wasserinfiltration und Wasserhaltekapazität sowie zur Kohlenstoffspeicherung beitragen ^[46]. Daher ist es für die ERA-Betriebe von Bedeutung, die Mykorrhizierung zu fördern. Dies kann beispielsweise durch eine vielfältige Fruchtfolge, reduzierte Bodenbearbeitung und den Einsatz von Zwischenfrüchten erfolgen.



Definition

Mykorrhiza: leitet sich ab aus den altgriechischen Begriffen ‚Mykor‘ = ‚Pilz‘ und ‚Rhiza‘ = ‚Wurzel‘. Die meisten Pflanzen wie Getreide, Kartoffeln, Leguminosen und sogar Beikräuter können eine Symbiose mit Mykorrhizapilzen eingehen im Gegensatz zu Kreuzblütlern wie Raps, Kohl und Senf.

P auf Betriebsebene

Normalerweise ist die P-Bilanz auf ERA-Betrieben entweder ausgeglichen oder leicht negativ (bis zu -2 kg P/ha und Jahr) ^[1, 3]. In vielen Betrieben liegen die P-Gehalte der Böden relativ hoch, so dass eine Phosphatdüngung nicht erforderlich ist. In ERA-Betrieben wird P über Ernterückstände und Stallmist wiederverwertet. Etwa 80 % des geernteten Phosphors wird als Futter genutzt, was durch die Tiere in Form von Dünger wieder zurück in den Boden gelangt ^[2].

P Gehalte verschiedener Produkte ^[4, 5]

1 t Getreide oder Körnerleguminosen	4 – 5 kg P
1 Liter Milch	1 g P
1 t Rindermist	1,2 kg P
1 t Schweinemist	2,5 kg P
1 t Knochenmehl	85 kg P
1 t Hornmehl	10 kg P

Bis zu 40 % des Phosphors können aus dem Unterboden aufgenommen werden ^[44]. Eine effektive Nährstoffmobilisierung erreichen z.B. **Leguminosen**, die den pH-Wert ihrer Wurzeln verringern. Dies spielt für die P-Mobilisierung von Calciumphosphaten z.B. aus Rohphosphaten eine wichtige Rolle ^[57].

Möglicher P-Mangel kann durch Bodenuntersuchungen und die Auswertung von Nährstoffbilanzen erkannt werden. Wichtig ist dabei zu beachten, dass die potenzielle Mineralisation der organisch gebundenen Nährstoffe nicht in den herkömmlichen Bodenuntersuchungen enthalten ist. Ein Defizit von etwa 2 kg P/ha und Jahr auf Betriebsebene kann durch Verwitterungsprozesse und die Verlagerung in den Oberboden durch tiefwurzelnde Pflanzen wie Klee und Luzerne kompensiert werden. Mangelsymptome, die auftreten können, sind die Rot- und Lilafärbungen älterer, ursprünglich dunkelgrüner Blätter bis hin zu einer Rotfärbung des Stängels. Um P-Mangel auszugleichen, können verschiedene ackerbauliche Maßnahmen ergriffen werden (siehe folgende Seiten), einschließlich der Ausbringung langsam löslicher Düngemittel entsprechend der Positivliste in den Ökolandbau-Richtlinien ^[1].

Häufig wird im landwirtschaftlichen Kontext die Oxidform P_2O_5 verwendet:

1 kg P	≈ 2,29 kg P_2O_5
1 kg P_2O_5	≈ 0,44 kg P

Steigerung der P-Effizienz

Maßnahmen zur Reduzierung von P-Verlusten ^[43]

Die größten positiven Effekte können durch die Verbesserung der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens erzielt werden sowie durch vorbeugende Maßnahmen gegen Bodenerosion und Oberflächenabfluss.

- Erhöhung des Humusgehaltes (**Bodenfruchtbarkeit**) und der Durchwurzelungstiefe.
- Ganzjähriger Pflanzenbewuchs (**Fruchtfolge**), z.B. Anbau von Zwischenfrüchten und anschließendes Mulchen.
- Reduktion der Bodenbearbeitungsmaßnahmen an gefährdeten Standorten, Bearbeitung quer zum Hang.
- Verringerung der Bodenverdichtung (auch auf Grünland): Bodenbearbeitung auf nassen Böden vermeiden, Reifendruck reduzieren, Arbeitsgänge kombinieren.
- Gezielte Kalkung zur Erhöhung der P-Verfügbarkeit.
- Etablierung von Dauergrünland auf Flächen mit starker Hangneigung und hohen Überflutungsrisiken sowie in Pufferzonen um Gewässer.
- Ersatz des Maises auf problematischen Standorten durch Klee gras (z.B. auf hängigem Gelände, gewässernahen Flächen).
- Nutzung von Moorböden nur als Dauergrünland, da dort ein hohes Risiko zur P-Auswaschung besteht.
- Direkte Einarbeitung von **Wirtschaftsdünger**, um Verluste durch Erosion zu vermeiden.
- Reduzierung von Verlusten beim Verzehr von Lebensmitteln.



Maßnahmen zur Erhöhung der P-Ausnutzung ^[52,53]

- Erhöhung der P-Mobilisierung durch Mykorrhizapilze durch Verbesserung der **Bodenfruchtbarkeit** und Durchwurzelungstiefe.
- Anbau von **Leguminosen** (Rotklee, Ackerbohnen, weiße Lupine) und Erhöhung des Leguminosenanteils in Futtergemengen (70 – 80 %) zur Förderung der P-Mobilisierung. Leguminosen verringern den pH-Wert in der Rhizosphäre durch die Absonderung von Protonen (H^+), was zu einer Mobilisierung von Calciumphosphaten führt, z.B. aus Rohphosphaten.
- Anbau von Buchweizen und Serradella als Zwischenfrüchte zur Erhöhung der Mobilisierung von organischen P-Reserven.
- Nutzung von Wirtschaftsdüngern und Pflanzenrückständen zur Verbesserung der Aktivität von Bodenorganismen und der Mobilisierung von organischen P-Reserven.
- Ausreichende Speicherkapazität für Gülle einrichten, damit ein optimaler Zeitpunkt für die Ausbringung zu Beginn der Vegetationsperiode gewählt und die Nährstoffe effektiv genutzt werden können.
- Erstellung von Hoftor- und Feldbilanzen, um einen Überblick über die P-Flüsse im Betrieb zu erhalten.

Im Hinblick auf die gesamte Lebensmittelkette sind vergleichsweise große P-Mengen in Klärschlamm, Biomüll und Grünabfällen sowie in Schlachtabfällen zu finden. Allerdings ist die Rückführung dieser Stoffe schwierig, da sie verschmutzt bzw. kontaminiert sein können (vgl. nächste Seite).



Gesetzliche Bestimmungen

Unterschiedliche Regelungen für die Verwertung von Knochenmehl in verschiedenen Ländern

Beispiel

Der Gebrauch von Knochenmehl als organischer P- und Ca-Dünger ist nicht in jedem EU-Land erlaubt. Beispielsweise sind in Schweden spezielle Produkte für den Ökolandbau und ERA-Betriebe erlaubt, während verschiedene Öko-Verbände in Deutschland diese Produkte komplett verbieten (z.B. Demeter, Bioland). Nach den EU-Richtlinien sind sie jedoch zugelassen. In Dänemark ist Knochenmehl (z.B. Biogrow) nach nationalen Richtlinien erlaubt, allerdings hat der Molkereiverband den Gebrauch von Knochenmehl auf ökologisch bewirtschafteten Flächen zur Futterproduktion verboten.

Die bestehenden europäischen Richtlinien, wie die Nitrat- und die Wasserrahmenrichtlinie, konzentrieren sich auf Stickstoffausträge ^[41, 44, 49]. P aus landwirtschaftlichen Quellen sowie die P-Rückführung sind bislang noch nicht in den europäischen Richtlinien enthalten.

Zukünftige Perspektiven

Die ERA-Landwirtschaft kann helfen, die Probleme der Eutrophierung (der Ostsee) durch Verbesserung der P-Rezyklierung zu verringern und gleichzeitig die endlichen Ressourcen zu schonen.

Für weitere Informationen siehe Positionspapier Phosphorus: www.balticcompass.org



BETRIEBSKOOPERATIONEN

Gustav Alvermann

Ausgangssituation	98
Grundmodelle der Futter-Mist-Kooperation	99
Beispiele von vier Kooperationsformen	100
Fazit	104

Ausgangssituation

Betriebliche Kreisläufe

Der ökologische Landbau erfährt einen Großteil seiner ökologischen aber auch ökonomischen Stabilität aus seiner konzeptionellen Vielseitigkeit. Klee gras-Futterbau ernährt die Wiederkäuer. Deren organische Dünger düngen die Nicht-Leguminosen in der Fruchtfolge. Das im Schweine- und Geflügelstall verfütterte Getreide kommt wiederum als organischer Dünger auf die Flächen zurück und stabilisiert das System zusätzlich.

Ein Ackernutzungssystem mit Klee gras und Marktfrüchten und im optimalen Fall mit mehreren verschiedenen Tierarten stabilisiert den Humusgehalt des Ackers und sorgt für wenig Unkraut- und Krankheitsprobleme bei den Nutzpflanzen.

Gründe für die Spezialisierung

Demgegenüber ist allerdings ein Großteil der ab den 1990er Jahren auf den ökologischen Landbau umgestellten landwirtschaftlichen Betriebe in irgendeine Richtung spezialisiert. Getreide, Hackfrucht, Futterbau oder Veredlung (Geflügel und Schweine) - irgendeine Erzeugungsrichtung dominiert, da sich der Boden oder die Region oder der Landwirt als besonders geeignet für diese Erzeugungsweise erwiesen hat. Durch Rationalisierungseffekte wird eine bessere Entlohnung der eingesetzten Arbeitskraft und des aufgewendeten Kapitals erreicht. Diese Spezialisierung wird bei der Umstellung auf ökologischen Landbau meistens beibehalten. Ein zurück zur Vielseitigkeit würde heute die meisten Landwirte überfordern und eben dem genannten ökonomischen Spezialisierungseffekt entgegenlaufen.

Auswege

Eine Brücke zwischen wirtschaftlicher Spezialisierung und produktionstechnischer Vielseitigkeit stellt bei dieser Ausgangslage die stoffliche Zusammenarbeit zweier oder mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe dar. Der spezialisierte Ackerbauer liefert an den ebenfalls spezialisierten Tierhalter Grundfutter in Form von Klee gras oder Ganzpflanzensilage, er verkauft ihm auch Getreide und Körnerleguminosen bis hin zum Stroh. Dafür erhält er im Gegenzug eine nährstoff-äquivalente Menge an organischen Düngemitteln aus der Tierhaltung zurück.



Grundmodelle der Futter-Mist-Kooperation

Grundsätzlich kann man drei Modelle der Futter-Mist-Kooperation unterscheiden:

1. Verwertung von Grundfutter durch Wiederkäuer oder durch Biogas-Anlagen (Klee gras, GPS) und Austausch gegen Mist und Gülle.
2. Verwertung von Getreide und Körnerleguminosen durch Hühner und Schweine und Austausch gegen Mist oder Hühnertrockenkot.
3. Verwertung von Stroh und Rücklieferung als Mist oder z.B. Champignon-Kompost.

Diese Kooperationsformen unterscheiden sich deutlich durch die möglichen Distanzen, die die Kooperationsbetriebe sinnvollerweise voneinander entfernt sein können. Das liegt an der Transportwürdigkeit der ausgetauschten Substrate. Während bei Silage aber insbesondere bei Gülle oder flüssigen Gärresten vorwiegend Wasser hin und her gefahren wird, tauscht man bei Getreide, Stroh und Hühnertrockenkot vorwiegend Trockensubstanz aus. Die Transportwürdigkeit der einzelnen Substrate spiegelt sich in etwa in deren ökonomischem Wert pro Tonne wider.

Ökonomischer Wert in € pro Tonne der ausgetauschten Substrate			
Klee grassilage	25	Rindergülle	10
Stroh	100	Schweinemist	20
Getreide	350	Champignon-Kompost	25
Körnerleguminosen	400	Hühnertrockenkot	65

Folgende Kooperationsformen werden näher beleuchtet:

Kooperationsform 1

Klee gras gegen Rindermist oder Gülle

Kooperationsform 2

Futtergetreide gegen Geflügelmist respektive Hühnertrockenkot

Kooperationsform 3

Stroh gegen Mist respektive Champignon-Kompost

Kooperationsform 4

Die „Mehrfachkooperation“



Beispiele von vier Kooperationsformen

Kooperationsform 1:
Kleegras gegen Rindermist oder Gülle

Wie fängt man an?

Diese Kooperationsform ist der Klassiker im ökologischen Landbau, da spezialisierte Ackerbauer einen hohen Anteil an Kleegras (**Leguminosen**) zum Bodenaufbau (**Bodenfruchtbarkeit**) und zur Unkrautunterdrückung in der **Fruchtfolge** benötigen. Voraussetzung ist, dass sich ein Rinderhalter mit vergleichsweise wenig Fläche in erreichbarer Nähe befindet. Ideal ist, wenn parallel ein Milchviehhalter und ein spezialisierter Ackerbauer in die Umstellung gehen oder wenn ein bestehender Bio-Milchviehbetrieb expandieren möchte, dies aber wegen hoher Pachtpreise auf eigener Fläche nicht realisieren kann. Dann ist die Motivationslage eindeutig und stabil.

Wirtschaftlichkeit

In den meisten Fällen wird beim Tausch von Grundfutter gegen Mist und Gülle (**Wirtschaftsdünger**) kein Geld bewegt. Der Ackerbauer baut das Kleegras auf seine Kosten an, der Futterbauer übernimmt die komplette Futterwerbung und die Ausbringung der organischen Düngemittel auf die Ackerflächen. Nur in sehr günstigen Situationen zahlt der Futterbauer darüber hinaus noch eine Netto-Entlohnung für das Kleegras in Höhe von 5-10,- € pro Tonne Anwelksilage. Kurze Wege und ein hohes Kleegras-Ertragsniveau ermöglichen solch eine gute Verwertung des Aufwuchses.

Biogasanlagen

Eine ähnliche Kooperationsform stellt die Zusammenarbeit mit einer modernen Biogasanlage dar. Da es sich bei Biogasanlagen aber oft um große Einheiten mit exakter Lieferantenzuordnung und entsprechender Einzel-Abrechnung handelt, wird alternativ das Kleegras vom Ackerbauern frei an die Anlage geliefert. Dafür erhält er eine Entlohnung von 30,- € pro Tonne. Die Futterwerbung, den Antransport der Frischmasse sowie den Abtransport und die Ausbringung der Gärgülle übernimmt dann der Ackerbauer auf eigene Rechnung. Eine vergleichsweise gute Entlohnung wären 30,- € pro Tonne Silage-Frischmasse (33 % TS) frei Anlage. Für die Futterwerbung und den Antransport der Silage-Frischmasse müsste er bei 10 km Entfernung etwa 15,- € pro Tonne rechnen; für den späteren Abtransport und die Ausbringung der anteiligen Gärgülle noch einmal 5,- €. Pro Tonne Silage wird eine Rücklieferung von 0,75 m³ Gärgülle gerechnet. So hätte er ebenfalls eine Netto-Vergütung von 10,- € pro Tonne Kleegras oder bei 25 Tonnen Kleegras pro ha entsprechend 250,- € und zusätzlich den indirekten Wert über die Düngewirkung der rückgelieferten Gülle.

Kooperationsform 2:
Futtergetreide gegen Geflügelmist respektive Hühnertrockenkot

Diese Kooperationsform ist wegen der höheren Trockensubstanz-Konzentration der ausgetauschten Güter deutlich weniger örtlich gebunden. Insbesondere wenn statt des eigenen Traktors eine Lkw-Spedition zwischengeschaltet wird, ist die Transportwürdigkeit deutlich über 10 km hinaus gegeben. Zudem ist der Austausch der Güter oft noch durch das Zwischenschalten eines Mischfutterwerkes eine Stufe indirekter. Nicht alle Geflügelhalter mischen ihr Futter selbst.

Somit liefert der Ackerbauer sein Futtergetreide oder die Körnerleguminosen an einen gewerblichen Futtermischer. Dieser liefert dann Öko-Fertigfutter an den Geflügelhalter. Im Gegenzug kommt dann eine nährstoff-äquivalente Menge an Geflügelmist per Lkw zum Ackerbauern. Ein wichtiger Punkt ist die Lagerung des Geflügelmistes oder des Hühnertrockenkotes. Beim Geflügelhalter muss mindestens eine Lkw-Ladung auf fester Platte und überdacht gelagert werden können. Im weiteren Zeitablauf bis zur Düngung im Frühjahr oder auch auf die Getreidestoppel zur Zwischenfrucht wird individuell je nach Möglichkeit beim Geflügelhalter oder auch beim Ackerbauern auf einer festen überdachten Mistplatte zwischengelagert.

Das Futtergetreide wird dem Ackerbauern in diesen Kooperationsformen marktüblich entlohnt. Den Antransport des Geflügelmistes und die Ausbringung zahlt der Ackerbauer. Bei weiteren Entfernungen (>50 km) teilt man sich die Transportkosten. Dort, wo diese Kooperationsformen aufgrund regional vorhandener Geflügelbetriebe möglich sind, helfen sie dem kooperierenden Ackerbauern sehr, sein Getreide-Ertragsniveau zu stabilisieren. Der Düngeschwerpunkt des Geflügelmistes ist im Frühjahr; hier wird er zum Sommergetreide oder zu sonstigen Sommerkulturen wie Mais vor dem Pflügen eingearbeitet.

Wie fängt man an?

Austausch

Wirtschaftlichkeit

Kooperationsform 3: Stroh gegen Mist respektive Champignon-Kompost

Variante 1

Stroh ist in vielen Regionen ein knapper Rohstoff geworden. Somit ergibt sich als Kooperationsvariante auch die Möglichkeit, das anfallende Stroh abzugeben und mit Kot und Harn aus der Tierhaltung angereichert wieder zurückzunehmen. Insbesondere Pferdehaltungsbetriebe fragen diese Möglichkeit oft nach. Dies lehnen Ackerbauern meistens ab, da der Mist aus Reitbetrieben in der Regel sehr strohig ist und sich der Aufwand vermeintlich nicht lohnt. Eine Option wäre es, dieses Material zwischenzulagern und dann dünn zu den Leguminosen einzusetzen. So würde eine Stickstoffsperre umgangen und das Ackerbausystem könnte mittelfristig doch gestärkt werden. Die Kosten für Strohbergung, Abtransport, Antransport und Ausbringung würden beim Strohabnehmer liegen. Der Organisationsgrad müsste zudem so hoch sein, dass Stoppelpbearbeitungsgänge und womöglich Zwischenfruchtanbau nicht wesentlich verzögert würden.

Variante 2

Eine verbesserte überregionale Stroh-Mist-Kooperation ist der Tausch von Stroh gegen Champost. Champost ist der mehr oder weniger kompostierte organische Rückstand aus der Champignon-Produktion. Es ist grob gesagt ein Gemisch aus Stroh, Hühnermist und den Pilzmyzelresten. Champost ist als Grunddünger, der bei mittlerem C/N-Verhältnis eine ganze Palette an Grund- und Mikronährstoffen enthält, ebenfalls zur Düngung der Leguminosen gut geeignet. Die Pilzproduzenten übernehmen in diesem Kooperationsmodell sämtliche Kosten für die Strohbergung, den Ab- und Antransport des Düngers. Es wird darauf geachtet, dass auf Grundnährstoffbasis (Stroh enthält viel Kali) mindestens ein Ausgleich erreicht wird. Bei anderen Nährstoffen ist es dann meistens ein Netto-Eintrag in den Betrieb. Bei guten Rahmenbedingungen in puncto Verkehrsverhältnissen, Beladungs-Service und Entfernung erhält der Landwirt noch eine Nettovergütung in Höhe von 50,- bis 100,- € pro ha für diese Kooperation.

Kooperationsform 4: Die „Mehrfachkooperation“

Entsprechend der geschilderten Beispiele steht einseitig spezialisierten Ackerbaubetrieben je nach Region eine Vielzahl von Möglichkeiten offen, ihr Ackerbausystem über die eigenen Betriebsgrenzen hinaus zu stabilisieren. Wenn Landwirte mit einer Kooperationsform gute Erfahrung gemacht haben, dann folgt meistens die zweite hinterher. Dies soll im Beispiel beschrieben werden:

1. Örtliche Kooperation

25 % Hauptfruchtkeleegras in der Fruchtfolge werden an einen Milchviehbetrieb im Nachbarort abgegeben. Die Rücklieferung geschieht durch separierte Dünngülle als Kopfdünger zu Wintergetreide.

2. Regionale Kooperation

Futtergetreide wird mit einem Hühnerhalter in 30 km Entfernung getauscht. Der Hühnertrockenkot wird im Frühjahr zum Sommergetreide eingearbeitet.

3. Überregionale Kooperation

Das gesamte Getreide-Stroh wird gepresst und an einen Pilzzeuger in 100 km Entfernung geliefert. Der rückgelieferte Champignon-Kompost wird als Grunddünger zu den Ackerbohnen und zum Kleeegras eingesetzt.

Gegenwärtige Situation und zukünftige Tendenzen je nach Entfernung zwischen den Betrieben

Es ist leicht verständlich, dass die Kooperationsform 1, d.h. der Austausch von Grundfutter gegen Mist und Gülle eigentlich nur als örtliche Kooperation im Umkreis von 10 bis maximal 15 km sinnvoll ist. Demgegenüber ist der Kreis der möglichen Kooperationspartner beim Austausch von Getreide und Körnerleguminosen gegen Hühnertrockenkot schon deutlich größer. Hier gibt es regionale Modelle mit Entfernungen von bis zu 50 km oder auch mal darüber hinaus. Bei der gewerblichen Verwertung von Stroh zur Pilzananzucht ist schließlich das Interesse am Stroh als Ausgangssubstrat so groß, dass durch den Verarbeiter überregionale Tausch-Entfernungen von mehr als 100 km möglich gemacht werden. Trotz der vielfältigen Möglichkeiten, Betriebskooperationen aufzubauen, sind Entfernungen von mehr als 50 km zwischen kooperierenden Betrieben nach ERA-Prinzipien nicht sinnvoll.

Innovative
Möglichkeiten



Fazit

Es besteht Einigkeit darüber, dass ein ERA-Betrieb mit eigener, möglichst vielseitiger Tierhaltung und vielfältiger Fruchtfolge das stabilste und nachhaltigste Betriebssystem ist. Dieses Ideal ist allerdings nicht in allen Regionen und Betrieben leistbar - zumindest heute weniger als vor 30 Jahren.

Für diese Situation ist die überbetriebliche, sinnvoll gemanagte Nährstoffkooperation eine gute Brücke zwischen einseitig spezialisierten Tierhaltern und Ackerbauern. Dabei darf die Nährstoffkooperation natürlich nicht zum reinen Nährstofftourismus werden, bei dem die Substrate durch das halbe Land transportiert werden. Auch geht es bei der Nährstoffkooperation nicht um den Ersatz, sondern um die sinnvolle Ergänzung und Stabilisierung des betriebseigenen Leguminosen-Anbaues, so wie es im vielseitig organisierten Einzelbetrieb auch der Fall ist.

In den Richtlinien der verschiedenen Öko-Anbauverbände in Deutschland gibt es unterschiedliche Vorgaben im Hinblick auf die maximal erlaubten Entfernungen zwischen zwei kooperierenden Betrieben. Innerhalb der Ostsee-Anrainerstaaten muss daher entsprechend der spezifischen Richtlinien geprüft werden, welche Kooperationsmodelle zulässig sind.



Kreislaufforientierte Ökologische Landwirtschaft

Handlungsempfehlungen für Landwirte
und Berater

Folgende Themengebiete werden behandelt:

Bd. 1	Pflanzenbau und Tierhaltung	Software Tools
Bd. 2	Betriebswirtschaft	
Bd. 3	Vermarktung	
Bd. 4	Betriebsbeispiele	



ERA Software Tools

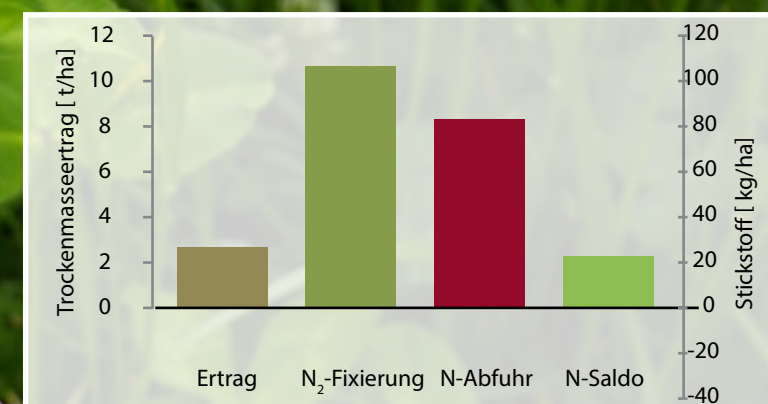
Stickstoff-Saldo-Rechner
Berechnung von N-Salden im
ökologischen Feldfutterbau

**Leguminosen-Schätz-
trainer**
Eine Lernhilfe zur besseren
Schätzung des Leguminosen-
anteils im Feldfutterbau

**ROTOR – Planung
Ökologischer Fruchtfolgen**
Ein Werkzeug zur Planung
von Fruchtfolgen im Öko-
landbau

Stickstoff-Saldo-Rechner	109
Leguminosen-Schätztrainer	115
ROTOR – Planung Ökologischer Fruchtfolgen	123

ERA Software Tools



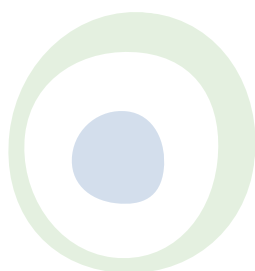
STICKSTOFF-SALDO-RECHNER

Berechnung von N-Salden im ökologischen
Feldfutterbau

Moritz Reckling, Karin Stein-Bachinger and Johann Bachinger

Bedeutung	110
Funktionsweise	111
Anwendung	112
Interpretation der Ergebnisse	113
Beispielsrechnung	114

Die Software ist verfügbar unter:
www.zalf.de/de/forschung/institute/lse/downloads/Seiten/oekolandbau.aspx oder www.beras.eu



Bedeutung

Ziel der ökologisch, kreislaforientierten Landwirtschaft (ERA) ist ein effizientes Nährstoffmanagement. Grundlage dafür ist die Versorgung mit eigenem Futter und **Wirtschaftsdünger** sowie ein geringer Zukauf externer Betriebsmittel. Klee gras (**Leguminosen**) spielt in **Fruchtfolgen** von ERA-Betrieben eine Schlüsselrolle, um die Stickstoffversorgung durch N_2 -Fixierung zu sichern. Um eine stabile Produktion mit geringen Umweltemissionen zu sichern, sollten ausgewogene Stickstoffsalden über die gesamte Fruchtfolge erzielt werden.

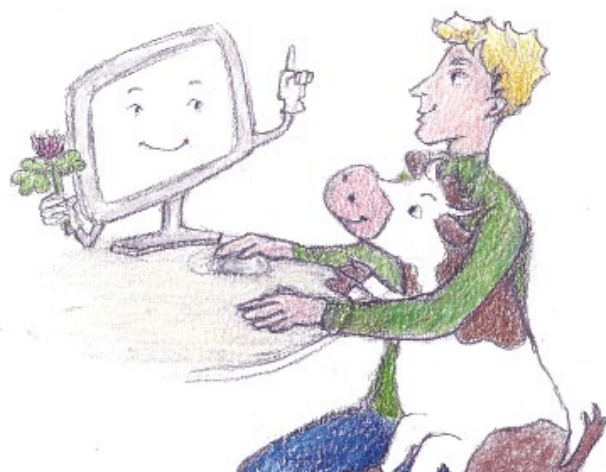
Bedeutung des Stickstoffsaldos

In ökologisch bewirtschafteten Betrieben sind die Stickstoffüberschüsse wesentlich niedriger als in konventionellen Vergleichsbetrieben [2, 7, 11] und liegen unter dem gesetzlichen Richtwert von 60 kg N/ha, der durch die Europäische Nitratrictlinie (91/676/EEC) festgelegt wurde [20]. In einigen Ökobetrieben sind die Stickstoffsalden negativ, was zu sinkenden Erträgen führen kann. Eine Stickstoffbewertung ist daher empfehlenswert für den Ackerbau, um eine Netto-Zufuhr an Stickstoff durch Leguminosen-Gras-Gemenge, der für die Folgefrüchte nutzbar ist, sicherzustellen.

Der Stickstoff-Saldo-Rechner erleichtert eine schnelle Abschätzung von Stickstoffflüssen in Leguminosen-Gras-Gemengen und simuliert die Auswirkungen eines angepassten Managements. Parallel dazu kann der **Leguminosen-Schätztrainer** genutzt werden, um die Bedeutung des Leguminosenanteils für den Stickstoffsaldo sichtbar zu machen.

Wer sind die Nutzer?

Es werden keine Software-Fachkenntnisse vorausgesetzt und es sind keine neuen Installationen nötig. Betriebsleiter, Berater, Lehrer und Studenten können den N-Saldo-Rechner nutzen. Das Handbuch enthält Hintergrundinformationen, eine Bedienungsanleitung, Interpretationshilfen für die Ergebnisse und Beispielsrechnungen.



Funktionsweise

Der N-Saldo-Rechner ist für Ackerbausysteme mit Leguminosen-Gras-Gemengen mit unterschiedlichen Arten und Sorten von Gräsern, Klee und Luzerne konzipiert. Berechnet werden der Stickstoffeintrag (aus der N_2 -Fixierung) und -austrag (durch Ernte und gasförmige Verluste bei Mulchnutzung) sowie der N-Saldo pro ha für 1-4 Schnitte pro Jahr.

Der Ertrag wird entweder anhand der Pflanzenhöhe geschätzt oder als Wert eingetragen. Der geerntete Ertrag bei 5 cm Schnitthöhe wird unter Verwendung von Standardwerten für TM-Gehalte und Ernteverluste kalkuliert. Bei Mulchnutzung bleibt der Pflanzenertrag auf dem Feld und vom N-Saldo werden gasförmige Verluste abgezogen. Der N-Gehalt der Ernte wird anhand des Leguminosen-Gras-Verhältnisses mittels Standardwerten kalkuliert. Alle Standardwerte können in dem Tabellenblatt „erweiterte Daten“ verändert werden.

Weitere Stickstoffausträge (z.B. durch Auswaschung und Denitrifikation) und Einträge aus atmosphärischer Deposition und nicht-symbiotischer Stickstofffixierung werden nicht berücksichtigt. In der Bilanz wird angenommen, dass sich diese Ein- bzw. Austräge ausgleichen.

Auswählbare Erntemethoden und ihre Eigenschaften * [4, 13, 14]

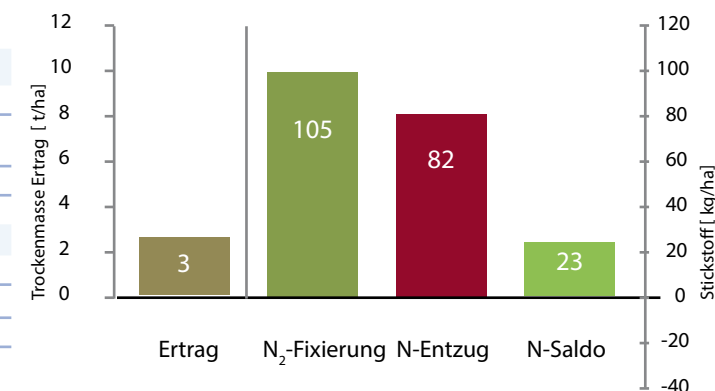
Erntemethode	Erntezeitraum	Trockenmassegehalt (%)	Ernteverluste (% TM)	Gasförmige Verluste (% N)
Grünfütter	früh	20	5	-
Anwek silage	mittel	35	20	-
Heu	spät	85	35	-
Mulchnutzung	früh	20	-	10

*Standardwerte können im Tabellenblatt „erweiterte Daten“ verändert werden

Benutzeroberfläche

Sie enthält Felder für die Dateneingabe und Ergebnisse. Die Ergebnisse beinhalten den Gesamt- und Erntertrag, die N_2 -Fixierung, den N-Entzug und den N-Saldo.

DATENEINGABE		
Mittlere Höhe	[cm]	45
Erntemethode	[wähle]	Anwek silage
Ernteverluste	[%]	20
Leguminosenanteil	[%]	50
ERGEBNISSE		
Ertrag (geerntet)	[t/ha TM]	3,2
N_2 -Fixierung	[kg N/ha]	105
N-Entzug	[kg N/ha]	82
N-Saldo	[kg N/ha]	23



Benötigte Daten



Anwendung

Der Stickstoff-Saldo-Rechner ist ein Software Tool auf excel-Basis und arbeitet mit 2 Tabellenblättern.

- Das Tabellenblatt „Stickstoff-Saldo-Rechner“ zeigt die Eingabe- und Ergebnisfelder inkl. Ergebnisgrafik auf der Grundlage einiger Daten, die den Bestand charakterisieren (z.B. Ertrag, Erntemethode, Leguminosenanteil).
- Das Tabellenblatt „Erweiterte Daten“ enthält die Standardwerte und Kalkulationen, die verändert werden können (für Experten).

Software Minimal-
anforderung

Microsoft Excel, ab Version 2003 (XLS)

10 Schritte zur Stickstoffsaldo-Berechnung

1. Öffnen Sie die Excel-Datei.
2. Sie sehen nun das Tabellenblatt ‚Stickstoff-Saldo-Rechner‘.
3. Gehen Sie zu den Dateneingabefeldern.
4. Entweder Sie geben die durchschnittliche Höhe des Leguminosen-Gras-Gemenges bei der Erntezeit in cm oder den ermittelten Ertrag pro Tonne in Frischmasse ein.
→ Sie finden die Schätzformel zur Ertragsbestimmung im Kapitel **Leguminosen**.
5. Wählen Sie eine Erntemethode: Grünfutter, Anwelksilage, Heu oder Mulchnutzung.
6. Sie können die Ernteverluste eintragen (in %) oder die Standardwert verwenden, indem Sie die Zelle leer lassen.
7. Tragen Sie den ermittelten Leguminosenanteil im Gemenge zur Erntezeit ein (in %). Verwenden Sie den **Leguminosen-Schätztrainer**, um ihre Schätzung zu verbessern.
8. In der Tabelle sehen Sie die kalkulierten Ergebnisse.
9. Verändern Sie die eingegebenen Daten, um den Einfluss einer veränderten Bewirtschaftung zu sehen.
10. Kalkulieren Sie den N-Saldo pro Schnitt; das Programm addiert automatisch die Werte für das gesamte Jahr.

Beispiel



1. Schnitt: - 15 kg N/ha
2. Schnitt: +10 kg N/ha
3. Schnitt: +13 kg N/ha
N-Saldo: 8 kg N/ha

Interpretation der Ergebnisse

Der Stickstoffsaldo kann positiv, ausgeglichen oder negativ sein. Es gibt verschiedene Bewirtschaftungsverfahren, um den N-Eintrag zu steigern und den Austrag zu reduzieren. Berechnungsbeispiele liefern Anhaltspunkte, welche Faktoren den stärksten Einfluss auf das Ergebnis des N-Saldos haben.

Interpretation der Ergebnisse und mögliche Bewirtschaftungsoptionen

Stickstoffsaldo (kg N/ha)	Interpretation
-10 und niedriger	Der N-Austrag ist höher als der Eintrag. N wird aus den Bodenvorräten aufgenommen, kein N wird in das System gebracht. Die Bewirtschaftung ist nicht nachhaltig und führt zur Erschöpfung der Bodenvorräte an N, was sinkende Erträge zur Folge hat.
-10 bis +10	Der N-Austrag entspricht dem N-Eintrag. Fixierter N durch Leguminosen wird durch die Ernte entfernt und nur wenig N dem System zugeführt.
+10 und höher	Der N-Eintrag ist höher als der Austrag. Dies führt zu einer Nettozufuhr an N in das System, der nachfolgenden Kulturen zur Verfügung steht.

Um einen positiven Stickstoffsaldo zu erreichen, ist eine Änderung der Bewirtschaftung erforderlich, u.a. durch:

- Steigerung des Leguminosenanteils (siehe **Leguminosen**)
- Steigerung des Ertrages
- Wechsel der Erntemethode.

Ist der N-Saldo positiv, behalten Sie diese Art der Bewirtschaftung bei und stellen Sie sicher, dass der Stickstoff im System bleibt und für nachfolgende Kulturen zur Verfügung steht.

Dieser Rechner bietet eine schnelle und grobe Schätzung des Stickstoffsaldos Ihres Leguminosen-Gras-Gemenges. Die Ergebnisse sollten nicht überinterpretiert werden. Tritt ein negativer N-Saldo auf, können Sie mit diesem Rechner prüfen, welche Verbesserungsmöglichkeiten bestehen.

Viel Spaß beim Experimentieren!



Was bedeutet der
Stickstoffsaldo?



Tipps für Landwirte

Beispielrechnung

Wenn Sie die Eingabevariablen verändern, sehen Sie die Auswirkungen auf den Stickstoffsaldo, z.B. durch die Erhöhung oder Reduzierung des Ertrages, der Ernteverluste oder des Leguminosenanteils.

Zu beachten: Wenn die Erntemethode nicht verändert werden kann, bleibt der Leguminosenanteil der Schlüsselfaktor, um den Stickstoffsaldo zu beeinflussen!

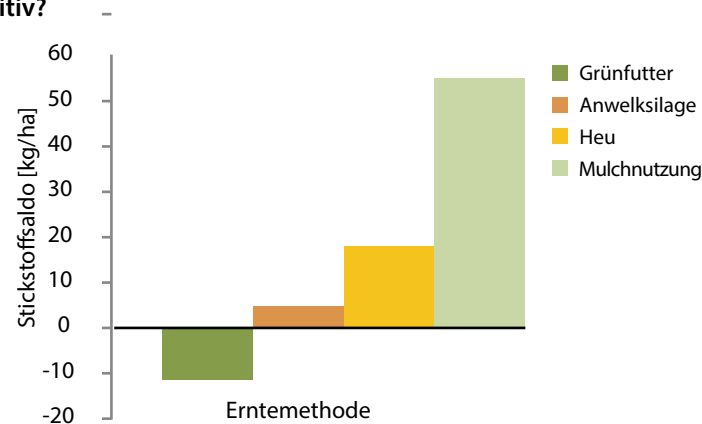
Ein Landwirt hat 4 Schläge mit Leguminosen-Gras und einen Brutto-Ertrag von je 3 t/ha (z.B. beim 1. Schnitt mit 5 cm Schnitthöhe). Die berechnete Stickstofffixierung liegt bei ca. 65 kg/ha auf jedem Schlag.

Frage: Unter welchen Bedingungen ist der Stickstoffsaldo negativ oder positiv?

Zwei Beispiele

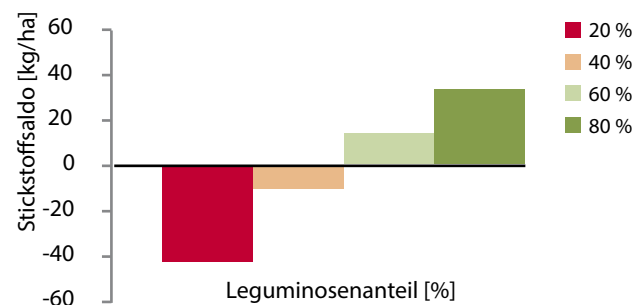
Fall A

- Fester Parameter: 40 % mittlerer Leguminosenanteil auf jedem Schlag
 - Variabler Parameter: unterschiedliche Erntemethoden
- Vergleichen Sie den Effekt auf den Stickstoffsaldo.



Fall B

- Fester Parameter: Erntemethode (Grünfutter)
 - Variabler Parameter: 20-80 % Leguminosenanteil
- Vergleichen Sie den Effekt auf den Stickstoffsaldo.



Hauptfaktoren, die den Stickstoffsaldo beeinflussen

- Der Leguminosenanteil hat einen großen Einfluss und kann durch die Bewirtschaftung (**Leguminosen**) beeinflusst werden.
- Die Erntemethode hat einen großen Effekt, ist aber abhängig vom Futterbedarf.
- Der Ertrag hat einen mittleren Effekt und kann durch die Bewirtschaftung beeinflusst werden.
- Ernteverluste haben einen geringen Effekt (höhere Verluste bedeuten weniger N-Abfuhr und ergeben einen positiveren Stickstoffsaldo).

ERA Software Tools



LEGUMINOSEN-SCHÄTZTRAINER

Eine Lernhilfe zur besseren Schätzung des Leguminosenanteils im Feldfutterbau

Moritz Reckling, Karin Stein-Bachinger und Johann Bachinger

Bedeutung	116
Funktionsweise	117
Anwendung	118
Schätzung im Feld (nach dem Training)	119
Beispiele für Ackerfutter	120
Beispiele für Dauergrünland	121

Die Software ist verfügbar unter:
www.zalf.de/de/forschung/institute/lse/downloads/Seiten/oekolandbau.aspx oder www.beras.eu

Bedeutung

Futterleguminosen (z.B. Klee und Luzerne) erhöhen die Bodenfruchtbarkeit und spielen deshalb eine Schlüsselrolle in Fruchtfolgen von ERA-Betrieben. Neben anderen Vorteilen fixieren **Leguminosen** Stickstoff (N) aus der Luft, der dann für die aktuellen und nachfolgenden Kulturen verfügbar wird. Darüber hinaus liefern sie hochwertiges Futter für die Wiederkäuer, die wiederum durch den **Wirtschaftsdünger** zur Bodenverbesserung beitragen.

Warum sollten Schätzungen im Feld erfolgen?

Die Höhe der Stickstofffixierung ist abhängig von dem Gesamtertrag und dem **Leguminosenanteil** in der Futtermischung ^[1, 5]. Um die Nährstoffbilanz in einer Fruchtfolge zu bewerten und die Stickstofffixierung abzuschätzen, ist eine Bestimmung des Leguminosenanteils unumgänglich. Diese Schätzung muss auf dem Feld zur Erntezeit durchgeführt werden ^[5] und kann nicht anhand der Saatgutmischung erfolgen. Eine genauere Schätzung des Leguminosenanteils ist wichtig für die Nutzung des **Stickstoff-Saldo-Rechners**. Dies ermöglicht auch eine präzisere Kalkulation der Stickstofffixierung und des Stickstoffsaldos.

Wer sind die Nutzer?

Das Software Tool können Landwirte und Berater einsetzen. Sie können so die Schätzung des Leguminosenanteils im Ackerfutter und auf Dauergrünland üben und damit die N-Saldo-Berechnung verbessern.

Funktionsweise

Der Leguminosen-Schätztrainer enthält zwei Bilddateien, zwischen denen man wählen kann – eines für Ackerfutter und eines für Dauergrünland. Es werden verschiedene Leguminosen-Gras-Gemenge in unterschiedlichen Wuchsstadien und den dazugehörigen Leguminosenanteilen abgebildet. Die Daten, die zu jedem Foto gehören, basieren auf den Ergebnissen wissenschaftlicher Feldexperimente und Nährstoffanalysen.

Die Software erzeugt Bilder in zufälliger Reihenfolge und ermöglicht dem Nutzer, den Leguminosen-Ertragsanteil zu schätzen. Dazu muss eine der Schaltflächen mit Prozentklassen ausgewählt werden. Zusätzlich werden die Pflanzenhöhe und der Ertrag in Trocken- und Frischmasse angezeigt.

Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche im Web-Browser zeigt die Fotos der Bestände und fünf Schätzklassen, mit denen der Leguminosenanteil bestimmt werden kann sowie ergänzende Informationen.



Welche Daten werden dargestellt?

Schätzen Sie den Leguminosenanteil (%) im Bestand

das ist richtig: 59 %

Trockenmasse Ertrag (t/ha) 3,1 Frischmasse Ertrag (t/ha) 15,5

0-20 % 21-40 % **41-60 %** 61-80 % 81-100 %

Neues Bild

Anwendung

Der Leguminosen-Schätztrainer kann mit allen gängigen Web-Browsern verwendet werden. Es werden keine Vorkenntnisse oder Installationen benötigt.

Software Minimal-
anforderung

Webbrowser, getestet mit Mozilla Firefox, Windows Internet Explorer, Google Chrome

Trainieren Sie die Bestimmung des Leguminosenanteils in 6 Schritten

1. Öffnen sie die „start“ Datei (Der Web-browser wird geöffnet).
2. Wählen Sie zwischen „Ackerfutter“ und „Dauergrünland“, dann beginnt das Training.
3. Studieren Sie das erste Foto auf Ihrem Bildschirm und lesen Sie die Zusatzinformationen.
4. Bestimmen Sie den Leguminosenanteil, indem Sie auf eine der Schaltflächen drücken, die die %-Anteile anzeigen.
5. Sie erhalten eine Meldung, ob Sie richtig oder falsch geschätzt haben. Wenn Ihre Schätzung falsch war, sollten Sie eine andere Prozentklasse wählen, wenn sie richtig war, können Sie auf „Neues Bild“ drücken.
6. Mit den Pfeiltasten können Sie bereits geschätzte Bilder miteinander vergleichen.

Ihre Schätzgenauigkeit wird besser, wenn Sie regelmäßig trainieren und Ihre Erfolgsrate kontrollieren. **Viel Spaß beim Schätzen!**

Kontrollieren Sie Ihr
Trainingsergebnis!

- Bestimmen Sie 100 Bilder und notieren die Erfolgsquote (angezeigt in %).
- Wiederholen Sie dieses 3mal (laden Sie die Seite nach einem Durchgang neu) und vergleichen Sie die Ergebnisse, um Ihren Fortschritt zu prüfen.
- Üben Sie, bis Sie über 50 % richtig haben – wenn Sie wollen!

Anwendung Ihrer Schätzfähigkeiten

Nach der Übung können Sie mit dem Gelernten den Leguminosenanteil auf dem Feld gut schätzen. Um eine grobe Abschätzung zu erhalten, können Sie dies zur Erntezeit vom Traktor oder Mäher aus vornehmen. Wenn Sie Zeit für eine präzisere Schätzung haben, gehen Sie direkt auf ausgewählte Schläge und machen Sie während eines schnellen diagonalen Durchquerens des Schlages Ihre Schätzung.

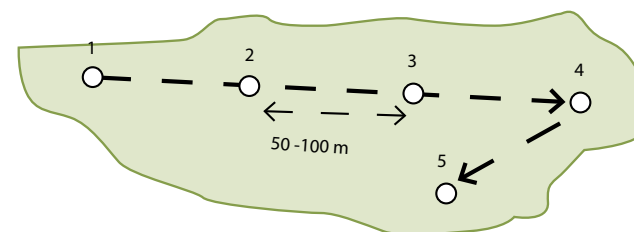
Schätzung im Feld (nach dem Training)

- Verwenden Sie ein Notizbuch, um alle Daten während der Feldbegehung zu notieren.
- Laufen Sie diagonal durch das Feld (Transsekt).
- Schätzen Sie alle 50-100 m (nicht an Feldrändern).
- 5 Schätzungen genügen bei Feldern mit geringen Unterschieden im Leguminosenanteil.
- Mindestens 10 Schätzungen werden empfohlen bei Schlägen mit großen Unterschieden im Leguminosenanteil.
- Schätzen Sie ca. 1 m² pro Stelle (ein Rahmen oder Stöcke helfen als Markierung).
- Schreiben Sie die Prozente von jeder Stelle in das Notizbuch und errechnen Sie den Mittelwert.
- Die Schätzung sollte während jedes Anbaujahres wiederholt werden, denn der Leguminosenanteil kann zwischen den Feldern und Schnitten sowie von Jahr zu Jahr variieren.

Wie wird eine Feldbegehung durchgeführt?

Mittlerer Leguminosenanteil im Feld	
Schätzung	%
1	40
2	25
3	20
4	45
5	60
Durchschnitt	38

Schätzung des Leguminosenanteils im Feld (präzise Schätzung)



Bestimmung des Leguminosenanteils vom Traktor (grobe Schätzung)



Ausrüstung: ein 0,5 m² großer Rahmen aus Stöcken oder Meterstab und eine Küchenwaage

Überprüfen Sie Ihre Schätzgenauigkeit

- Notieren Sie Ihre Schätzung und schneiden Sie dann eine Probe (0,5 m²).
- Trennen Sie die Leguminosen von den Nichtleguminosen.
- Wiegen Sie die Leguminosen einzeln und den Gesamtschnitt und berechnen Sie:

$$\text{Leguminosenanteil (\%)} = \frac{\text{Leguminosen (g)} \cdot 100}{\text{Gesamtschnitt (g)}}$$

Diese Arbeit kann eine Gruppenübung mit Landwirten sein, unterstützt durch einen Berater.

Beispiele für Ackerfutter

(Fotos: ZALF)

Klassifizierung

1-20 %



11% Leguminosen / 4,2 t/ha TM / 51 cm



4% Leguminosen / 4,4 t/ha TM / 47 cm

21-40 %



37% Leguminosen / 2,6 t/ha TM / 37 cm



22% Leguminosen / 3,8 t/ha TM / 53 cm

41-60 %



59% Leguminosen / 3,1 t/ha TM / 51 cm



48% Leguminosen / 3,7 t/ha TM / 42 cm

61-80 %



78% Leguminosen / 2,7 t/ha TM / 42.6 cm

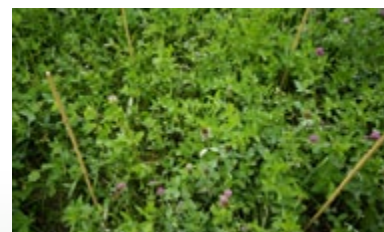


73% Leguminosen / 3 t/ha TM / 46.4 cm

> 81 %



94% Leguminosen / 2,1 t/ha TM / 24 cm



80% Leguminosen / 2 t/ha TM / 39 cm

Beispiele für Dauergrünland

(Fotos: ZALF und Engel, Aulendorf)

Klassifizierung

< 6 %



4 % Leguminosen / 4,2 t/ha TM / 30 cm



5 % Leguminosen / 2,8 t/ha TM / 45 cm

6-20 %



11 % Leguminosen / 2,2 t/ha TM / 37 cm



18 % Leguminosen / 3 t/ha TM / 27 cm

21-40 %



25 % Leguminosen / 1,7 t/ha TM / 33 cm



35 % Leguminosen / 2,9 t/ha TM / 29 cm

> 40%



45% Leguminosen / 3,6 t/ha TM / 60 cm



51 % Leguminosen / 2,1 t/ha TM / 25 cm



Wir danken Herrn Prof. Dr. Martin Elsässer und Sylvia Engel vom Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg, Abteilung Grünlandwirtschaft und Futterbau (LAZBW Aulendorf) für die Bereitstellung einer Vielzahl von Grünlandproben und -bildern. Am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) in Müncheberg danken wir Gerlinde Stange und den Mitarbeitern des Instituts für Landnutzungssysteme sowie der Forschungsstation in Müncheberg für die Mithilfe bei der Probenverarbeitung.

Die erste Version des Leguminosen-Schätztrainers wurde veröffentlicht in: „Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau: Ein Handbuch für Beratung und Praxis mit Anwendungs-CD“ von Stein-Bachinger, K., Bachinger, J. und Schmitt, L. (2004). ISBN 978-3-941583-14-6

ERA Software Tools



ROTOR – PLANUNG ÖKOLOGISCHER FRUCHTFOLGEN

Ein Werkzeug zur Planung von Fruchtfolgen
im Ökolandbau

Moritz Reckling, Johann Bachinger and Karin Stein-Bachinger

Bedeutung	124
Funktionsweise	125
Eingabemaske	126
Interpretation der Ergebnisse	128
Beispielbewertung	129

Die Software ist verfügbar unter:

www.zalf.de/de/forschung/institute/lse/downloads/Seiten/oekolandbau.aspx oder www.beras.eu

Bedeutung

Eine gute Fruchtfolgeplanung spielt eine Schlüsselrolle in der ökologisch, kreislaforientierten Landwirtschaft (ERA). In Verbindung mit einer flächenabhängigen Tierhaltung und innerbetrieblicher Futtererzeugung sowie einem geringen Zukauf externer Betriebsmittel ist es möglich, Nährstoffverluste auf Betriebsebene deutlich zu reduzieren.

Fruchtfolgen sollten eine ausreichende Futterversorgung, hohe Erträge und Qualitäten der Markfrüchte und die langfristige Produktivität und Nachhaltigkeit des Systems sichern. Zu berücksichtigen sind dabei phytosanitäre Restriktionen, eine effektive Unkrautbekämpfung, eine ausreichende Stickstoffzufuhr durch **Leguminosen**, ausgeglichene N- und C- Bilanzen und eine Reduzierung von Nährstoffverlusten.

Planung mit ROTOR

Um ökologische Fruchtfolgen zu planen, müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden: Nährstoffe, Humus, Verunkrautung, Pflanzenkrankheiten, Marktfrucht- und Futterpflanzenproduktion, Zwischenfruchtanbau und Düngerausbringung.

ROTOR ist ein statisch-regelbasiertes Planungswerkzeug. Es dient der Langzeitplanung auf Feldebene zur:

- Versorgung mit ausreichendem Futter
- Regulierung des Unkrautdrucks
- Berücksichtigung phytosanitärer Restriktionen (u.a. Anbaupausen)
- Maximierung der N-Fixierung durch Leguminosen
- Minimieren der N-Verluste durch Auswaschung.

ROTOR unterstützt Berater, um diese Faktoren gleichzeitig zu berücksichtigen. Ergänzende Informationen zu vorhandenem lokalen Wissen und Erfahrungen werden angeboten.

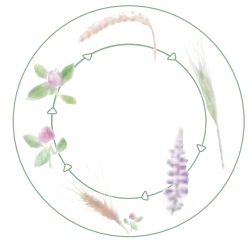
Wer sind die Nutzer?

ROTOR erfordert einige Vorkenntnisse mit der Software und u.U. die Installation von neuer Software (siehe Softwareanforderungen). Das Programm wurde für Berater entwickelt, kann aber auch von Landwirten, Dozenten und Studenten genutzt werden.

Funktionsweise

ROTOR kalkuliert auf der Basis von vordefinierten Anbauverfahren. Darin werden alle Feldoperationen je Fruchtart, von der Stoppelbearbeitung bis zur Ernte beschrieben. Jede Kultur kann unterschiedlich angebaut werden. Daher unterscheiden sich die vordefinierten Anbauverfahren durch Variation von Vorfrüchten und Bewirtschaftungsarten, z.B. Pflügen oder reduzierte Bodenbearbeitung, Untersaat, Zwischenfruchtanbau, organische Düngung, Strohernte und mechanische Unkrautkontrolle.

Fruchtfolgen beschreiben eine Abfolge von Anbauverfahren, die mit ackerbaulichen Kriterien bewertet werden, z.B. N₂-Fixierung, N-Entzug, N- und C-Bilanz, N-Auswaschung, phytosanitäre Restriktionen und Verunkrautungsrisiken.



Anwendung

ROTOR wurde an einzelne Länder der Ostseeregion angepasst. Es werden unterschiedliche Bodentypen innerhalb der Länder berücksichtigt.

- Die Ergebnisse können zum Vergleich unterschiedlicher Fruchtfolgevarianten genutzt werden.
- Absolute Werte sind mit Vorsicht zu betrachten.
- Wenn Sie ROTOR für andere Länder und Standorte einsetzen, müssen Anpassungen an die dortigen Bedingungen durchgeführt werden. Kann dies nicht getan werden, müssen die Ergebnisse mit größter Sorgfalt behandelt werden!

Microsoft Access, ab Version 2000

Software
Minimalanforderung

Eingabemaske

Der Nutzer arbeitet mit zwei Bereichen, der Eingabemaske und dem Ergebnisbericht. Die Eingabemaske ist unten abgebildet.

BERAS Implementation **ROTOR** **Planung Ökologischer Fruchtfolgen** © Copyright: 2013

Standort Informationen
Wählen Sie Ihre Standorteigenschaften

Land: Deutschland (BB) | Bodenqualität: Ackerzahl 50 | Niederschlag im Jahr (mm): 481 - 540 | Niederschlag im Winterhalbjahr (mm): 225

Auswahl von Kulturen und Kulturfolgen
Wählen Sie die Anzahl und die Anbaufolge, lassen Sie einzelne Jahre aus, um Anbaufolgen zu generieren

Anzahl der Jahre: 3, 4, 5, 6, 7, 8
Jahr 1: Leguminosengras | Jahr 2: Leguminosengras | Jahr 3: | Jahr 4: | Jahr 5: | Jahr 6: | Jahr 7: | Jahr 8: |

Kriterien der Anbauverfahren
Hier können Sie die Standardvarianten nach Ihren Zielen verändern

Düngung: ja/nein | Auswahl: fest & flüssig / flüssig | Strohernte: ja/nein beides | Futternutzung von Klee: ja/nein | Leguminosenanteil im Klee: 0.6 / 0.7 % TM | Zwischenfrüchte: Stoppelsaat ja/nein | Untersaat ja/nein

Kriterien der Fruchtfolgengenerierung und der Schwellenwerte
Zur Generierung von Fruchtfolgen wählen Sie bitte die Kriterien nach Ihren Zielen aus

Phytoparasitäre Restriktionen: ein/aus | Restriktion der Kulturanteile: Sommer: 4/3/2 | Getreide: 4/3/2 | max. Kulturfolge: 4/3/2

Schwellenwerte für die Unkrautregulierung
Winter annuelle: 1/aus | Sommer annuelle: 1/aus | Mehrjährige: 0/aus

Schwellenwerte für die N-Bilanz
Minimum: 5 % | Maximum: 15 %

ROTOR Prototyp 1.0 (2013)
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.



Bewertung der Fruchtfolgen in wenigen Schritten

1. Öffnen Sie die Microsoft Access-Datei.
2. Sie sehen die Eingabemaske (Formular).
3. Wählen Sie Ihre Standortdaten (Land und Bodenqualität, durchschnittlicher jährlicher Niederschlag und Winterniederschlag). Wenn Ihr Standort nicht vorhanden ist, können Sie einen vergleichbaren Standort auswählen oder die Entwickler des Programms kontaktieren.
4. Wählen Sie die Dauer der Fruchtfolge (Jahre) und die geplanten Fruchtarten aus; beginnen Sie mit einem Leguminosen-Gras-Gemenge.
5. Präzisieren Sie die Produktionsmaßnahmen oder benutzen Sie die Standardwerte (Gülle, Strohernte, Futternutzung von Leguminosen-Gras, Leguminosenanteil im Leguminosen-Gras-Gemenge, Zwischenfrüchte).
6. Drücken Sie auf „Start“, um die Fruchtfolge zu bewerten.
7. Der Ergebnisbericht wird geöffnet (dies kann ein paar Sekunden dauern).
8. Falls Sie die Fruchtfolge oder andere Einträge ändern wollen, schließen Sie bitte den Ergebnisbericht vorher.

Fruchtfolgen generieren

1. Wählen Sie die Dauer der Fruchtfolge (Jahre) aus.
2. In der Rubrik „Auswahl von Kulturen und Kulturfolgen“ können Sie alle oder einzelne Jahre frei lassen.
3. Ändern Sie die Einstellungen zur Fruchtfolgengenerierung und der Schwellenwerte.
4. Fahren Sie mit Schritt 6 der vorherigen Liste fort.

Sortierung des Ergebnisberichtes

Die Standardsortierung der Ergebnisse erfolgt bei „N-Überschuss“ von niedrig bis hoch und kann nach folgender Anleitung verändert werden:

1. Öffnen Sie den Ergebnisbericht und gehen Sie auf „Entwurfsansicht“ (über rechte Maustaste).
2. Gehen Sie auf „Sortieren und gruppieren“ (über rechte Maustaste).
3. Gehen Sie auf „Gruppieren nach“ (z.B. am Ende des Protokolls) und wählen Sie ein Kriterium aus der Liste aus.
4. Definieren Sie die Reihenfolge (vom „Größten zum Kleinsten“ oder „Kleinsten zum Größten“).

Interpretation der Ergebnisse

Der Ergebnisbericht zeigt die berechneten Werte pro Anbauverfahren (Fruchtart) und Fruchtfolge. Verschiedene Fruchtfolgeoptionen werden angezeigt. Diese sind nach dem Kriterium „N-Überschuss“ sortiert (kann geändert werden).

Beschreibung der Anbauverfahren

Details der Pflanzenproduktion, z.B. Zwischenfrüchte, Untersaaten, Bodenbearbeitung, Strohernte und organische Düngung.

Ertrag [t/ha]

Erträge werden in Trockenmasse spezifisch je Bodeneigenschaft, Niederschlag, Vorfrucht und organische Düngung berechnet (1 dt = 0,1 t).

N₂-Fixierung [kg N/ha]

Stickstofffixierung durch Leguminosen als Hauptkultur, Untersaat, Mischfruchtanbau und Zwischenfrucht.

N-Austrag [kg N/ha]

Die jährliche N-Auswaschung sollte so niedrig wie möglich sein.

N-Entzug [kg N/ha]

Jährlicher N-Entzug durch die Pflanzenernte.

N-Saldo [kg N/ha]

Der jährliche N-Saldo wird berechnet aus N-Zufuhr – N-Abfuhr und sollte für eine nachhaltige Produktion möglichst ausgeglichen sein (-10 kg bis +10 kg).

N-Saldo als % N-Eintrag [%]

N-Saldo in % der N-Zufuhr sollte für eine nachhaltige Produktion nahe 0 sein (Schwellenwerte können in der Eingabemaske gesetzt werden).

Humusreproduktion [%]

Die jährliche Humusreproduktion ^[25] sollte mehr als 100 % betragen, um eine stabile Humusbilanz zu sichern.

Verunkrautungsrisiko [Wert]

Negative Werte bedeuten, dass das Verunkrautungsrisiko durch mehrjährige und einjährige Sommer- und Winterunkräuter reduziert wird, positive Werte bedeuten eine Erhöhung (Werte von -4 bis +4). Je nach Boden und Anbautechnik sollte das Verunkrautungsrisiko so niedrig wie möglich sein, d.h. negative Werte sollten angestrebt werden.

Beispielbewertung

Beispiel einer Fruchtfolge mit zwei Anbauoptionen für einen sandigen, ertragsschwachen Boden in Deutschland (Brandenburg) mit der Ackerzahl 25.

Niederschlag: jährlich 500 mm und 225 mm im Winterhalbjahr

Fruchtfolge : Leguminosen-Gras (Mulchnutzung) – Winterroggen – Winterroggen – Lupine – Hafer

Option A: Untersaat von Leguminosen-Gras-Gemenge im Hafer

Durchschnittlicher Leguminosenanteil im Gemenge von 50 %

Fruchtart	Ertrag [t/ha]	N ₂ -Fixierung [kg N/ha]	N-Auswaschung	N-Saldo	Verunkrautungsrisiko (- reduziert, + erhöht)			Humusreproduktion %
					Mehrj	Sommer	Winter	
Leguminosen-Gras-Gemenge (50 % Leg.)	24	124	3	105	0	-1	-1	
Winterroggen	2,6	0	20	-57	-1	-1	3	
Winterroggen	2,1	0	14	-44	-1	-1	3	
Lupine	1,5	76	26	-3	0	3	-1	
Hafer + Leg.-Gras-Gemenge-Untersaat	1,6	0	33	-54	0	1	-1	
Mittelwert der Fruchtfolge		40	20	-11	-0,2	0,2	0,6	108

Option B: Integration einer Zwischenfrucht (Rübsen) vor Hafer

Steigerung des Leguminosenanteils auf 70 % im Leguminosen-Gras-Gemenge

→ Die Veränderungen in Option B sind grün markiert

Fruchtart	Ertrag [t/ha]	N ₂ -Fixierung [kg N/ha]	N-Auswaschung	N-Saldo	Verunkrautungsrisiko (- reduziert, + erhöht)			Humusreproduktion %
					Mehrj	Sommer	Winter	
Leguminosen-Gras-Gemenge (70 % Leg.)	24	167	12	139	0	-1	-1	
Winterroggen	2,6	0	20	-57	-1	-1	3	
Winterroggen	2,1	0	14	-44	-1	-1	3	
Lupine	1,5	76	26	-3	1	3	-1	
Hafer + Zwischenfrucht + Leg.-Gras-Gemenge-Untersaat	2,0	0	13	-42	-1	1	-2	
Mittelwert der Fruchtfolge		49	17	-1	-0,4	0,2	0,4	117

Literatur

- 1 **Granstedt, A. (2012):** Farming for the future. With a focus on the Baltic Sea region. COMREC Studies in Environment and Development No. 6, BERAS Implementation reports No. 2. Södertons University, Sweden, pp 133.
- 2 **Granstedt, A., Schneider, T., Seuri, P., Thomsson, O. (2008):** Ecological Recycling Agriculture to Reduce Nutrient Pollution to the Baltic Sea. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 26, pp 279-307.
- 3 **Larsson, M. & Granstedt, A. (2010):** Sustainable governance of the agriculture and the Baltic Sea – Agricultural reforms, food production and curbed eutrophication. Ecological Economics, Vol. 69, pp 1943-1951.
- 4 **KTBL (2009):** Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14. Auflage, Darmstadt, pp. 1180.
- 5 **Stein-Bachinger, K., Bachinger, J., Schmitt, L. (2004):** Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.), 423, Darmstadt, pp 136.
- 6 **Stein-Bachinger, K. & Werner, W. (2007):** Effect of Manure on Crop Yield and Quality in an Organic Agricultural System. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 14, pp. 221-235.
- 7 **Haas, G. (2009):** Wasserschutz im Ökologischen Landbau. Bundesprogramm Ökologischer Landbau, pp 61.
- 8 **Lampkin, N. (1990):** Organic Farming. Farming Press Books, UK, pp 70.
- 9 **COG (2001):** Organic Field Crop Handbook. Canadian Organic Growers Inc., 2nd Edition, pp 292.
- 10 **Hauser, S. (1987):** Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Diss. Univ. Göttingen.
- 11 **Kelm, M., Loges, R., Taube, F. (2007):** N surpluses of organic and conventional farms in Northern Germany. Results from the COMPASS project. 9. Wiss. Tagung Ökologischer Landbau, pp 29-32.
- 12 **Stein-Bachinger, K. & Fuchs, S. (2012):** Protection strategies for farmland birds in legume-grass leys as trade-offs between nature conservation and farmers' needs. Organic Agriculture (2), pp 145-162.
- 13 **Loges, R. & Taube, F. (2011):** Nitratauswaschung, Ertrag und N-Bilanz zweier Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Leguminosenanteil im mehrjährigen Vergleich. 11. Wiss. Tagung Ökologischer Landbau, pp 89-92.
- 14 **Elsäßer, M. (1998):** Düngung von Wiesen und Weiden. Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung. Nr. 13, Ed. Landesanstalt für Pflanzenbau, Forchheim, Rheinstetten, pp 8.
- 15 **Rauhe, K. (1964):** Möglichkeiten des Humusersatzes durch Düngung und Pflanze. Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin; Bd. 13, H. 6, pp 26.
- 16 **LVL (2008):** Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV). Gemeinsame Hinweise der Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt. www.lflf.brandenburg.de, pp 87.
- 17 **Pietsch, G. & Friedel, J. (2007):** Was Leguminosen bringen. BIO AUSTRIA, pp 20-21.
- 18 **Faßbender, K., Heß, J., Franken, H. (1993):** Sommerweizen, grundwasserschonende Alternative zu Winterweizen auf leichten Böden. In: Zerger, U. (Hrsg.): Forschung im Ökologischen Landbau. Tagungsband zur 2. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, pp 139-144.
- 19 **Landesanstalt für Landwirtschaft (2006):** Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt 16. www.LfL.bayern.de.



- 20 **European Nitrate Directive (91/676/EEC):** <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/report.html>.
- 21 **Mohler, C.L. & Johnson, S.E. [eds.] (2009):** Crop Rotation on Organic Farms – A planning manual. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), 177, www.nraes.org.
- 22 **Freyer, B. (2003):** Fruchtfolgen – Konventionell – Integriert – Biologisch. Eugen Ulmer, Stuttgart, pp 230.
- 23 **Kolbe, H. (2006):** Fruchtfolgegestaltung im ökologischen und extensiven Landbau: Bewertung von Vorfruchtwirkungen. Pflanzenbauwissenschaften 10, pp 82-89.
- 24 **Hubendick, B. (1985):** Människoekologi. Gidlunds förlag. Stockholm.
- 25 **Hülsbergen, K.-J., Braun, M. & Schmid, H. (2012):** Die Bedeutung der Kohlenstoffversorgung in Böden. Lebendige Erde, 3, pp 12-14 and **Leithold, G. und K.-J. Hülsbergen (1998):** Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie und Landbau, 105, pp 32-35.
- 26 **Baltic Sea Now (2012):** Our chemicalized Sea. <http://www.balticseanow.info>
- 27 **Kahnt, G. (1986):** Biologischer Pflanzenbau.- Stuttgart, Ulmer, pp 228.
- 28 **Kattwinkel, M., Kühne, J.V., Foit, K., Liess, M. (2011):** Climate change, agricultural insecticide exposure, and risk for freshwater communities. Ecological Applications 21: 2068–2081. <http://dx.doi.org/10.1890/10-1993.1>.
- 29 **BLE (2006):** Pflanzenschutz im Ökolandbau. Krankheiten und Schädlinge. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Germany, pp 20.
- 30 **Kühne, S., Burth, U., Marx, P. (2006):** Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Pflanzengesundheit im Ökologischen Landbau. Verlag Eugen Ulmer, Germany, pp 304.
- 31 **Schwarz, A. (2009):** Nützlingsförderung im Ackerbau. UFA-Revue Mai 2009. Landwirtschaftliches Zentrum St. Gallen, Switzerland, pp 3.
- 32 **Wageningen UR (2006):** Practical weed control in arable farming and outdoor vegetable cultivation without chemicals. WUR Applied Plant Research, Wageningen, The Netherlands, pp 77.
- 33 **JKI (2012):** Vorratsschutz. URL: [oekologischerlandbau.jki.bund.de / Vorratsschutz](http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/Vorratsschutz).
- 34 **FAO (2003):** World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO perspective. <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e06.htm>.
- 35 **Schrimpf, E. (2010):** Rahmenbedingungen für einen nachhaltigen (Öl)-Pflanzenbau weltweit. http://www.bv-pflanzenoele.de/pdf/Schrimpf_Rahmenbedingungen.pdf.
- 36 **FIBL et al. (2012):** Grundlagen zur Bodenfruchtbarkeit. www.bodenfruchtbarkeit.org/grundlagen.html.
- 37 **Claassen, N. & Jungk, A. (1984):** Bedeutung von Kaliumaufnahme, Wurzelwachstum und Wurzelhaaren für das Kaliumaneignungsvermögen verschiedener Pflanzenarten. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 147, pp 276-289.
- 38 **Brock, C. Hoyer, U., Leithold, G., Hülsebergen, K.-J. (2008):** A new approach to humus balancing in organic farming. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, pp 40-43.
- 39 **Granstedt, A. & Kjellenberg, L. (2008):** Organic and biodynamic cultivation – a possible way to increasing humus capital, improving soil fertility and providing a significant carbon sink in Nordic conditions. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, pp 32-35.
- 40 **Kelm, M., Loges, R. & Taube, F. (2008):** Comparative analysis of conventional and organic farming systems: Nitrogen surpluses and losses. 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, pp 312-315.
- 41 **Cordell, D., Drangert, J.-O., White, S. (2009):** The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environmental Change 19, pp 292-305.
- 42 **HELCOM (2013):** Approaches and methods for eutrophication targets setting in the Baltic Sea region. Balt. Sea Environ. Proc. No. 133, pp 134.
- 43 **Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (2002):** Phosphordüngung und Gewässerschutz. www.umweltministerium.bayern.de.
- 44 **Scheffer, B. (2010):** Schutz der Böden vor Überdüngung. WasserWirtschaft pp 1-2.
- 45 **Efma (2000):** Phosphorus essential element for food production. European Fertilizer Manufacturers' Association, Belgium. www.efma.org.
- 46 **Gantham, A. (2010):** Mycorrhiza Matter. www.rodaleinstitute.org www.mycorrhiza.com.
- 47 **Gustafsson, B.G., Schenk, F., Blenckner, T., Eilola, K., Meier, H.E.M., Müller-Karulis, B., Neumann, T., Ruoho-Airola, T., Savchuk, O.P., Zorita, E. (2012):** Reconstructing the development of Baltic Sea eutrophication 1850 – 2006. Springer, AMBIO, 41: 534–548.
- 48 **Bachinger, J., Zander, P. (2007):** ROTOR, a tool for generating and evaluation crop rotations for organic farming systems. Europ. J. Agronomy 26, pp 130-143.
- 49 **Baltic COMPASS (2012):** www.balticcompass.org.
- 50 **Gattinger, A. et al. (2012):** Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1209429109.
- 51 **FIBL, Bio Austria et al. (2012):** Soil fertility. ISBN 978-3-03736-208-2.
- 52 **Schnug, E., Rogasik, J. Haneklaus, S. (2003):** Die Ausnutzung von Phosphor aus Düngemitteln unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Landbaus. www.fal.de.
- 53 **Amberger, A. (1996):** Pflanzenernährung. 4. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, pp 319.
- 54 **Schilling, G. (2000):** Pflanzenernährung und Düngung. Ulmer Verlag, pp 464.
- 55 **Gisi, U. (1990):** Bodenökologie. Thieme Verlag, Stuttgart, pp 304.
- 56 **www.fibl.org, www.bodenfruchtbarkeit.org/504.html.**
- 57 **Scheller, E. (2002):** Eiweißstoffwechsel im Boden und Humusaufbau. Lebendige Erde 3, pp 40-43.
- 58 **Köpke, U. (2004):** Rotation for Organic Farming: Its Aims and Implementation. International Symposium on Organic Agriculture, Korea, pp 1-25. Own adaption.
- 59 **Bertilsson J. (2001):** Konferensrapport Ekologiskt lantbruk Ultuna 13-15 November. CUL.
- 60 **Waghorn G. C., Hegarty R. S. (2011):** Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. Animal Feed Science and Technology 166-167 (2011) 291-301.
- 61 **Nauta, W.J., Veerkamp, R.F., Brascamp, E.W., Bovenhuis, H. (2006):** Genotype by environment interaction for milk production traits between organic and conventional dairy cattle production in the Netherlands. Journal of Dairy Science 89: 2729-2737.
- 62 **Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, NL (1985).**
- 63 **Boller, B. & Noesberger, J. (1987):** Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrass at low levels of N-15-fertilization. Plant and Soil, 104 (2): 219-227.
- 64 **Vägen till ekologisk mjölkproduktion (2010):** Jordbruksinformation 1 – Jordbruksverket.
- 65 **BÖLW (2006):** Nachgefragt: 25 Antworten zum Stand des Wissens rum um Ökolandbau und Bio-Lebensmittel. www.boelw.de/bioargumente.html
- 66 **Granstedt, A. (1998):** Ekologiskt lantbruk - fördjupning. Natur och Kultur/LTs förlag
- 67 **www.luomu.fi/tietoverkko/**
- 68 **Edwards, S. (2002):** Feeding organic pigs – A handbook of raw materials and recommendations for feeding practice. University of Newcastle upon Tyne.

Abkürzungsverzeichnis

C	Kohlenstoff
Ca	Calcium
cm	Zentimeter
C/N	Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
C _{org}	Organischer Kohlenstoff
FM	Frischmasse
g	Gramm
GPS	Ganzpflanzensilage
GVE	Großvieheinheit
ha	Hektar
K	Kalium
kg	Kilogramm
km	Kilometer
l	Liter
m	Meter
MJ	Megajoule
mm	Millimeter
N	Stickstoff
Nfix	fixierter Stickstoff
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO ₃ ⁻	Nitrat
OBS	Organische Bodensubstanz
P	Phosphor
ROTOR	RoTation ORganic
t	Tonne
TM	Trockenmasse
US	Untersaat
°C	Grad Celsius

Adressen der Herausgeber und Autoren

Herausgeber

Dr. Karin Stein-Bachinger, Moritz Reckling und
Johannes Hufnagel
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Institut für Landnutzungssysteme
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg
Deutschland
kstein@zalf.de
moritz.reckling@zalf.de
jhufnagel@zalf.de

Prof. Artur Granstedt
Södertörn University, 14189 Stockholm
Biodynamic Research Institute
15391 Järna
Schweden
arturgranstedt@jdb.se

Das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. in Deutschland erforscht Ökosysteme in Agrarlandschaften und die Entwicklung ökologisch und ökonomisch vertretbarer Landnutzungssysteme unter Berücksichtigung sozialer Aspekte. Der Schwerpunkt des Instituts für Landnutzungssysteme liegt in der Bewertung und Weiterentwicklung nachhaltiger Landnutzungssysteme, inklusive des Ökologischen Landbaus.
www.zalf.de

Der Södertörn Universität in Schweden obliegt die Leitung des EU-Projektes BERAS Implementation. Die Ausbildung und Forschung dient der Entwicklung und Verbreitung von Wissen über die Auswirkungen unseres Handelns auf die Umwelt bzw. wie Bedingungen geschaffen werden können für eine umweltschonende, sozial und ökonomisch nachhaltige Entwicklung.

Das Institut für Biologisch-dynamische Forschung in Schweden beschäftigt sich mit Langzeituntersuchungen zur Entwicklung der ökologischen und biologisch-dynamischen Landwirtschaft unter skandinavischen Bedingungen mit Schwerpunkt auf Bodenfruchtbarkeit, Umwelt und Lebensmittelqualität.

Autoren

Gustav Alvermann
Ackerbauberatung, Scharberg 1a
23847 Westerau, Deutschland
Gustav.Alvermann@t-online.de

Prof. Dr. Artur Granstedt
Kulturcentrum 13, 15931 Järna,
Schweden
artur.granstedt@beras.eu

Prof. Dr. Stefan Kühne
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Julius Kühn-Institut (JKI)
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow, Deutschland
Stefan.kuehne@jki.bund.de

Moritz Reckling
ZALF e.V., Institut für Landnutzungssysteme
Eberswalder Str. 84,
15374 Müncheberg, Deutschland
E-mail: moritz.reckling@zalf.de

Katarina Rehnström
Gamla Kustvägen 254 B
10 600 Ekenäs, Finnland
kata@bene.fi

Dr. Karin Stein-Bachinger
ZALF e.V., Institute of Land Use Systems
Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg,
Deutschland
E-mail: kstein@zalf.de

Fotografen

© Johann Bachinger, Moritz Reckling, Karin Stein-Bachinger, Åsa Odelros, Katarina Rehnström, Stefan Kühne, Carlo Horn, Gustav Alvermann, Johannes Hufnagel, Gerlinde Stange, Frank Gottwald, Klaus-Peter Wilbois (S. 40 links), Martin Elsäßer (S. 51 rechts unten, S. 60), Nikola Acuti

Projektpartner

SCHWEDEN



Södertörn University
www.sh.se



The Biodynamic Research Institute,
www.jdb.se/sbf



Södertälje Municipality
www.sodertalje.se



Swedish Rural Network
www.landsbygdsnatverket.se



Swedish Rural Economy and Agricultural societies, Gotland
<http://hs-i.hush.se>.
Kalmar, hs-h.hush.se

FINNLAND



MTT Agrifood Research
www.mtt.fi



Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Uusimaa,
www.ely-keskus.fi/uusimaa



Finnish Environment Institute
www.environment.fi/syke



University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences
www.helsinki.fi

ESTLAND



Estonian University of Life Sciences
www.emu.ee



Estonian Organic Farming Foundation (EOFF)
www.maheklubi.ee

LETTLAND



Latvian Rural Advisory and Training Centre
www.llkc.lv

LITAUEN



Aleksandras Stulginskis University
www.lzuu.lt/pradzia/lt



Baltic Foundation HPI
www.heifer.lt;
www.heifer.org



Kaunas District Municipality
www.krs.lt

POLEN



Institute of Soil Science and Plant Cultivation – National Research Institute
www.iung.pulawy.pl



Kujawsko-Pomorski Agricultural Advisory Centre in Minikowo, www.kpodr.pl



Polish Ecological Club in Krakow, City of Gliwice Chapter
www.pkegliwice.pl



Independent Autonomous Association of Individual Farmers 'Solidarity'
www.solidarnosc.pl



Pomeranian Agricultural Advisory Center in Gdańsk
www.podr.pl

DEUTSCHLAND



Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research, www.zalf.de

DÄNEMARK



The Danish Ecological Council
www.ecocouncil.dk

WEISSRUSSLAND



International Public Association of Animal Breeders "East-West"

ZWECK

Das Ökosystem Ostsee ist in Gefahr. Eine der Hauptursachen sind hohe Nährstoffeinträge aus intensiver und spezialisierter Landwirtschaft. Durch die Änderung des gesamten landwirtschaftlichen Systems, hin zu einer ökologisch, kreislauforientierten Landbewirtschaftung in enger Zusammenarbeit mit allen Akteuren im Lebensmittelsektor - vom Landwirt bis zum Verbraucher - wäre es möglich, die verheerenden Folgen für unsere Umwelt abzuwenden.

WER SIND DIE NUTZER?

Die Handlungsempfehlungen sollen Landwirten und Beratern dabei helfen, die ökologische, kreislauforientierte Landbewirtschaftung (Ecological Recycling Agriculture, ERA) umzusetzen und weiter zu entwickeln. Dadurch kann eine nachhaltige Verbesserung des ökologischen Zustandes der Ostsee erreicht werden. Die Empfehlungen eignen sich auch zum Einsatz im Bildungssektor, auf Verwaltungsebene oder zur Politikberatung.

INHALTE

Folgende Themen werden behandelt:

Pflanzenbau & Tierhaltung: Empfehlungen zur Umstellung auf ERA-Landwirtschaft sowie Maßnahmen und Optimierungsstrategien zur Erhöhung der Nährstoffeffizienz innerhalb eines Betriebes bzw. bei Kooperationen während und nach der Umstellung. Enthalten sind außerdem Software-Tools zur Bewertung und Verbesserung von Fruchtfolgen und Nährstoffflüssen auf Betriebsebene.

Betriebswirtschaft: Empfehlungen und Hilfestellungen zur Umstellungsplanung und zur Einschätzung betriebswirtschaftlicher Auswirkungen der ERA-Landbewirtschaftung.

Vermarktung: Hilfestellung und Ideen für bessere Werbestrategien und Vermarktungsmöglichkeiten von ökologischen und ERA-Produkten.

Betriebsbeispiele: Persönliche Darstellungen verschiedener Landwirtschaftsbetriebe rund um die Ostsee, hauptsächlich Betriebe in Umstellung auf ERA, ihre Herausforderungen und Zukunftspläne.

Die Bücher sind in digitaler Form erhältlich unter www.beras.eu.