

Wirkung des Einarbeitungstermins einer Begrünung
sowie der Einarbeitungs- und Saattechnik auf die
Nitratgehalte im Boden, Erträge, Qualität des Erntegutes
und die Wirtschaftlichkeit des Pflanzenbaus in
Mittelgebirgslagen

„Einarbeitung der Begrünung auf Ackerflächen in Wasserschutzgebieten“

Gesamtbericht zu den Versuchen 1993 bis 1997

im Rahmen des Forschungsprojektes:

„Aktion 001 - Umbruch der Begrünung“

des Ministeriums Ländlicher Raum
Baden-Württemberg

Reinhard Schulze, Paul Schweiger¹, Frieder Klotz²

Titelfoto: Paul Schweiger

Überarbeitet aus den Jahresberichten 1994 bis 1997 von Helga Pfeleiderer (LAP),
Christine Amann (LAP), Frieder Klotz (LEL), Marcell Thiess (LEL), Manfred Zeller
(LAP)

¹ LAP Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten

² LEL Schwäbisch Gmünd, Oberbettringer Straße 162, 73525 Schwäbisch Gmünd

Ziffer	Inhalt	Seite
1	Einleitung und Fragestellung	3
2	Versuchsdurchführung, Standorte, Auswertung, Witterung	5
3	Ergebnisse	8
3.1	Nitratgehalte im Boden	8
3.1.1	Verlauf der Nitratgehalte	8
3.1.2	Nitratgehalte im Herbst, Winter und Frühjahr in Abhängigkeit von der Gründigkeit und Bodenart des Standortes	12
3.2	Pflanzenbauliche Begleituntersuchungen	17
3.2.1	Feldaufgang und Bestandesdichte	17
3.2.2	Ertrag und Qualität	21
3.3	Wirtschaftlichkeit	27
4	Zusammenfassung	34

1 Einleitung und Fragestellung

Die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) in Baden-Württemberg ist seit 01.01.1988 in Kraft und gilt derzeit in novellierter Form in allen Wasserschutzgebieten. Grundprinzip ist die Einschränkung der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung zum besonderen Schutz des Grundwassers vor dem Eintrag von Nitrat und Pflanzenschutzmitteln, verbunden mit einem finanziellen Ausgleich für den dadurch entstandenen wirtschaftlichen Ausfall. Sie schreibt eine standortgerechte Flächennutzung (z. B. kein Grünlandumbruch), vielseitige Fruchtfolgen, schonende Bodenbearbeitung, Stickstoffdüngung nach guter fachlicher Praxis (Verbotszeiträume für die Düngung, Risikoabschlag von 20 %) und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nach den Grundsätzen des Integrierten Pflanzenschutzes vor.

Im besonderen besteht ein Begrünungsgebot mit einer möglichst ganzjährig geschlossenen Pflanzendecke zur Minimierung des Stickstoffeintrags. Konkret ist vorgegeben:

- Anbau einer Zwischenfrucht sofern die Ernte der Hauptfrucht vor dem 15.09. liegt und keine Folgefrucht (Winterung) im gleichen Jahr angebaut wird.
- Obligatorische Einsaat einer Begrünung vor Saatmais, Körnermais nach Körnermais, sowie in Reben, Obstanlagen, Hopfen und Spargel.

Die geforderten Bedingungen einer geschlossenen Pflanzenbedeckung mit einer hohen Stickstoffaufnahme durch die wachsenden Pflanzen

- *werden erfüllt durch:* Ausfallraps, Weidelgras, Senf, Ölrettich, Phacelia
- *werden nicht erfüllt durch:* Ausfallgetreide

Leguminosen als Begrünung dürfen nur in Gemenge mit mindestens 50 % Nichtleguminosen angebaut werden. Der Anbau von Leguminosen alleine ist nur dann zulässig, wenn die Einarbeitung in den Boden erst im Jahr nach der Aussaat erfolgt und eine N-zehrende Hauptfrucht nachgebaut wird.

Eine begrünzte Fläche darf umgebrochen werden:

Ohne Gülledüngung in Höhenlagen über 800 m	vor dem 15.09. und ab 15.11.
Ohne Gülledüngung in Höhenlagen unter 800 m	
bei schweren Böden	vor 15.09. und ab 15.11.
bei leichten Böden	vor 15.09. und ab 15.12.
Bei Gülledüngung zur Begrünung	vor 15.09. und ab 15.12.
Beim Anbau von Leguminosen in Reinkultur	erst im Folgejahr

Nach der SchALVO dürfen also begrünte Flächen auf auswaschungsgefährdeten Böden unterhalb 800 m Höhenlage auch nach Ausbringung von Gülle zur Begrünung nicht vor dem 15.12. umgebrochen werden. Für bestimmte Standortverhältnisse, insbesondere flachgründige Böden, zwischen ca. 600 und 800 m Höhenlage wurde die Einhaltung dieser Vorgaben aufgrund bisheriger Praxiserfahrungen aus pflanzenbaulichen Gründen als problematisch angesehen und der positive Einfluss eines früheren Einarbeitungstermines in diesen Höhenlagen auf die potenzielle Gefahr der Nitratauswaschung in Zweifel gezogen.

Ab Mitte November wird in Höhenlagen über 600 m keine nennenswerte Mineralisation mehr erwartet. Ab Mitte Dezember kann ein Umbruch bei nassem Boden strukturschädigend oder wegen Dauerfrost unmöglich sein. Darüber hinaus wird angenommen, dass bei reduzierter Bodenbearbeitung (Mulchsaat, Direktsaat) die potenzielle Nitratauswaschung sinkt.

Fragestellung der durchgeführten Aktion:

Wirkung des Zeitpunktes der Einarbeitung einer Begrünung sowie der Einarbeitungs- bzw. Saattechnik auf Nitratgehalte im Boden, Erträge, Qualitäten des Erntegutes und Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Sommerungen in Mittelgebirgslagen

Als Begrünung wurden im Herbst abfrierende Arten, vorzugsweise Senf, aber auch Phacelia eingesät. Die Einarbeitung erfolgte mit dem Pflug (V1: November, V2: Dezember, V3: Frühjahr) oder bei Mulchsaat (V4) bzw. Direktsaat (V5) im Frühjahr. Als folgende Hauptfrüchte wurden Sommergerste, Hafer bzw. im Einzelfall Mais gewählt. In diesem Bericht werden bzgl. der pflanzenbaulichen Begleituntersuchungen Hafer und Sommergerste berücksichtigt.

Da im Interesse des Grundwasserschutzes eine Minimierung der Bodenbearbeitung sowie eine möglichst durchgehende Begrünung gerade auch in der vegetationslosen Zeit anzustreben ist, wurden der Einfluss von Einarbeitungs- bzw. Pflügeterminen von begrünten Flächen ab Mitte November, ab Mitte Dezember und ab Mitte Januar sowie von Mulch- teils auch von Direktsaatverfahren auf die Nitratgehalte im Boden (potenzielle Auswaschungsgefahr) untersucht. Diese Ergebnisse wurden durch Ermittlung der Erträge und Qualitäten des Erntegutes, sowie durch die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ergänzt.

2 Versuchsdurchführung, Standorte, Auswertung, Witterung

Standorte

Die Versuche wurden 1993 bis 1997 von den Ämtern für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur in Baden-Württemberg auf wechselnden Standorten (insgesamt 62) zwischen 600 und 800 m Höhenlage auf Praxisschlägen in Grossparzellen (Minimum 7 ar) ohne Wiederholungen durchgeführt (Tab. 1). Dabei handelte es sich um 12 flachgründige (bis 30 cm Durchwurzelungstiefe) 31 mittelgründige (bis 60 cm Tiefe) und 18 tiefgründige (bis 90 cm Tiefe) Standorte.

Tab. 1: Versuchsdurchführende Ämter für Landwirtschaft, Landschafts- und Bodenkultur (ÄLLB) und Standortzahl

ÄLLB	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97
Heidenheim	3	3	3	3
Ellwangen	1	1	-	-
Horb	3	3	2	1
Donaueschingen	1	1	1	1
Rottweil	1	1	1	1
Waldshut		3	3	1
Versuchsstation Sigmaringen	1	1	1	1
Münsingen	2	2	2	2
Ehingen	1	1	1	1
Ulm	2	2	2	2
Gesamt	15	18	16	13

Die Bodenarten reichten von sandiger Lehm (sL) bis lehmiger Ton (IT), die Ackerzahlen lagen zwischen 25 und 57. Die Standorte wurden meist nach Vorfrucht Wintergetreide, teils aber auch nach Sommergerste ausgewählt und in der Regel nach der Ernte mit Senf oder Phacelia begrünt sowie organisch gedüngt.

Varianten

Die Varianten umfassen 3 Termine mit Umbruch der Begrünung (Pflügen) sowie 2 Methoden reduzierter Bodenbearbeitung bzw. anderer Saattechnik (Mulch- oder Direktsaat).

V1:	„Einarbeitung November“ Pflugfurche ab 15. November, konventionelle Saatbettbereitung und Saat im Frühjahr
V2:	„Einarbeitung Dezember“ Pflugfurche ab 15. Dezember, konventionelle Saatbettbereitung und Saat im Frühjahr
V3:	„Einarbeitung Frühjahr“ Pflugfurche ab 15. Januar mit konventioneller Saatbettbereitung und Saat im Frühjahr
V4:	„Mulchsaat“ im Frühjahr mit flacher vorhergehender Bodenbearbeitung (bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde diese Variante geteilt in Wirtschaftlichkeit mit Eigenmechanisierung sowie Wirtschaftlichkeit mit Einsatz von Lohnmaschinen)
V5:	„Direktsaat“ im Frühjahr, Saat ohne jegliche vorhergehende Bodenbearbeitung

Die Varianten wurden nicht alljährlich an allen Standorten vollständig angelegt und geprüft; insbesondere auf die Direktsaat (V5) musste aus technischen Gründen an einigen Standorten verzichtet werden. Aus diesem Grund müssen die Ergebnisse für das Direktsaatverfahren mit dem Hinweis auf „gelegentlich sehr geringe Datenbasis“ versehen und entsprechend vorsichtig beurteilt werden. Bei zu unplausiblen bzw. nicht repräsentativen Ergebnissen wurde auf eine Darstellung verzichtet.

Datenmaterial

Zur Bestimmung der Nitratgehalte im Boden wurden die Standorte in der Regel Mitte Oktober (41. Kalenderwoche) beginnend bis zur Saat bzw. zum ersten N-Düngetermin alle 2 Wochen beprobt. Die Termine wurden für alle Standorte auf die gleichen Kalenderwochen festgesetzt. Aus Witterungsgründen konnten nicht alle vorgesehenen Termine wahrgenommen werden. Weitere Bodenprobennahmen erfolgten zur Zeit der Hauptmineralisation (18. - 22. Kalenderwoche), nach der Ernte sowie zum SchALVO-Herbsttermin (45. KW).

Daten zur Bewirtschaftung, Bonituren, Erträgen und Qualitäten wurden in vorgefertigten Berichtformularen aufgenommen.

Auswertung

Die Auswertung der Nitratgehalte (mittels SAS-EDV) sowie der pflanzenbaulichen Parameter erfolgte an der Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim (LAP), die Wirtschaftlichkeit wurde an der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft (LEL) ermittelt. Die Versuchsdurchführung gründet sich auf die Festlegungen einer Besprechung am 11.08.1994 im Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg (Protokoll Az. 23-8223.00).

Allgemeine Beschreibung der Witterung

1993/94 war es von Mitte November bis Mitte Dezember 1993 kalt, teils mit Dauerfrost und Schneefall. Ende 1993 kamen milde Temperaturen mit Tauwetter sowie starken Niederschlägen (\emptyset Dezember 1993 = 225 l/m²). Die Feldkapazität der Böden war an den Versuchsstandorten sicher mehr als erreicht. Im Januar blieb es feucht (\emptyset 120 l Niederschlag/m²). Anfang Februar 1994 kam leichter Frost. Ab Mitte Februar und im März war es warm mit mittlerem Niederschlag. Darauf folgte ein kühler niederschlagsreicher April und Mai.

1994/95 brachte das Wetter einen September 1994 mit ausreichend Niederschlägen für eine gute Anfangsentwicklung der Begrünung. Der Oktober war relativ mild und trocken, der November ungewöhnlich warm. Niederschläge setzten in der zweiten Dezemberwoche ein, worauf der Januar '95 mit Dauerfrost und Schneefall folgte. Tauwetter fiel Anfang Februar mit weiteren Niederschlägen zusammen. Bei erreichter Feldkapazität dürfte spätestens dann verstärkte Wassersickerung eingesetzt haben. Es folgte ein kühler, sehr nasser März '95 sowie ein trockener und warmer April, während der Mai wieder überdurchschnittlich viel Niederschlag brachte. Nach anfänglich teils stark verzögerter Jugendentwicklung der Hauptfrucht (Sommerungen) verlief das weitere Wachstum besser. Das standorttypische Ertragsziel wurde jedoch auch wegen einer Hitzeperiode im Juli und vorzeitiger Abreife nicht erreicht.

1995/96 zeigte der September 1995 ausreichend Niederschläge mit guter Bodendurchfeuchtung und begünstigte die Anfangsentwicklung der Begrünung. Einem warmen trockenen Oktober '95 folgte ein relativ kalter Winter. Während im November und Dezember noch ausreichend Niederschläge fielen, war ab Januar 1996 eine deutliche Unterschreitung des langjährigen Niederschlagsmittels zu verzeichnen. Ein später Vegetationsbeginn und ein kühler Mai bewirkten eine langsame Entwicklung der Hauptfruchtbestände. Durch nachfolgend feuchte und teils warme Perioden wurden trotzdem gute Erträge erzielt.

1996/97 herrschten im Herbst 1996 günstige Aussaatbedingungen für die Begrünung. Die Bestände gingen aufgrund milder Temperaturen und ausreichendem Niederschlag gut entwickelt in den Winter. Gegen Jahresende '96 wurde es sehr kalt bis Mitte Januar '97, wobei eine dünne Schneedecke lag. Einem warmen Februar und März mit mittleren Temperaturen folgte ein trockener und kühler April. Die Trockenheit setzte sich im Mai fort und führte teils zu einer verhaltenen Jugendentwicklung der Hauptfrucht oder zu Trockenschäden. Ab Mitte Juni setzte kühles Wetter mit hohen Niederschlagsmengen ein. Der Juli war unbeständig, daher konnte die Ernte erst im August beendet werden.

Im Versuchszeitraum von **1993 bis 1997** herrschten jeweils im Herbst zur Aussaat der Begrünung gute Bedingungen. Für Aussaat, Wachstum und Ernte der Hauptfrucht war es in den einzelnen Jahren teils zu feucht, teils zu trocken. Dies beeinflusste die Nitratgehalte im Boden, Erträge und Qualitäten.

3 Ergebnisse

3.1 Nitratgehalte im Boden

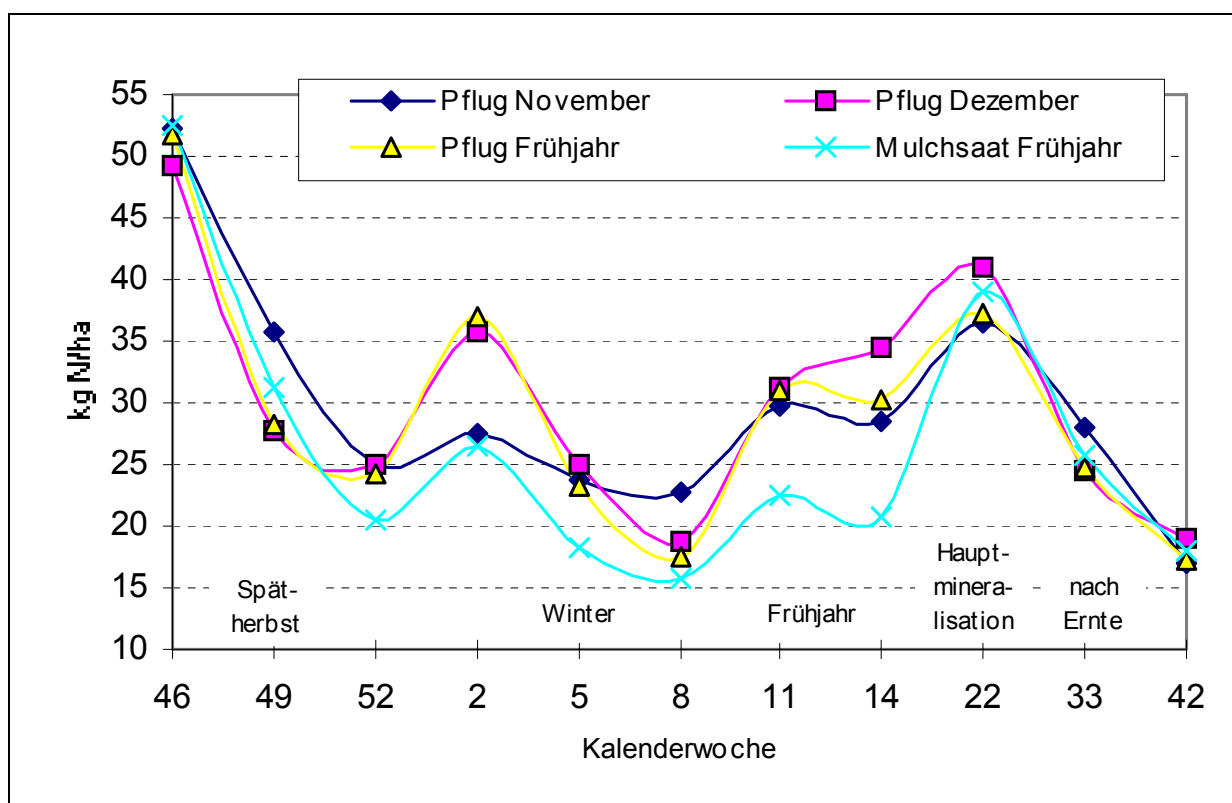
3.1.1 Verlauf der Nitratgehalte

Verlauf der Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) im Versuchsjahr 1993/94

Im Durchschnitt aller Standorte lagen die mittleren Nitratgehalte im Boden mit 50 kg N/ha im November 1993 sehr hoch und nahmen bis zum Februar 1994 auf 15 - 25 kg N/ha ab. Anschließend stiegen die Werte infolge der einsetzenden Mineralisierung wieder an (Abb.1). Die Variante „Einarbeitung November“ zeigte im Herbst höhere Nitratgehalte als die späteren Umbruchtermine. Mitte Dezember wurden bei den Varianten Dezember-, und Frühjahrsumbruch höhere N_{min}-Werte gemessen. Bei Mulchsaat lagen die Nitratwerte i. d. R. um 5 - 10 kg N/ha niedriger als bei den anderen Varianten. Im Mittel lagen ca. 40 % des Nitrats in der Tiefe 0 - 30 cm und 60 % in 30 - 60 cm Tiefe vor (nicht dargestellt).

Zu Beginn der Vegetationszeit wiesen die Pflugvarianten einheitlich ca. 30 kg N/ha auf. Die Mulchsaat stand deutlich zurück. Erst zur Hauptmineralisation (\approx 20. Kalenderwoche) holte die Mulchsaat auf. Nach der Ernte wurden in allen Varianten niedrige Werte ($<$ 30 kg N/ha) gemessen. Die Nitratwerte der Direktsaatvarianten streuten stark und bringen daher keine verlässliche Aussage (Werte nicht dargestellt).

Abb. 1: Mittlere Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) in den Böden nach verschiedenen Umbruchterminen im Versuchsjahr 1993/94

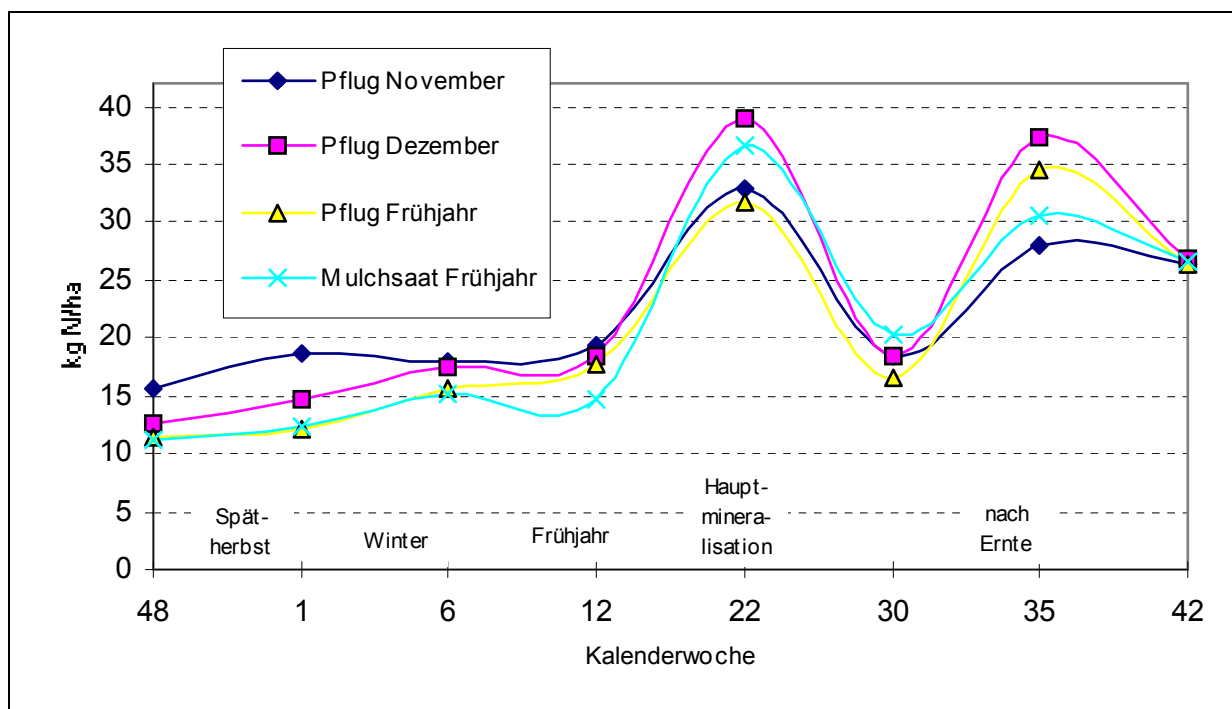


Verlauf der Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) im Versuchsjahr 1994/95

Die Nitratwerte lagen 1994/95 allgemein auf niedrigem Niveau, in der Summe von 0 - 90 cm Tiefe im Mittel unter 30 kg N/ha. Im November 1994 wurden bei allen Varianten ca. 10 - 15 kg N/ha gemessen (Abb. 2). Tendenziell höhere Nmin-Werte wurden im Spätherbst und über Winter bei Novemberumbruch gemessen. Zur Hauptmineralisation hin erreichten die Varianten Dezemberumbruch und Mulchsaat höhere Werte als November- und Frühjahrsumbruch.

Durch die hohen Niederschläge auch im Dezember und Februar ist eine gewisse Auswaschung von Nitrat wahrscheinlich, folglich liegen die Werte an Nitrat auf einem niedrigen Niveau. Der verfügbare Stickstoff war im Mittel gleichmäßig auf 0 - 60 cm Tiefe verteilt. Nach der Ernte stiegen die Werte noch einmal an.

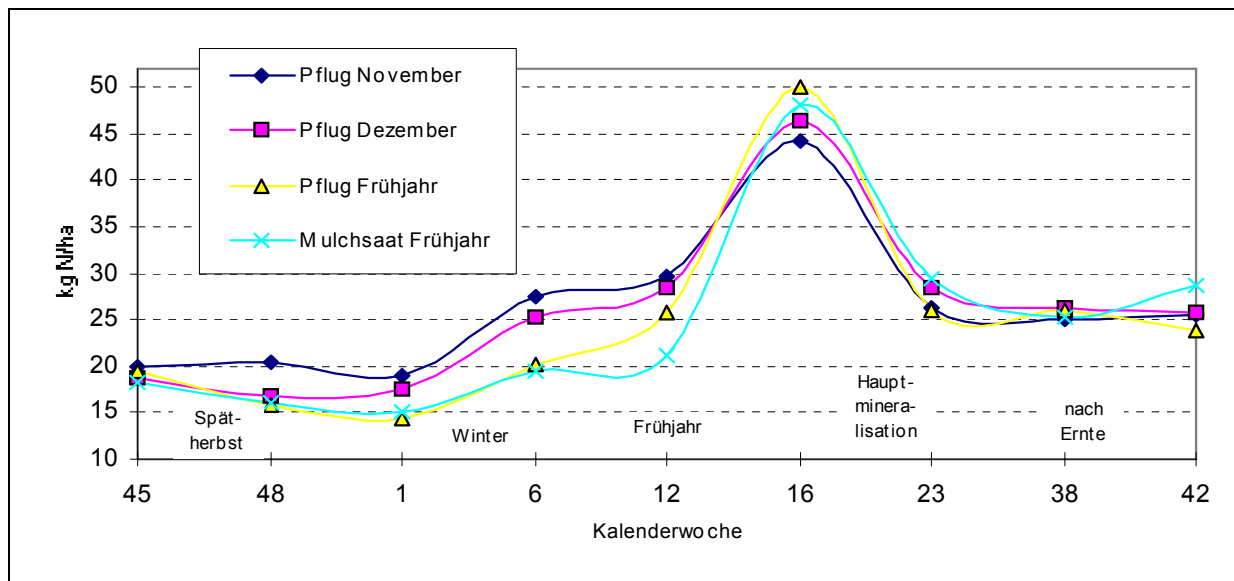
Abb. 2: Mittlere Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) in den Böden nach verschiedenen Umbruchterminen im Versuchsjahr 1994/95



Verlauf der Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) im Versuchsjahr 1995/96

Ab Herbst 1995 nahmen die Nmin-Werte von durchschnittlich 18 kg N/ha über Winter ab. Dabei wurden bei November- und Dezemberumbruch relativ höhere Werte gemessen. Im Frühjahr lagen die Nitratwerte der Pflugvarianten über denen der Mulchsaatvarianten. Zur Zeit der Hauptmineralisation stiegen die Werte auf ca. 50 kg N/ha und fielen nach der Ernte bis in den Spätherbst auf einheitlich 25 kg N/ha ab (Abb. 3). Die frühen Umbruchtermine hatten vor allem zu Beginn des neuen Jahres im Mittel etwas höhere Werte. Bei der zumeist trockenen Witterung ist eine nennenswerte Auswaschung nicht wahrscheinlich.

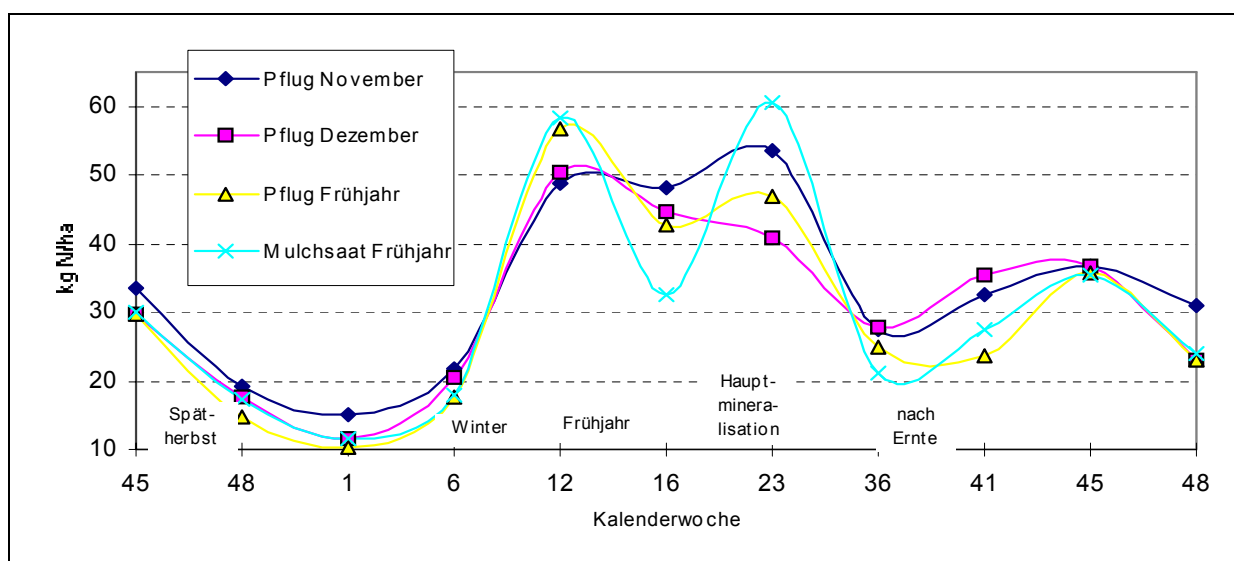
Abb. 3: Mittlere Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) in den Böden nach verschiedenen Umbruchterminen im Versuchsjahr 1995/96



Verlauf der Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) im Versuchsjahr 1996/97

Im Herbst 1996 lagen die mittleren N_{min}-Werte einheitlich bei 30 - 35 kg N/ha (0-90 cm) und fielen zum Jahreswechsel auf 10 - 15 kg N/ha kontinuierlich ab (Abb. 4). Anschließend stiegen sie bis Ende März stark an. Die Variante Novemberumbruch hatte über Winter leicht höhere Nitratwerte als die anderen Varianten. Im April kam es zu einem zwischenzeitlichen Rückgang der N_{min}-Werte, besonders bei den Mulchsaaten. In der Schicht bis 30 cm Tiefe lag weniger Nitrat vor als in der Tiefe von 30 - 60 cm (nicht dargestellt). Durch die insgesamt sehr niedrigen Werte bestand 1996/97 über Winter nur ein geringes Auswaschungspotenzial. Zur Hauptmineralisation stiegen die Stickstoffwerte enorm an, am stärksten in der Variante „Mulchsaat“. Zum Herbst 1997 lagen sie dann wieder auf einem ähnlichen Niveau wie in den Vorjahren auch.

Abb. 4: Mittlere Nitratgehalte (0 - 90 cm Tiefe) in den Böden nach verschiedenen Umbruchterminen im Versuchsjahr 1996/97



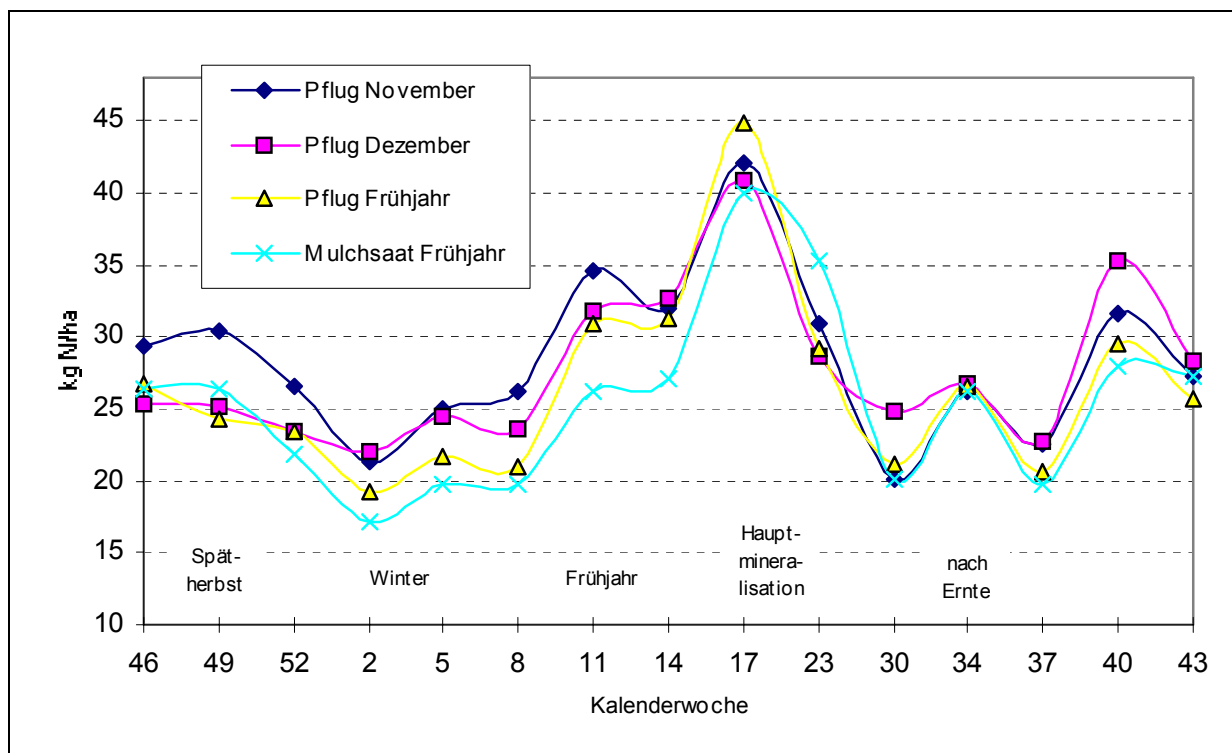
Verlauf der Nitratgehalte im Boden im gesamten Versuchszeitraum

Im Mittel aller Standorte und Jahre lagen die Nitratwerte insgesamt auf einem niedrigen Niveau. Die in den einzelnen Jahren festgestellten stärkeren Schwankungen bei den Varianten fallen bei Betrachtung des gesamten Versuchszeitraums geringer aus. Es ergibt sich ein ausgeglicheneres Bild. Ausgehend von 25 - 30 kg N/ha im Oktober fielen die Werte zum Spätherbst sowie über Winter ab, nur bei Novemberumbruch zeigte sich durch die mobilisierende Funktion der Bodenbearbeitung ein leichter Nitratanstieg. Zu Jahresbeginn wurde unter dem Einfluss einer gewissen Verlagerung der Tiefstand erreicht. Anschließend folgte ein Anstieg, der zur Hauptmineralisierung mit über 40 kg N/ha seinen Höchststand findet (Abb. 5).

Die Variante Novemberumbruch bewirkte im Mittel aller Fälle die höchsten Nitratwerte im Herbst und über Winter, die Mulchsaat die niedrigsten. In dieser Zeit besteht bei voller Sättigung der Wasserkapazität der Böden die höchste Auswaschungsgefahr. Im Frühjahr wurden bei den Mulchsaaten niedrigere N_{min}-Werte gemessen als bei den anderen Varianten. Zur Hauptmineralisation lagen alle Varianten ähnlich, nach der Ernte wurden i. d. R. niedrige N_{min}-Werte ermittelt.

Beachtenswert bleibt daher im Sinne des Wasserschutzes, dass die „Einarbeitung im November“ gegenüber den späteren Pflügeterminen oder gegenüber der Mulchsaat ein leicht erhöhtes Auswaschungspotenzial schaffte. Aus pflanzenbaulicher Sicht (Bemessung und Aufteilung der Düngung) ist die geringere N-Lieferung im Frühjahr bei Mulchsaat zu berücksichtigen.

Abb. 5: Mittlere Nitratgehalte in den Böden(0 - 90 cm Tiefe) aller Versuchsjahre



3.1.2 Nitratgehalte im Herbst, Winter und Frühjahr abhängig von der Gründigkeit und Bodenart des Standortes

Nitratgehalte des Bodens zu bestimmten Terminen in den Versuchsjahren

Um eine differenziertere Analyse der Wirkung der Umbruchtermine bzw. Techniken zu ermöglichen, wurden die mittleren Nitratgehalte des Bodens zu unterschiedlichen Terminen berechnet. Die geringen Unterschiede der Nitratgehalte beeinträchtigen jedoch die Aussagekraft der Ergebnisse, in diesem Zusammenhang soll auch auf die jeweils zugrunde liegende Datenbasis (Tabellenangabe) hingewiesen werden.

- im Spätherbst („Auswaschungspotenzial“):
Für den sogenannten SchALVO-Termin wurde je Standort der früheste Probetermin im Spätherbst des Vorjahres (ab 45. Kalenderwoche) berücksichtigt, um das Auswaschungspotenzial vor Winter zu erfassen.
- im Winter („mögliche Auswaschung“):
Die von November bis März gemessenen Nitratgehalte (zwischen der 45. und 10. KW) kennzeichnen das Auswaschungspotenzial über Winter
- zu Vegetationsbeginn („Vorrat zu Vegetationsbeginn“):
Für den Termin Mitte März wurden die Nitratgehalte im Boden im Zeitraum 10. oder 11. KW berücksichtigt und als diejenige Menge angesehen, die als Vorrat für die kommende Vegetationsperiode verfügbar ist.

Die Darstellung in den folgenden Tabellen gliedert sich in Absolutwerte (Abs) sowie in die Differenzen der jeweiligen Variante zur Variante „Umbruch im November“ (Diff).

Tab. 2: Nitratgehalte (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe) im Spätherbst in Abhängigkeit von Zeitpunkt und Art der Bodenbearbeitung

Erntejahr	Umbruch November	Umbruch Dezember		Umbruch Frühjahr		Mulchsaat		Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs.	Diff.	Abs.	Diff.	Abs.	Diff.	
1994*	52	47	-5	50	-2	48	-4	15
1995	14	14	0	14	0	14	0	18
1996	25	20	-5	21	-4	20	-5	16
1997	31	26	-5	29	-2	31	0	13
Mittel 1994 - 1997	27	23	-4	25	-2	25	-2	62

*Die Daten zweier Standorte im Erntejahr 1994 wurden wegen offensichtlicher Fehlerhaftigkeit nicht berücksichtigt.

Im Nitratgehalt besteht ein großer Jahrgangsunterschied zwischen dem Jahren 1993/94 und den Jahren 1994 - 1997. Im Spätherbst (gleichbedeutend mit Auswaschungspotenzial) lagen die Nitratgehalte des Bodens der einzelnen Varianten - zwischen den Jahren differierend - angeführt von der Variante Novemberumbruch insgesamt auf ähnlichem Niveau (Tab. 2), da

zumindest bei den Varianten Umbruch im Dezember, Frühjahr oder Mulchsaat noch keine unterschiedliche Bearbeitung durchgeführt wurde.

Tab. 3: Nitratgehalte (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe) über Winter in Abhängigkeit von Zeitpunkt und Art der Bodenbearbeitung

Erntejahr	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
1994	34	32 -2	31 -3	29 -5	134
1995	17	15 -2	13 -4	13 -4	153
1996	23	20 -3	18 -5	18 -5	148
1997	23	18 -5	19 -4	21 -2	116
Mittel 1994 - 1997	24	22 -2	20 -4	20 -4	551

Wie bei den Nitratgehalten im Herbst besteht auch über Winter ein großer Niveauunterschied zwischen dem Jahr 1994 und den übrigen Jahren. Über Winter wurden bei den späteren Umbruchvarianten sowie bei der Mulchsaat geringere Nitratgehalte im Boden gemessen als bei Novemberumbruch (Tab. 3). Bei Vergleich der Nitratgehalte über Winter zu denen im Herbst ergeben sich Unterschiede. Die Veränderungen des Nitratgehaltes können auf Mineralisierung, Auswaschung, Denitrifikation oder möglicherweise auch auf N-Aufnahme durch die noch nicht abgefrorene Zwischenfrucht zurückgeführt werden. Eine genaue Ursachenanalyse ist aus gegebenem Datenmaterial jedoch nicht möglich.

Tab. 4: Nitratgehalte (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe) zu Vegetationsbeginn in Abhängigkeit von Zeitpunkt und Art der Bodenbearbeitung

Erntejahr	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	
1994	37	34 -3	34 -3	29 -8	17
1995	23	23 0	25 +2	18 -5	17
1996	29	27 -2	19 -10	19 -10	16
1997	29	25 -4	27 -2	20 -9	13
Mittel 1994 - 1997	31	29 -2	28 -3	23 -8	63

Im Mittel ist ausgehend vom Herbsttermin, nach geringeren N_{min}-Werten über Winter, zu Vegetationsbeginn ein leichter Anstieg festzustellen. Die über Winter erkennbare Tendenz niedrigerer Nitratgehalte bei späterem Umbruch bzw. Mulchsaat wird durch die Messwerte zu Vegetationsbeginn bekräftigt (Tab. 4); zu Vegetationsbeginn wurden bei den Pflugvarianten die höheren Nitratgehalte gemessen als bei Mulchsaat.

Nitratgehalte des Bodens in Bezug zur Tiefgründigkeit des Standortes

Bei den Aussagen zu flachgründigen Standorten ist die geringe Datenbasis zu beachten. Auf den Standorten bis 30 cm Gründigkeit zeigte der Novemberumbruch im Spätherbst tendenziell geringere Auswaschungspotenziale als die anderen Varianten (Tab. 5). Über den Winter (Tab. 6) wurden bei Dezemberumbruch die höchsten Nmin-Werte gemessen, was auf die Wirkung der Einarbeitung innerhalb dieser Zeit zurück zu führen ist. Der nutzbare N-Vorrat zu Vegetationsbeginn lag bei Umbruch im Dezember und Frühjahr höher als bei Umbruch im November bzw. bei Mulchsaat (Tab. 7).

Bei mittel- und tiefgründigen Standorten lagen die gemessenen Nmin-Werte (Auswaschungspotenzial) im Spätherbst und über Winter bei Novemberumbruch am höchsten. Im Frühjahr stellten die Flächen mit Novemberumbruch einen höheren Nitratvorrat als das spätere Wenden, besonders aber als die Mulchsaat zu Verfügung.

Tab. 5: Einfluss der Tiefgründigkeit des Standortes, des Zeitpunktes und der Art der Bodenbearbeitung auf die Nitratgehalte des Bodens im Spätherbst (kg N/ha)

Gründigkeit	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	
flachgründige Standorte (0 - 30 cm Tiefe)	19	20 +1	20 +1	22 +3	11
Mittel- und tiefgründige Standorte (0 - 60, 0 - 90 cm), Nitrat bis 60 cm Tiefe	26	22 -4	23 -3	23 -3	49

Tab. 6: Einfluss der Tiefgründigkeit des Standortes, des Zeitpunktes und der Art der Bodenbearbeitung auf die Nitratgehalte des Bodens im Winter (kg N/ha)

Gründigkeit	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	
flachgründige Standorte (0 - 30 cm Tiefe)	14	18 +4	15 +1	13 -1	100
Mittel- und tiefgründige Standorte (0 - 60, 0 - 90 cm), Nitrat bis 60 cm Tiefe	24	21 -3	20 -4	20 -4	117

Tab. 7: Einfluss der Tiefgründigkeit des Standortes, des Zeitpunktes und der Art der Bodenbearbeitung auf die Nitratgehalte des Bodens im Frühjahr (kg N/ha)

Gründigkeit	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	
flachgründige Standorte (0 - 30 cm Tiefe)	15	23 +8	22 +7	8 -7	12
Mittel- und tiefgründige Standorte (0 - 60, 0 - 90 cm), Nitrat bis 60 cm Tiefe	31	27 -4	26 -5	24 -7	53

Nitratgehalte des Bodens in Bezug zur Bodenart

Die Wirkung des Termins der Einarbeitung der Begrünung bzw. der Saatechnik an Standorten wurde an unterschiedlichen Gruppen von Bodenarten verglichen. Im Sinne der DIN 4220 wurden zwei Gruppen gebildet: schwere Böden, mittlere Böden (nur wenige Standorte); leichte Böden waren nicht vertreten:

- mittlere Böden = stark lehmiger Sand (st.lS), sandiger Lehm (sL), schluffiger Lehm (uL)
- schwere Böden = sandig-toniger Lehm (stL), toniger Lehm (tL), lehmiger Ton (lT), Ton (T)

Auf mittleren wie auch auf schweren Böden zeigte die Variante Novemberumbruch die höchsten N_{min}-Werte im Spätherbst und über den Winter (mögliche Auswaschung). Bei Umbruch im Dezember oder Frühjahr wie auch bei Mulchsaat wurden zu diesem Zeitpunkt niedrigere Nitratwerte gemessen (Tab.8, 9). Die Bodenartgruppen (mittel oder schwer) zeigen keinen Einfluss auf die Nitratwerte.

Unabhängig von der Bodenart war der pflanzenverfügbare N_{min}-Vorrat im Frühjahr nach Novemberumbruch am größten. Bei mittleren Böden lagen die N_{min}-Werte bei späterem Umbruch und bei Mulchsaat deutlich niedriger. Bei schweren Böden lag nur die Mulchsaat bei den Nitratwerten wesentlich zurück (Tab. 10).

Tab. 8: Einfluss der Bodenart, des Zeitpunktes und der Art der Bodenbearbeitung auf die Nitratgehalte des Bodens im Spätherbst (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe)

Bodenartgruppe	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	Abs. Diff.	
mittlere Böden (st.lS, sL, uL)	28	24 -4	24 -4	25 -3	6
schwere Böden (stL, tL, lT, T)	27	24 -3	25 -2	25 -2	37

Tab. 9: Einfluss der Bodenart, des Zeitpunktes und der Art der Bodenbearbeitung auf die Nitratgehalte des Bodens über Winter (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe)

Bodenartgruppe	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. <i>Diff.</i>	Abs. <i>Diff.</i>	Abs. <i>Diff.</i>	
Mittlere Böden (st.lS, sL, uL)	25	20 -5	19 -6	19 -6	63
schwere Böden (stL, tL, lT, T)	24	22 -2	21 -3	20 -4	329

Tab. 10: Einfluss der Bodenart, des Zeitpunktes und der Art der Bodenbearbeitung auf die Nitratgehalte des Bodens im Frühjahr (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe)

Bodenartengruppe	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat	Anzahl Datensätze
	Abs.	Abs. <i>Diff.</i>	Abs. <i>Diff.</i>	Abs. <i>Diff.</i>	
mittlere Böden (st.lS, sL, uL)	30	26 -4	23 -7	19 -11	8
schwere Böden (stL, tL, lT, T)	30	29 -1	28 -2	22 -8	39

3.2 Pflanzenbauliche Begleituntersuchungen

3.2.1 Feldaufgang und Bestandesdichte

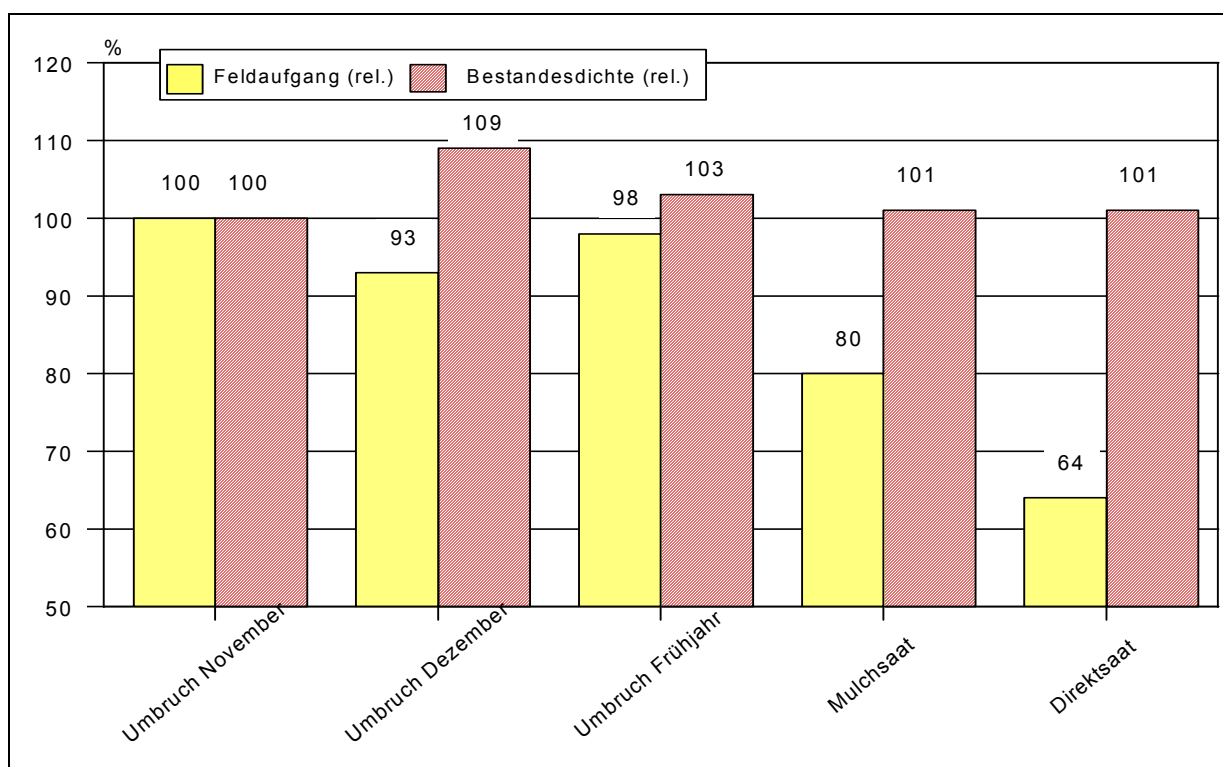
Für die Beurteilung der Startbedingungen von Getreide ist der Feldaufgang ein wichtiges Kriterium, für die Ertragsanalyse die Bestandesdichte. Es fanden Bonituren der Keimpflanzen sowie der Ähren je m² statt.

Versuchsjahr 1993/94

In diesem Versuchsjahr wurde bis auf je einem Standort mit Silomais bzw. Hafer an allen anderen Orten nur Sommergerste angebaut. Daher werden Ergebnisse nur für diese Kultur dargestellt.

Das Kriterium Feldaufgang zeigt die besten Werte eindeutig beim Umbruch der Begrünung zum frühen Termin (November); aber auch Dezember- und Frühjahrs- umbruch schneiden gut ab. Im Mittel aller Versuche wurden 271 Keimpflanzen/m² ausgezählt (Abb. 6). Die Mulchsaat bewirkte einen Rückgang des Feldaufgangs auf 80 %, die Direktsaat auf 64 %. Auf die Bestandesdichte wirkte sich das nicht mehr aus, vielmehr liegen alle diese Varianten knapp über dem Novemberumbruch. Damit ist jedoch nicht sichergestellt, dass auch der volle Ertrag wieder erreicht wird. Der geringere Aufgang bewirkt lediglich eine stärkere Bestockung.

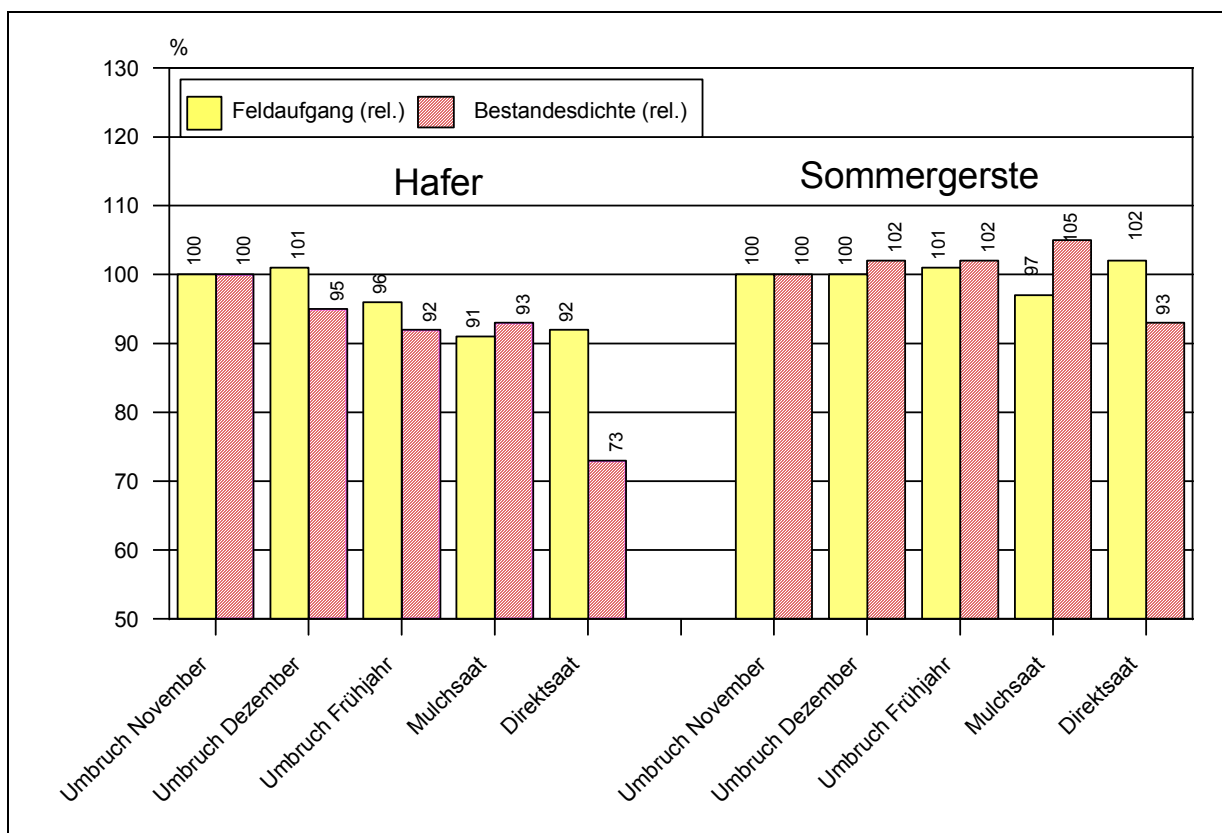
Abb. 6: Feldaufgang (rel.) und Bestandesdichte (rel.) von Sommergerste der einzelnen Varianten (13 Standorte) 1994



Versuchsjahr 1994/95

Mit 327 Pflanzen/m² lag der Feldaufgang der Sommergerste 1995 deutlich höher als 1994. Dies hatte seine Auswirkung auf alle Varianten der Bodenbearbeitung. Selbst diejenigen, die im Vorjahr sehr niedrig lagen, erreichten das Niveau der Variante Novemberumbruch der Begrünung. Zu Hafer zeigte sich allerdings ein ähnliches Bild wie 1994 zu Sommergerste: insbesondere Mulchsaat und Direktsaat fielen deutlich ab (Abb. 7). In der Zahl der korntragenden Rispen und Ähren (Bestandesdichte) war kein großer Unterschied zum Feldaufgang; lediglich die Direktsaat von Hafer fiel auf einen Relativwert von 73 zurück.

Abb. 7: Feldaufgang (rel.) und Bestandesdichte (rel.) von Hafer (n = 6 Orte) und Sommergerste (n = 11) der einzelnen Varianten 1995



Versuchsjahr 1995/96

1996 lief die Sommergerste im Mittel mit 404 Pflanzen/m² (Abb. 8) sehr gut auf. Mit Ausnahme der Mulchsaat, die auf 74 % abfiel, hatten alle anderen Varianten ähnliche Ergebnisse. In der Zahl der ährentragenden Halme/m² war ebenfalls kein großer Unterschied zwischen den verschiedenen Verfahren der Bodenbearbeitung.

Auf zwei Standorten war Hafer angebaut; sie wiesen im Mittel 359 Keimpflanzen/m² auf. Im Feldaufgang und auch in der Bestandesdichte war kein nennenswerter Unterschied; lediglich

Dezemberumbruch und Mulchsaat hatten mit 108 - 111 % einen etwas höheren Wert bei den rispenträgenden Halmen.

Abb. 8: Feldaufgang (rel.) und Bestandesdichte (rel.) von Hafer (n = 2) und Sommergerste (n = 12) der einzelnen Varianten 1996

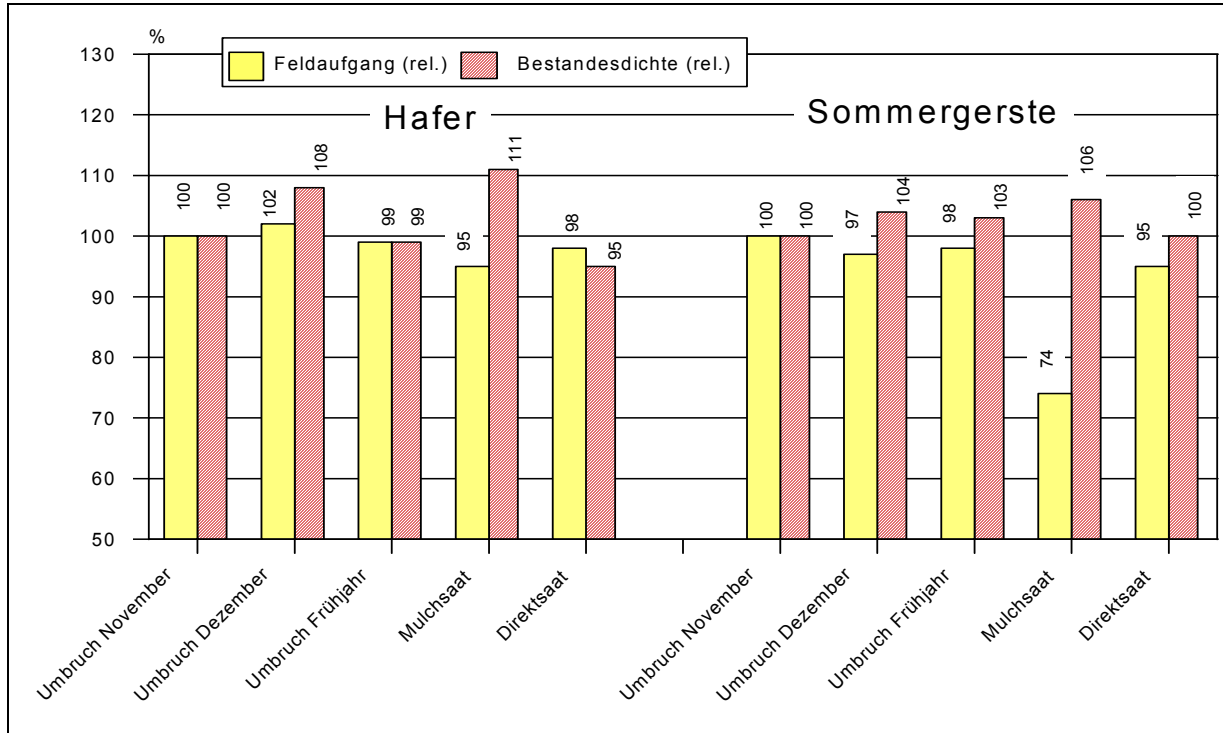
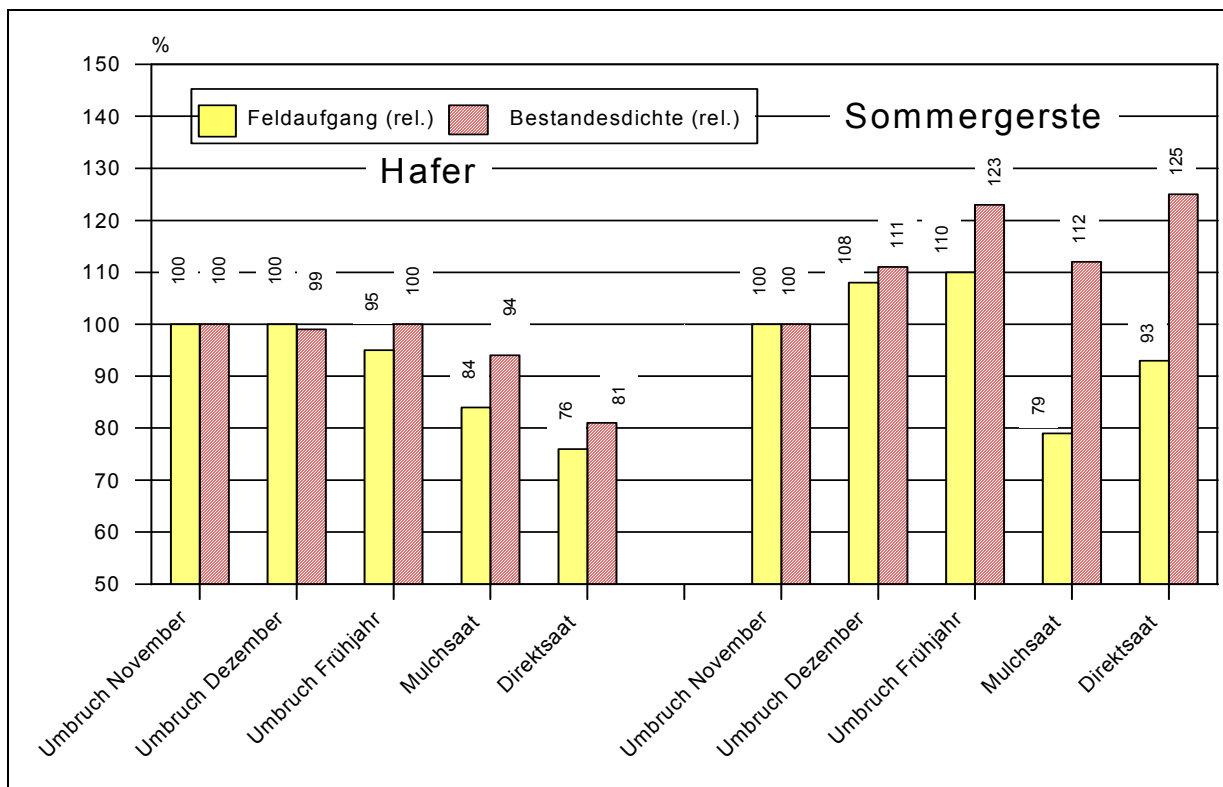


Abb. 9: Feldaufgang (rel.) und Bestandesdichte (rel.) von Hafer (n = 4) und Sommergerste (n = 7) der einzelnen Varianten 1997



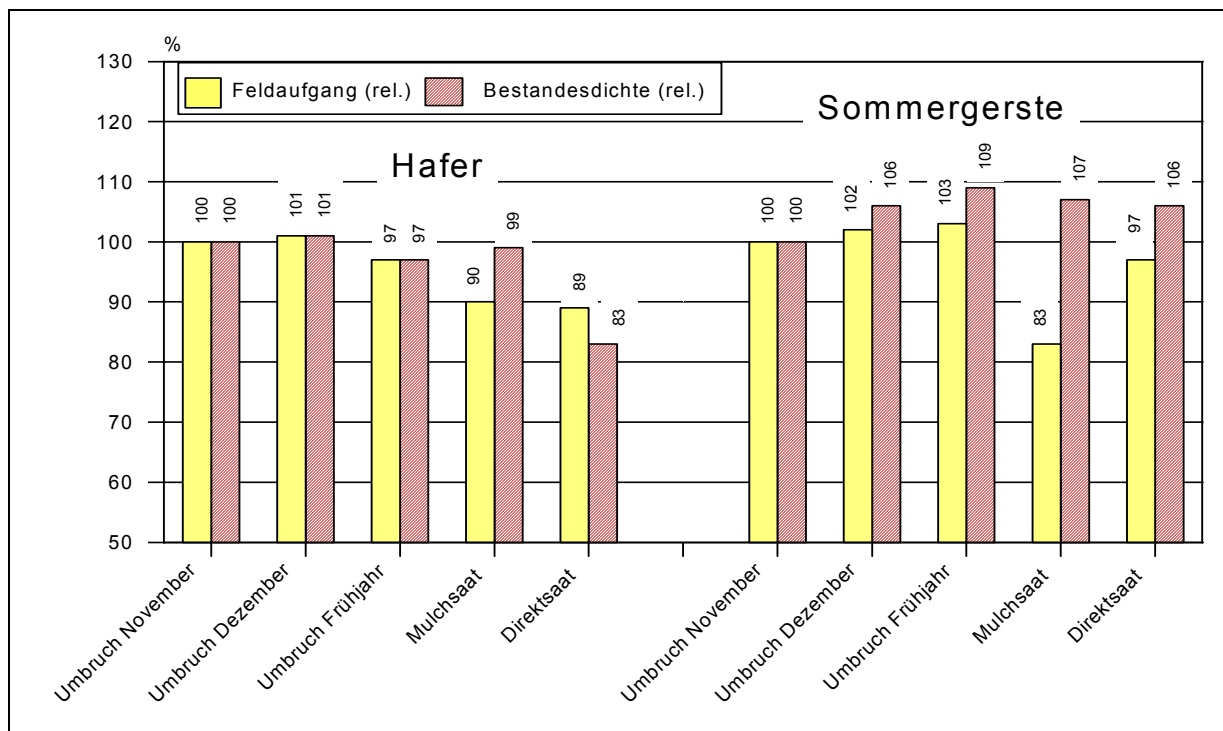
Versuchsjahr 1996/97

1997 fielen sowohl die Mulchsaat als auch die Direktsaat im Feldaufgang bei Hafer und Sommergerste deutlich gegenüber den Varianten mit Pflugfurche ab, egal zu welchem Zeitpunkt sie erfolgte (Abb. 9). In der Bestandesdichte zur Ernte erfolgte eine gewisse Angleichung der Werte: bei Hafer wurde der Abstand zur Variante Novemberumbruch etwas geringer, bei Sommergerste übertrafen die Mulch- und Direktsaaten teils sogar die Pflugvarianten.

Gesamtüberblick Bestandsentwicklung

Über den gesamten Versuchszeitraum ist festzustellen (Abb. 10), dass die Einarbeitungstermine von November bis zum Frühjahr (Pflugvarianten) wenig Einfluss auf die Auflaufrate von Sommergerste und Hafer hatten. Mulchsaat und Direktsaat beeinflussten den Feldaufgang von Sommergerste und Hafer negativ, besonders bei trockener Witterung während des Auflaufens.

Abb. 10: Feldaufgang (rel.) und Bestandesdichte (rel.) von Hafer (n = 12) und Sommergerste (n = 43) im Mittel der Versuchsjahre 1993 - 1997



Bei Hafer war bei Mulch- und Direktsaat die Bestandesdichte dann stark reduziert, wenn es zu Trockenheit während der Jugendentwicklung kam.

Die Sommergerste reagierte bei Mulch- und Direktsaaten mit geringerem Feldaufgang. Dieser wurde durch eine hohe Bestockung ausgeglichen, so kam es zu mit den Pflugvarianten vergleichbaren Bestandesdichten. Eine geringere Kornzahl pro Ähre führte zu geringerem Ertrag.

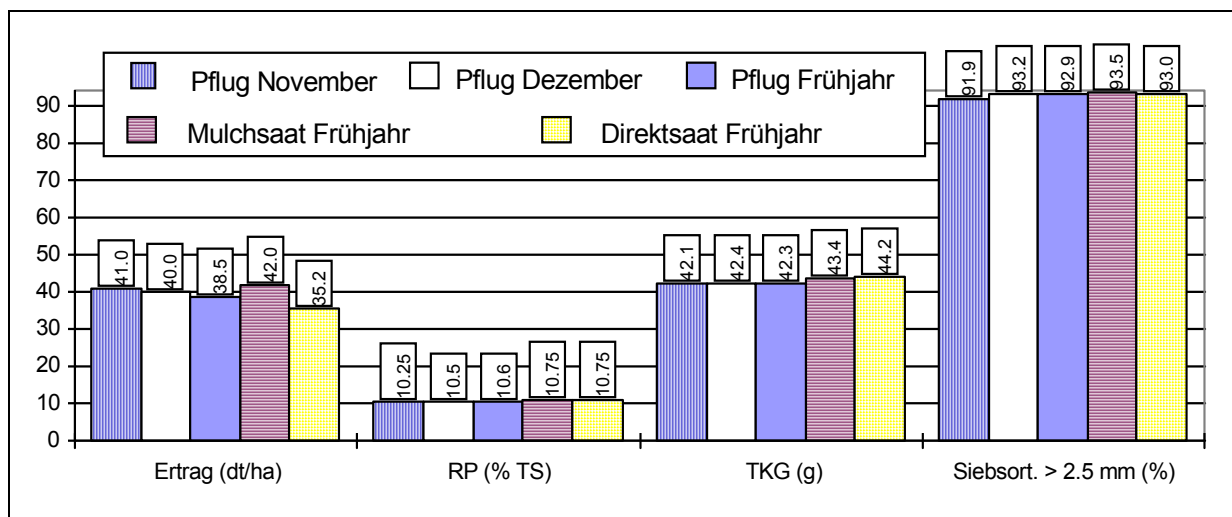
3.2.2 Ertrag und Qualität

Erntejahr 1994

Bei dem kühlen, nassen Frühjahr und trockenen Sommer 1994 wuchsen keine optimalen Gerstenbestände heran. Bei der Mulchsaat und Direktsaat trat teils starker Durchwuchs der Vorfrucht auf.

Das durchschnittliche Ertragsniveau lag bei 40 dt/ha (Abb. 11). Die Ergebnisse streuten zwischen den Varianten teilweise sehr stark. Die Variante „Direktsaat“ fällt gegenüber den anderen Varianten um ca. 5 dt/ha ab. Die Rohproteingehalte als wichtiges Kriterium der Brauqualität lagen mit 10.3 - 10.8 % Rohprotein im anzustrebenden Bereich. Das Tausendkorngewicht (TKG) war bei den Mulch- und Direktsaaten leicht erhöht. Hinsichtlich der Siebsortierung erfüllten alle Varianten an fast allen Standorten die Qualitätsanforderungen von 90 % Vollgerstenanteil (Fraktion > 2.5 mm).

Abb. 11: Ertrag (dt/ha), Rohprotein (% TS), TKG (g) und Siebsortierung (Anteil >2,5 mm in %) von Sommergerste im Erntejahr 1994

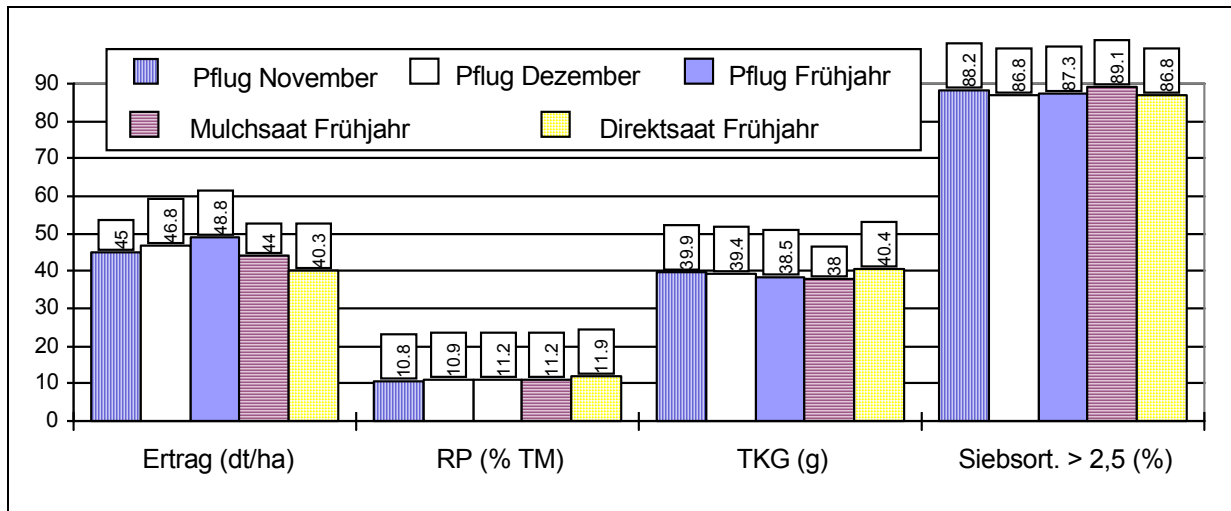


Erntejahr 1995

Trotz der ungünstigen Bedingungen für die Jugendentwicklung lag der Sommergerstenertrag im Mittel bei 45 dt/ha (Abb. 12) und damit 5 dt höher als im Vorjahr. Die Streuung an den einzelnen Standorten war wiederum groß. Die Direktsaaten blieben wiederum deutlich hinter den Varianten „Einarbeitung mit dem Pflug“ zurück.

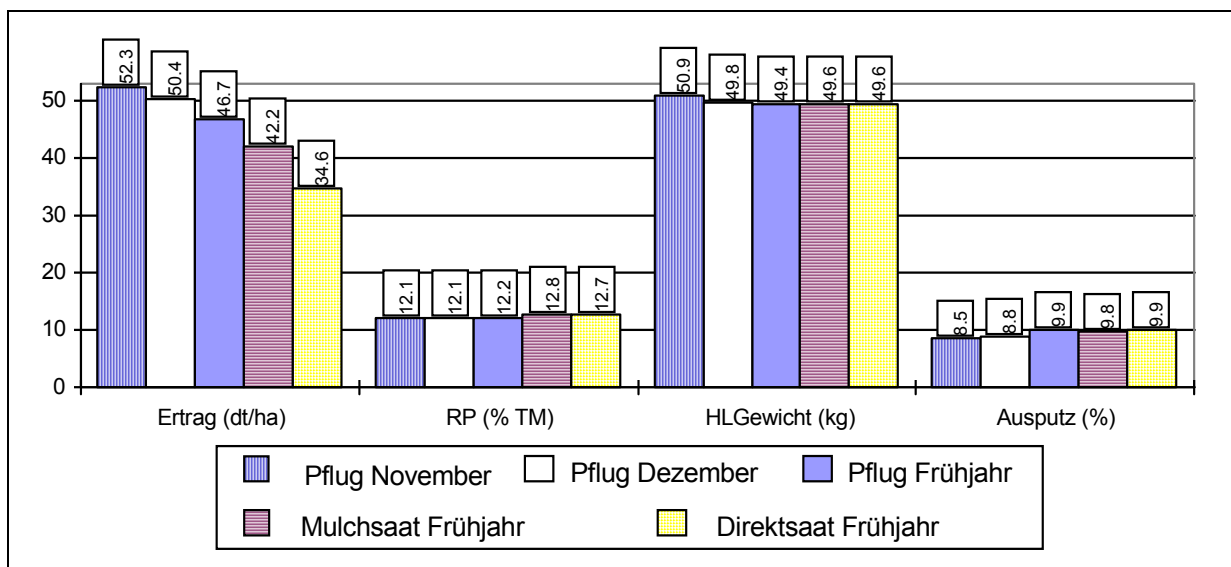
Der Rohproteingehalt der Sommergerste lag bei den frühen Pflügeterminen mit knapp 11 % gerade noch im brauchbaren Bereich. Er stieg insbesondere bei der Direktsaat mit 11.9 % auf einen sehr ungünstigen Wert. Beim Tausendkorngewicht und in der Siebsortierung ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede.

Abb. 12: Ertrag (dt/ha), Rohprotein (% TS), TKG (g) und Siebsortierung (Anteil >2,5 mm in %) von Sommergerste im Erntejahr 1995



Die Hafererträge lagen in der Variante „Einarbeitung im November“ mit 52.3 dt/ha am höchsten; sie fielen mit den späteren Pflügeterminen und insbesondere durch Mulch- und Direktsaat erheblich ab. In den Qualitätseigenschaften Rohproteingehalt, Hektoliter-Gewicht (hl) und Ausputz unterschieden sich die einzelnen Varianten nicht nennenswert.

Abb. 13: Ertrag (dt/ha), Rohprotein (% TS), Hektolitergewicht (kg) und Ausputz (%) von Hafer im Erntejahr 1995



Erntejahr 1996

Der Ertrag an Sommergerste lag 1996 mit ca. 48 dt/ha höher als in den Vorjahren. Auffallend war ein Minderertrag bei den Direktsaaten (Abb. 14). Die Rohproteingehalte, das TKG und die Siebsortierung unterschieden sich kaum.

Der Haferertrag lag im Mittel bei 75.5 dt/ha. Höhere Erträge wurden bei Einarbeitung im November, Dezember sowie bei Mulchsaat erzielt, niedrigere bei „Frühjareinarbeitung“ und Direktsaat. Der Rohproteingehalt lag bei allen Varianten bei ca. 11 % (Abb. 15). Das Hektolitergewicht war bei Mulch- und Direktsaat geringer als bei den Umbruchvarianten. Der Ausputz war im Vergleich bei Direktsaat leicht erhöht.

Abb. 14: Ertrag (dt/ha), Rohprotein (% TS), TKG (g) und Siebsortierung (Anteil >2,5 mm in %) von Sommergerste im Erntejahr 1996

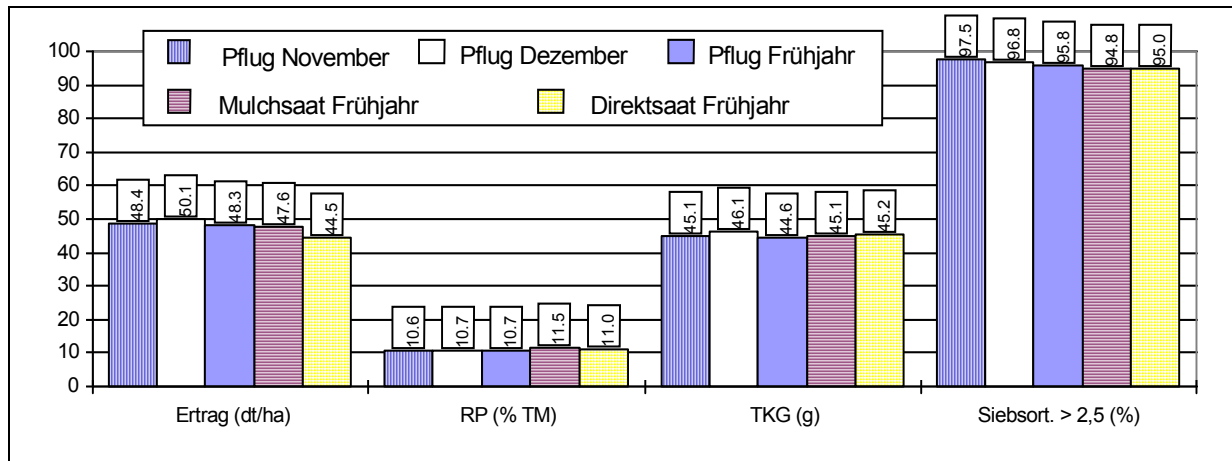
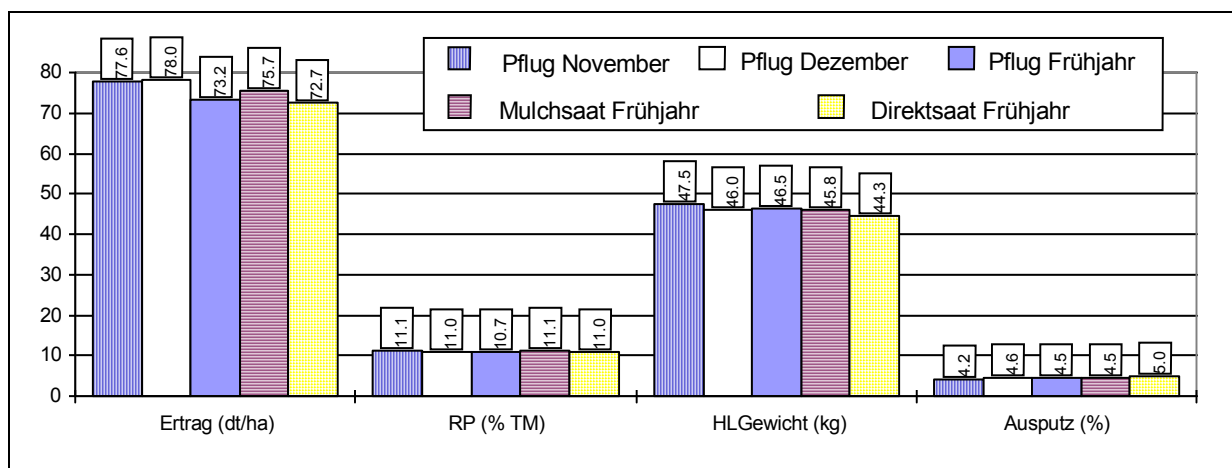
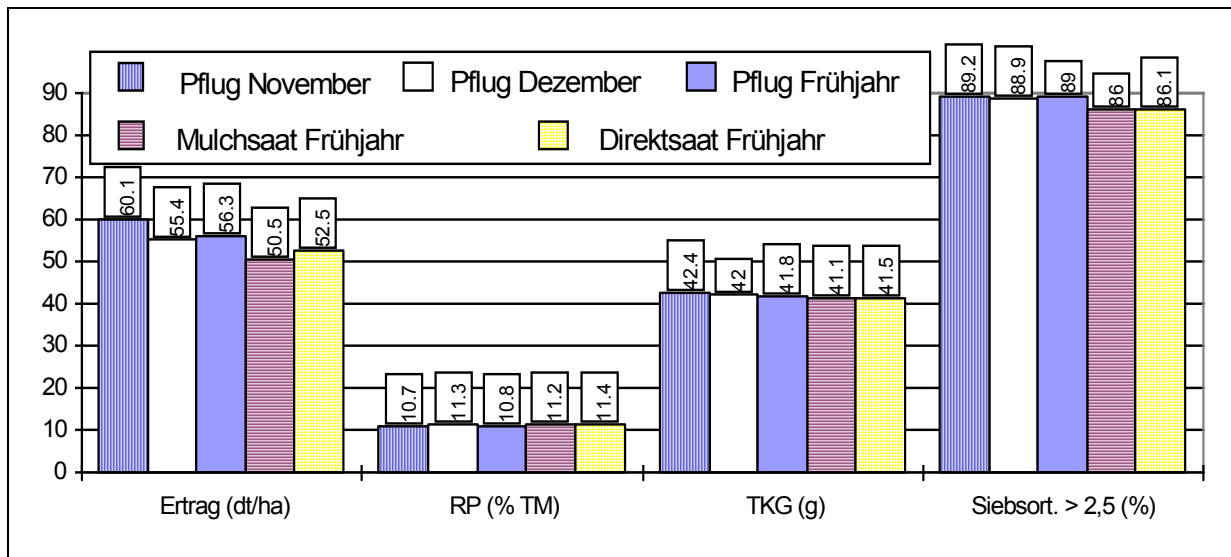


Abb. 15: Ertrag (dt/ha), Rohprotein (% TS), Hektolitergewicht (kg) und Ausputz (%) von Hafer im Erntejahr 1996

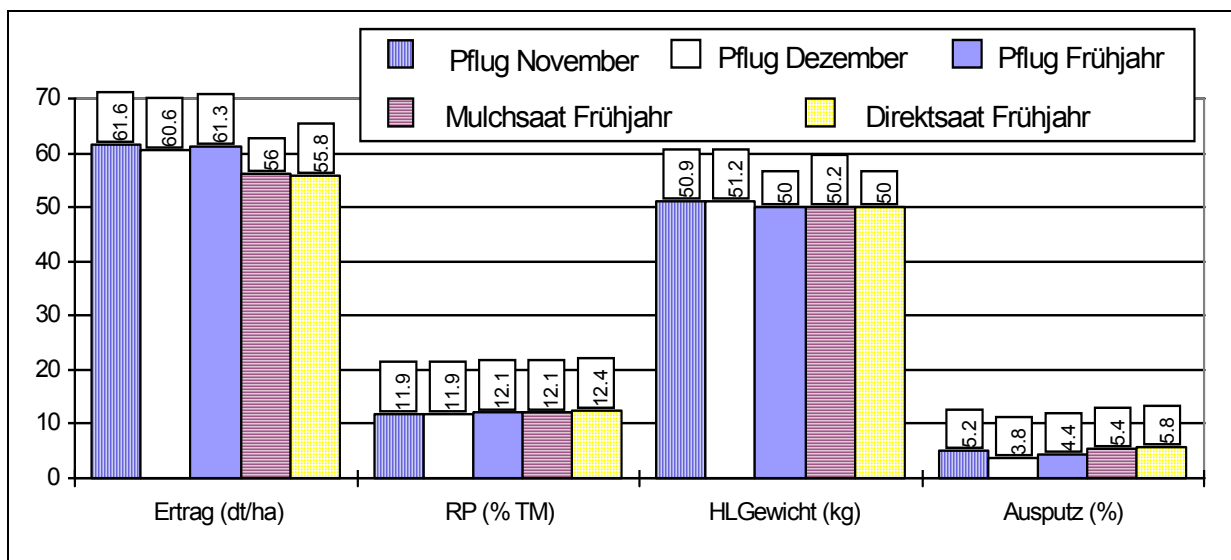


Erntejahr 1997

Die Sommergerstenerträge lagen mit ca. 55 dt/ha noch einmal höher als in den Vorjahren. Die höchsten Erträge erreichten die „Novembereinarbeitungen“, die niedrigsten die Mulchsaaten (Abb. 16). Die Rohproteingehalte von Sommergerste lagen zwischen 10.7 % bei Einarbeitung der Begrünung im November bis 11.4 % bei Direktsaat. Die Werte von Mulch- und Direktsaat ließen eine gute Beurteilung als Braugerste nicht zu. Der Vollgerstenanteil (Fraktion > 2.5 mm) lag bei den Umbruchvarianten (Pflug) um ca. 4 % höher als bei Mulch- und Direktsaat.

Abb. 16: Ertrag und Qualität von Sommergerste im Versuchsjahr 1996/97

Die Haferbestände erreichten Erträge von 55.8 dt/ha bei Direktsaat bis 61.6 dt/ha bei „Novembereinarbeitung“. Der Rohproteingehalt lag bei allen Varianten um 12 % (Abb. 17). Das Hektolitergewicht unterschied sich zwischen den Varianten nicht wesentlich. Der niedrigste Ausputz wurde bei „Dezembereinarbeitung“ ermittelt.

Abb. 17: Ertrag und Qualität von Hafer im Versuchsjahr 1996/97

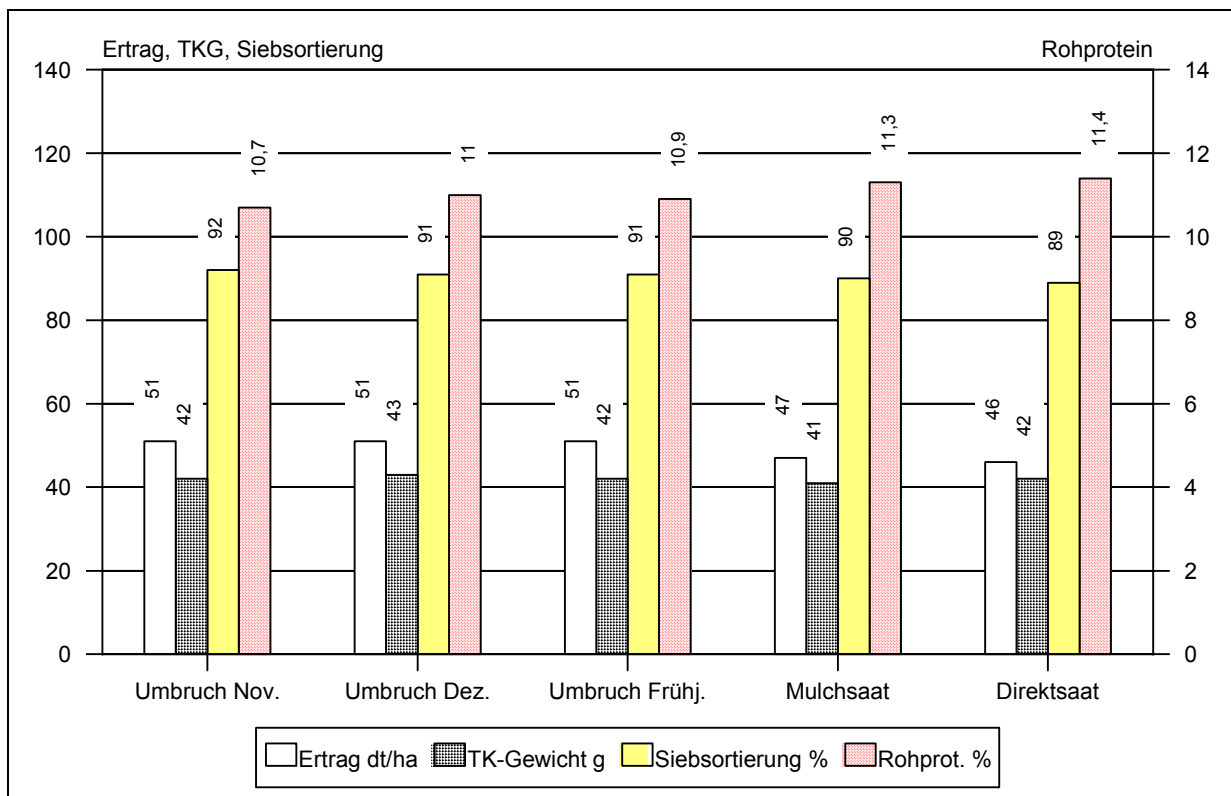
Gesamtüberblick Ertrag und Qualität

Der Ertrag an Sommergerste wurde durch die unterschiedlichen Termine zur Einarbeitung der Begrünung mit dem Pflug nicht beeinflusst. Nachteile ergaben sich jedoch bei Mulchsaat und Direktsaat (Abb. 18). Da es sich bei der Versuchsanlage nicht um Dauerstandorte handelte, konnten sich die eventuell entstehenden nachhaltigen positiven Aspekte der reduzierten Bestellverfahren wie Bodenstrukturverbesserung, Bodenbelebung etc. nicht aufbauen und in Ertrag umsetzen. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten.

Ebenso ist die unterschiedliche Wirkung auf leichten, mittleren und schweren Böden durch den Standortwechsel erschwert. Probleme tauchten bei Mulch- und Direktsaaten mit dem Bodenschluss zur Saat der Sommergersten auf. Sofern die Zwischenfrucht (meist Senf) nicht befriedigend stand, kam es auch zu vermehrten Unkrautdruck bzw. Durchwuchs.

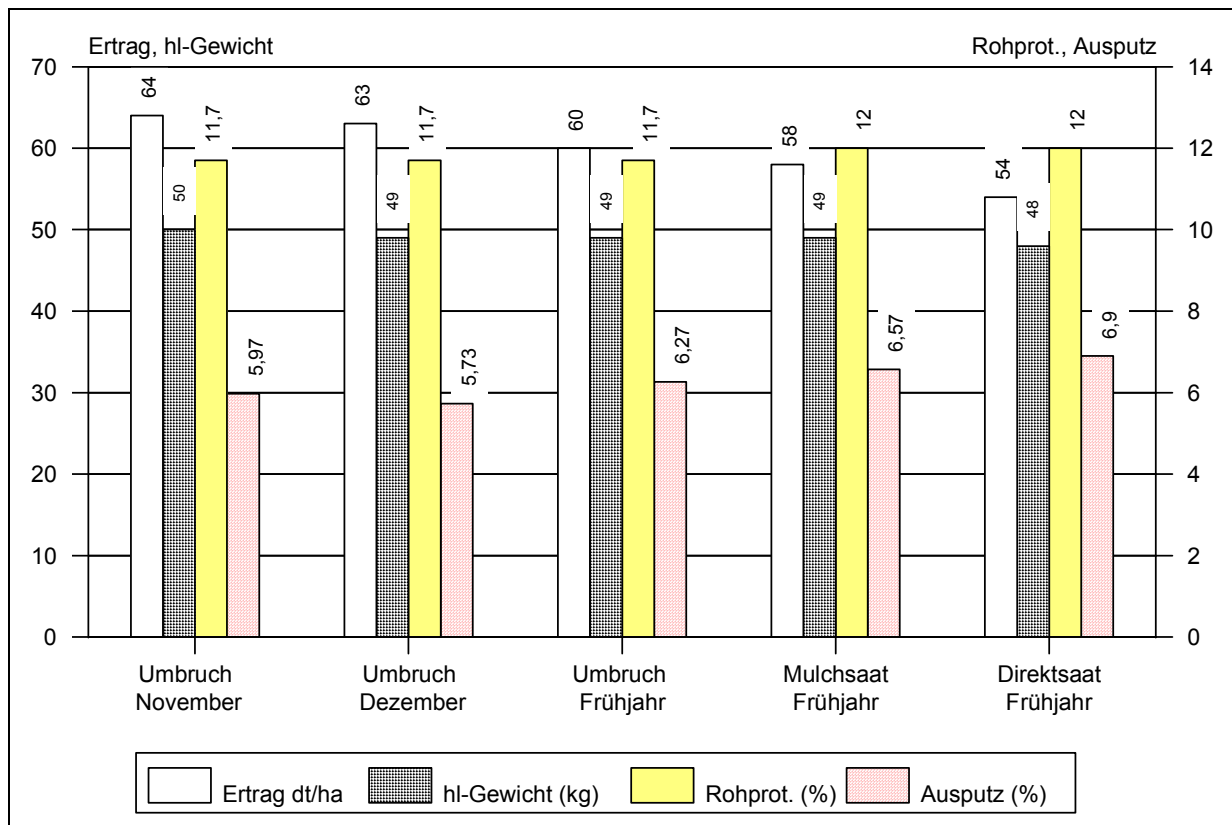
Die Rohproteingehalte der Sommergerste lagen zwischen 10,7 % (Einarbeitung im November) und 11,4 % (Direktsaat), was auf eine spätere Hauptmineralisation im Boden zur Zeit der Kornfüllungsphase geschoben werden kann. Letzteres ist aus der Sicht der Qualität der Braugerste sehr negativ. Eine tendenziell schlechtere Bewertung als Braugerste ergibt sich auch im Anteil an Vollgerste, der bei Mulch- und Direktsaat leicht abfällt.

Abb. 18: Ertrag und Qualität von Sommergerste im Mittel der vier Versuchsjahre



Die Hafererträge (Abb. 19) lagen eindeutig am höchsten nach November- und Dezemberumbruch (63 - 64 dt/ha). Der Frühjahrsumbruch und insbesondere Mulch- (58 dt/ha) und Direktsaat (55 dt/ha) wirkten sich negativ aus. Das Hektolitergewicht fiel gegen die Variante Direktsaat hin ab, während der Ausputz gegenläufig anstieg. Die Rohproteingehalte waren bei Hafer wie bei der Sommergerste in der Mulch- und Direktsaatvariante höher als bei den Pflugvarianten. Möglicherweise ist das eine Folge des bekannten Konzentrationseffektes: wegen des geringeren Ertrages enthalten die Körner mehr Stickstoff.

Abb. 19: Ertrag und Qualität von Hafer im Mittel der vier Versuchsjahre



3.3 Wirtschaftlichkeit

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit erfolgte nach gängigem Schema. Zur Darstellung gelangten der Deckungsbeitrag B (ohne Lohnansatz) der Erntejahre 1994 - 1997 sowie Angaben zum Arbeitskraftbedarf (Akh/ha).

Schema zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Ertrag bei 86 % TS
x Produktpreis
+ Nebenleistung
= Marktleistung
+ Förderung MEKA
+ GAP-Prämie
= Leistung B
- Saatgutkosten
- Düngerkosten
- Pflanzenschutzkosten
- Maschinenkosten (Eigen, Lohn)
- Versicherung
- Trocknungskosten
- Zinsansatz
= Deckungsbeitrag B (DM/ha) ohne Lohnansatz

Die Berechnung teilt sich bei Mulchsaat in eine Variante mit Eigenmechanisierung und eine Variante mit Lohnmaschineneinsatz. Die Arbeitsgänge, die für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit in Ansatz gebracht wurden, sind in folgender Tabelle (Tab. 11) einzusehen

Tab. 11: Erforderliche Arbeitsgänge bei den einzelnen Varianten

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Saatbettbereitung Zwischenfrucht	2 - 3 m Kreiselegge, 67 KW Schlepper					
Aussaat Zwischenfrucht	2,5 - 3 m Drillmaschine, 45 KW Schlepper					
Grundboden- bearbeitung	4-Schar-Volldrehpflug, 67 KW Schlepper					
Saatbettbereitung Hauptfrucht	2 - 3 m Kreiselegge, 67 KW Schlepper					
Aussaat Hauptfrucht	2,5 - 3 m Drillmaschine, 45 KW Schlepper				Lohnverfahren	
Düngung	12 - 15 m Schleuderstreuer, 45 KW Schlepper (1 - 2 mal)					
Pflanzenschutz	10 - 15 m Feldspritze, 45 KW Schlepper (1 - 5 mal)					
Lohndrusch	Lohnmähdrescher					
Kornabfuhr	4,5 t 2-Seitenkipper, 45 KW Schlepper					
Stoppelpbearbeitung	2,5 - 3 m-Grubber, 67 KW Schlepper					

Erntejahr 1994 Sommergerste

Im Jahr 1994 wurde nur Sommergerste angebaut. Die monetäre Leistung (Tab. 12) der Variante „Einarbeitung im November“ lag mit 1.800.- DM/ha über denen der anderen Varianten (1650 - 1730.- DM/ha). Die „Direktsaat“ erbrachte eine deutlich geringere Leistung (1.566.- DM/ha) durch niedrige Erträge. Die Pflugvarianten verursachten zudem geringere variable Kosten (inkl. Saatgut für Zwischenfrucht und Hauptfrucht, Düngung, Pflanzenschutz, veränderliche Maschinenkosten, Versicherung, Trocknung, Zinsansatz) als die Mulch- und Direktsaatvarianten.

Der Deckungsbeitrag (DB B) der „Novembereinarbeitung“ lag mit 981.- DM/ha analog der monetären Leistung höher als bei „Einarbeitung im Dezember“ und „Frühjahr“. „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ (857.- DM/ha) schnitt etwas günstiger ab als „Mulchsaat mit Lohnmaschinen“ (746.- DM/ha); die Variante „Direktsaat“ lag mit 663.- DM/ha am ungünstigsten. Die Varianten mit Umbruch durch Pflügen erreichten eine geringere Entlohnung der eingesetzten Arbeitskraft je ha als die Mulch- und Direktsaaten.

Tab. 12: Wirtschaftlichkeit von Sommergerste im Versuchsjahr 1993/94

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	1800	1734	1654	1716	1716	1566
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	819	819	839	859	970	903
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	981	915	815	857	746	663
Arbeitszeit (Akh/ha)	11.6	11.6	11.6	7.3	6.2	6.2
DB B/Akh (DM/Akh)	85	79	70	117	120	107

Erntejahr 1995 Sommergerste und Hafer

Im Jahre 1995 wurden sowohl Sommergerste als auch Hafer angebaut. Sommergerste erbrachte eine monetäre Leistung (Tab. 13) zwischen 2200.- DM/ha (Umbruch im Frühjahr) und 2040.- DM/ha (Direktsaat). Die veränderlichen Kosten lagen bei allen Varianten auf ähnlichem Niveau (ca. 1.146.- DM/ha). Dabei fielen bei „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ die geringsten Kosten (1.094.- DM/ha) und bei „Mulchsaat im Lohnverfahren“ die höchsten Kosten (1.214.- DM/ha) an.

Den höchsten Deckungsbetrag erreichte die „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ (1.072.- DM/ha), dahinter liegen die Pflügevarianten und „Mulchsaat im Lohnverfahren“ mit ca. 1.000.-DM/ha. Die Direktsaat fiel durch den geringeren Ertrag ab. Die Pflügevarianten (November, Dezember, Frühjahr) verursachten einen gleichen Arbeitskraftbedarf (11.8 Akh/ha). „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ verursachte 9.8 Akh, „Mulchsaat im Lohn-

verfahren“ und „Direktsaat“ ca. 7.4 Akh/ha. Der Deckungsbeitrag je ha und eingesetzter Akh lag bei den reduzierten Bestellverfahren um 30 - 40.- DM über den Pflugvarianten.

Tab. 13: Wirtschaftlichkeit von Sommergerste im Versuchsjahr 1994/95

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	2119	2162	2200	2166	2166	2040
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1143	1143	1158	1094	1214	1128
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	976	1019	1042	1072	952	912
Arbeitszeit (Akh/ha)	11.8	11.8	11.8	9.8	7.5	7.3
DB B/Akh (DM/Akh)	83	86	88	109	127	125

Der Hafer brachte 1995 aufgrund des höheren Ertrages bei „Einarbeitung im November“ mit 1.728.- DM/ha den höchsten Verkaufserlös (Tab. 14). Die anderen Varianten lagen um bis zu 250.- DM/ha unter diesem Betrag. Die veränderlichen Kosten sind bei Einsatz von Lohnmaschinen mit 1035.- DM/ha verständlicherweise am höchsten, die übrigen Verfahren erfordern einen geringeren Aufwand. Die Deckungsbeiträge der Varianten „Novembereinbarung“ und „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ lagen höher (ca. 730.- DM/ha) als die der anderen Varianten (ca. 650.- DM/ha). Die „Direktsaaten“ erbrachten nur einen mittleren Deckungsbeitrag von ca. 503.- DM/ha. Die benötigte Arbeitszeit spiegelt ein ähnliches Bild wie bei Sommergerste. Bezüglich der Entlohnung lag das Niveau bei Hafer zwischen 55.- und 84.- DM DB/ha und Akh.

Tab. 14: Wirtschaftlichkeit von Hafer im Versuchsjahr 1994/95

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	1728	1666	1602	1638	1638	1472
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	985	973	959	915	1035	969
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	743	693	643	723	603	503
Arbeitszeit (Akh/ha)	11.6	11.6	11.6	9.5	7.2	7.1
DB B/Akh (DM/Akh)	64	60	55	76	84	71

Erntejahr 1996 Sommergerste und Hafer

Im Erntejahr 1996 wurden ebenfalls Sommergerste und Hafer angebaut. Die Sommergerste erbrachte mittlere, monetäre Leistungen in Höhe von 2.385.- DM/ha (Tab. 15). Die veränderlichen Kosten lagen bei „Mulchsaat im Lohnverfahren“ und „Direktsaat“ um ca. 100.-DM/ha höher als bei den Pflügevarianten sowie bei „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“. Die Deckungsbeiträge der Pflugvarianten und der Mulchsaat mit Eigenmechanisierung lagen bei 1.251.- bis 1.319.- DM/ha. Die Deckungsbeiträge von „Mulchsaat im Lohnverfahren“ und „Direktsaaten“ lagen tiefer. Die Entlohnung je Arbeitskraftstunde über den Deckungsbeitrag lag bei den reduzierten Bearbeitungsverfahren um 20.- bis 40.- DM/Akh höher als bei den Pflugvarianten.

Tab. 15: Wirtschaftlichkeit von Sommergerste im Versuchsjahr 1995/96

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	2462	2412	2368	2378	2378	2313
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1143	1129	1117	1125	1245	1228
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	1319	1283	1251	1253	1133	1085
Arbeitszeit (Akh/ha)	11.5	11.5	11.5	9.7	7.4	7.4
DB B/Akh (DM/Akh)	115	112	109	129	153	147

Tab. 16: Wirtschaftlichkeit von Hafer im Versuchsjahr 1995/96

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	2506	2508	2398	2575	2575	2505
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1115	1098	1081	1165	1285	1217
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	1391	1410	1317	1410	1290	1288
Arbeitszeit (Akh/ha)	11.7	11.7	11.7	9.8	7.5	7.5
DB B/Akh (DM/Akh)	119	121	113	144	172	172

Die monetären Leistungen des Hafers lagen 1996 bei fast allen Varianten auf ca. 2.530.- DM/ha (Tab. 16). Nur die „Frühjahrseinarbeitung“ lag wesentlich darunter (2.398.- DM/ha). Die veränderlichen Kosten lagen bei Mulchsaat mit Eigenmechanisierung bzw. im Lohnver-

fahren und Direktsaaten mit ca. 1.220.- DM/ha höher als bei den Pflugvarianten mit ca. 1.100.- DM/ha. An Deckungsbeiträgen wurden für die Varianten „November- und Dezember-einarbeitung“ sowie „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ die höchsten Werte (ca. 1.400.- DM/ha) berechnet, für „Frühjahrsumbruch“ und „Direktsaat“ ergaben sich niedrigere Beiträge (ca. 1.300.- DM/ha). Die Arbeitsentlohnung lag bei den reduzierten Verfahren besonders mit Lohnmaschineneinsatz am höchsten.

Erntejahr 1997 Sommergerste und Hafer

Die monetären Leistungen der Sommergerste lagen im Mittel bei 2.239.- DM/ha. Höhere variable Kosten wurden gegenüber den Pflugverfahren von „Mulch- und Direktsaaten“ (Lohnverfahren) verursacht (Tab. 17). Die Deckungsbeiträge der Sommergersten lagen 1997 bei den „Dezember- und Frühjahrseinarbeitungen“ bei 1.115.- DM/ha, bei „Mulchsaat mit Eigenmaschinen“ bei 1033.- DM/ha und bei „Novembereinarbeitung“, „Mulchsaat im Lohnverfahren“ sowie „Direktsaat“ bei ca. 934.- DM/ha. Die Arbeitsentlohnung über den Deckungsbeitrag war bei den Lohnverfahren um über 40.- DM je Akh höher als bei den Pflugvarianten.

Tab. 17: Wirtschaftlichkeit von Sommergerste im Versuchsjahr 1996/97

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	2145	2277	2292	2246	2246	2226
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1185	1166	1173	1213	1333	1298
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	960	1111	1119	1033	913	928
Arbeitszeit (Akh/ha)	8.2	8.2	8.2	7.5	5.3	5.4
DB B/Akh (DM/Akh)	117	135	136	138	172	172

Tab. 18: Wirtschaftlichkeit von Hafer im Versuchsjahr 1996/97

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	1856	1883	1875	1859	1859	1923
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1057	1012	1011	1034	1154	1102
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	799	871	864	825	705	821
Arbeitszeit (Akh/ha)	7.6	7.6	7.6	7.5	4.6	4.6
DB B/Akh (DM/Akh)	105	115	114	110	153	178

Der Hafer brachte 1997 eine monetäre Leistung von im Mittel ca. 1.876.- DM/ha. Bei Direktsaat wurde mit 1.923.- DM der höchste Wert berechnet, mit verursacht durch die höhere MEKA-Förderung (Tab. 18). Die variablen Kosten lagen im Mittel bei ca. 1.012.- bis 1.154.- DM/ha. Die Deckungsbeiträge lagen im Mittel bei 836.- DM/ha. Die Variante „Mulchsaat Lohnmaschinen“ fiel mit 705.- DM/ha auf. Bei den lohnintensiven Verfahren errechnete sich eine relativ hohe Arbeitsentlohnung.

Wirtschaftlichkeit im Mittel der Jahre

Sommergerste

Die monetäre Leistung (inkl. MEKA, GAP) lag bei „November-, Dezember-, Frühjahrseinarbeitung“ und den „Mulchsaaten“ im Mittel bei 2132.- DM/ha. Die „Direktsaaten“ ergaben ca. 2036.- DM/ha. Die veränderlichen Kosten lagen im Mittel bei 1102.- DM/ha, mit den niedrigsten Kosten bei den „Pflügevarianten“ sowie „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“. Die Deckungsbeiträge (inkl. MEKA, GAP) lagen bei den Umbruchvarianten sowie Mulchsaat mit Eigenmechanisierung auf einem Niveau von 1.064.-DM/ha. Mulchsaat im Lohnverfahren (936.- DM/ha) und Direktsaat (897.- DM/ha) erreichten niedrigere Deckungsbeiträge (Tab. 19). Die benötigte Arbeitskraft lag bei den Pflügevarianten bei 10.8 Akh/ha, niedriger bei Mulchsaat mit eigenen Maschinen (8.6 Akh/ha) sowie bei Mulchsaat und Direktsaat im Lohnverfahren (6.6 Akh/ha). Daher lag die Arbeitsentlohnung bei letzteren Varianten höher.

Tab. 19: Wirtschaftlichkeit von Sommergerste im Mittel der Jahre

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	2132	2146	2129	2127	2127	2036
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1073	1064	1072	1073	1191	1139
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	1059	1082	1057	1054	936	897
Arbeitszeit (Akh/ha)	10.8	10.8	10.8	8.6	6.6	6.6
DB B/Akh (DM/Akh)	100	103	101	123	143	138

Hafer

Die höchsten monetären Leistungen wurden für Hafer bei den „Mulchsaatvarianten“ sowie für „November- und Dezemberumbruch“ errechnet. Das Mittel aller Varianten lag bei 2.004.- DM/ha. Die veränderlichen Kosten bewegten sich zwischen 1.017.- DM/ha und 1.158.- DM/ha. Im Vergleich höhere Deckungsbeiträge erzielten die „Umbruchvarianten“ und die Variante „Mulchsaat mit Eigenmechanisierung“ (Tab. 20).

Die Umbruchvarianten benötigten 10.3 Akh/ha und Jahr, die Mulchsaat mit Eigenmechanisierung 8.9 Akh/ha, mit Lohnmaschinen 6.4 Akh/ha wie die Direktsaat. Bei letzterem Verfahren war die Arbeitsentlohnung am größten.

Tab. 20: Wirtschaftlichkeit von Hafer im Mittel der Jahre

Varianten	Umbruch November	Umbruch Dezember	Umbruch Frühjahr	Mulchsaat Eigen- maschinen	Mulchsaat Lohn- maschinen	Direktsaat
Leistung B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	2030	2019	1958	2024	2024	1967
veränderliche Kosten (inkl. Zinsansatz; DM/ha)	1052	1028	1017	1038	1158	1096
Deckungsbeitrag DB B (inkl. MEKA, GAP; DM/ha)	978	991	941	986	866	871
Arbeitszeit (Akh/ha)	10.3	10.3	10.3	8.9	6.4	6.4
DB B/Akh (DM/Akh)	96	98	94	110	136	140

4 Zusammenfassung

Im vorliegenden Programm wurde die Wirkung des Einarbeitungstermins der Begrünung bzw. die Einarbeitungstechnik (Pflügen im November, Dezember, Frühjahr, Einarbeitung bei Mulchsaat bzw. Direktsaat im Frühjahr) auf die Nitratgehalte im Boden, Erträge, Qualitäten sowie die Wirtschaftlichkeit geprüft. Insgesamt wurden die Ergebnisse aus 62 Einzelversuchen ermittelt, die 1993 bis 1997 in Höhenlagen zwischen 600 und 800 m in Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Es können folgende Ergebnisse zusammengefasst werden:

1. Bei den Auswertungen wurden im Mittel sehr geringe Nitratgehalte im Boden gemessen. Dies deutet darauf hin, dass die tatsächlichen Auswaschungsverluste gering waren. Das höchste Auswaschungspotenzial über Winter wurde bei der Variante mit frühem Umbruch der Begrünung im November ermittelt, besonders auf mittel- und tiefgründigen Standorten. In die Auswertung konnten nur elf flachgründige Standorte einbezogen werden, bei ihnen ergibt sich eine umgekehrte Tendenz, mit etwas niedrigerem Auswaschungspotenzial beim Novemberumbruch.
2. Bei schweren Böden wie sandig-tonigem Lehm bis Ton zeigte der Novemberumbruch das höchste Auswaschungspotenzial, bei späterem Umbruch bzw. bei Mulchsaat wurden niedrigere Nmin-Werte gemessen. Nur sechs Standorte mit mittleren Böden wie stark sandigem bis schluffigem Lehm konnten ausgewertet werden. Über Winter wurden auch dort beim Novemberumbruch die höchsten Nitratwerte im Boden gemessen. Im allgemeinen muss die Gefahr einer Nitratverlagerung bei einem Umbruch der Begrünung vor dem Jahreswechsel höher eingeschätzt werden als bei späterem Umbruch oder gar im Vergleich zu Einarbeitung bei Mulchsaat.
3. Im Frühjahr standen den Kulturen bei der Mulchsaat geringere Stickstoffmengen zum Wachstum zu Verfügung als bei den Pflugvarianten, was in der Praxis ggf. bei der Düngplanung berücksichtigt werden sollte.
4. Auf den Feldaufgang von Sommergerste und Hafer hatten die unterschiedlichen Umbruchtermine wenig Einfluss. Das Einarbeitungs- und Saatsystem „Mulchsaat“ beeinflusste den Feldaufgang von Sommergerste sowie Hafer dann negativ, wenn zum Aufgehen der Saat Feuchtigkeit fehlte (mangelnder Bodenschluss). Die Bestandesdichte von Sommergerste wurde durch die verschiedenen Einarbeitungstermine und -techniken wenig beeinflusst. Die Zahl der Haferrispen/m² zur Ernte war bei Mulch- und Direktsaat dann stark reduziert, wenn es zu Trockenheit während der Jugendentwicklung der Pflanze kam.
5. Der Ertrag an Sommergerste wurde durch unterschiedliche Umbruchtermine (Pflug) nicht beeinflusst. Nachteile ergaben sich bei Mulchsaat und Direktsaat. Da es sich bei den Versuchen nicht um Dauerstandorte handelte, konnten die sich mit längerer Bewirt-

- schaftung ggf. einstellenden Vorteile der reduzierten Bodenbearbeitung (Strukturverbesserung, Bodenbelebung etc.) nicht aufbauen und in Ertrag umsetzen. Sofern sich die Zwischenfrüchte (meist Senf) nicht befriedigend entwickelten, kam es zu vermehrtem Unkrautdruck bzw. Durchwuchs der Vorfrucht.
6. Die Rohproteingehalte der Sommergersten betragen bei den Pflugvarianten ca. 10.9 %; bei Direktsaat stiegen sie auf 11.4 % an, eine sehr negative Entwicklung aus der Sicht der Brauqualität. Die übrigen Qualitätseigenschaften veränderten sich unter dem Einfluss der Versuchsanstellung nur wenig.
 7. Die Hafererträge lagen bei vorangegangenem Begrünungsumbruch im November oder Dezember am höchsten und fielen bei Mulchsaat und Direktsaat ab. Die Rohproteingehalte waren bei den Mulch- und Direktsaatvarianten nur leicht erhöht. Das Hektolitergewicht sank bei der Variante Direktsaat ab, während der Ausputz anstieg.
 8. Die Wirtschaftlichkeit (Deckungsbeitrag) ist zum einen von der Höhe der Erträge geprägt, zum anderen durch die unterschiedlichen Kosten der Bodenbearbeitung. Während die Pflugverfahren oftmals höherer Erträge bringen, sind die Kosten bei Mulchsaat und Direktsaat niedriger. Die Verschiebung des Umbruchs von November auf Dezember wirkte sich nicht negativ auf die Wirtschaftlichkeit aus. Der Umbruch im Frühjahr führte dagegen in einzelnen Versuchsjahren zu verringerten Deckungsbeiträgen, die sicher die ungünstigen Witterungs- und Bodenbedingungen während Bodenbearbeitung und Aussaat widerspiegeln.
 9. Mulchsaat mit eigenen Maschinen führte i. d. R. zu vergleichbaren Deckungsbeiträgen mit den Pflugvarianten.
 10. Die Variante Mulchsaat mit Lohnmaschinen wies insgesamt niedrigere Deckungsbeiträge auf als die Pflügevarianten, da hier noch zusätzliche Kosten für die „zugekaufte Leistung“ entstanden. Wird ein Lohnansatz mit einbezogen, dann wird die Wirtschaftlichkeit aufgrund des geringeren Arbeitszeitbedarfs in etwa mit den Pflügevarianten vergleichbar.
 11. Die Direktsaatvariante ergab bei Sommergerste durchweg den niedrigsten Deckungsbeitrag. Bei Hafer war der Deckungsbeitrag vergleichbar mit dem der Mulchsaatvariante mit Lohnmaschinen.
 12. Das ungünstigere Abschneiden der Mulch- und Direktsaat mit Lohnmaschinen ergibt sich vor allem bei kurzfristiger Betrachtung. Bei längerfristiger Betrachtung dürfte jedoch vor allem die Mulchsaat mit Lohnmaschinen interessant werden, wenn sie zu einem Abbau des Maschinenbestandes und damit zu einer Festkostensenkung im Betrieb führt. Gelingt es, die Erträge in dieser Variante längerfristig zu stabilisieren, ist sie auch den Pflügevarianten wirtschaftlich überlegen.