

Leitfaden für Praxisversuche

Guide to on-farm research trails

FKZ: 02OE606

Projektnehmer:

FiBL Deutschland e.V.
Galvanistraße 28, 60486 Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 7137699-0
Fax: +49 69 7137699-9
E-Mail: info.deutschland@fibl.org
Internet: <http://www.fibl.org>

Autoren:

Wilbois, Klaus-Peter; Schwab, Andreas; Fischer, Holger; Bachinger, Johann; Palme, Stefan; Peters, Heiner; Dongus, Sara

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Leitfaden für Praxisversuche

**Eine Anleitung zur Planung, Durchführung
und Auswertung von Praxisversuchen**

Herausgeber (Kooperationsgemeinschaft):

FiBL Deutschland e.V.

Forschungsinstitut für biologischen Landbau

Galvanistr. 28, 60486 Frankfurt a-M.

Tel.: +49 69 7137699-0

Fax: +49 69 7137699-9

E-Mail: Klaus.Wilbois@fibl.de

Internet: www.fibl.org

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung [ZALF] e.V.

Institut für Landnutzungssysteme und

Landschaftsökologie

Eberswalder Str. 84

15374 Müncheberg

Tel.: +49 33432 82265

Fax: +49 33432 82387

E-Mail: jbachinger@zalf.de

Internet: www.zalf.de

Gut Wilmersdorf GbR

Hauptstraße 23

16278 Wilmersdorf

Tel.: +49 33334 7514

Fax: +49 33334 7515

E-Mail: info@gut-wilmersdorf.de

Internet: www.gut-wilmersdorf.de

Dr. Klaus-Peter Wilbois, Andreas Schwab, Holger Fischer,

Dr. Johann Bachinger, Stefan Palme, Heiner Peters und Sara Dongus

Finanziert vom Bundesministerium für

Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau



Inhalt

Vorwort	5
I Einführung und grundlegende Aspekte eines ,wissenschaftlichen' Versuchs im Überblick.....	6
Das Wichtigste im Überblick	7
II Experimentelle Grundlagen	9
III Praxisversuche in sieben Schritten	13
Erster Schritt: Formulieren der Versuchsfrage.....	13
a. Versuchskultur.....	13
b. Prüfmerkmal	13
c. Prüffaktor	13
d. Faktorstufen.....	15
e. Versuchsumfang.....	15
Zweiter Schritt: Entwerfen eines Versuchsplanes	16
a. Streifenanlage	16
b. Kleinparzellenanlage	18
c. Fensterversuch.....	19
Dritter Schritt: Auswahl der Versuchsfläche	20
Vierter Schritt: Anlegen des Versuchs	21
a. Lage im Feld.....	21
b. Anlagerichtung.....	21
c. Einmessen der Parzellen.....	22
d. Markierung der Versuchsflächen.....	23
Fünfter Schritt: Versuchsdurchführung	25
Sechster Schritt: Datenerhebung.....	26
a. Grundlegende Daten	26
b. Datenerhebungen in der Kultur	26
Siebenter Schritt: Datenauswertung und Ergebnisinterpretation.....	30
IV Anhang.....	35
Boniturrahmen	35
Feldaufgang	36
Versuchsbeispiele mit Kalkulationen zum Zeitbedarf	37
V Glossar.....	41
VI Kommentiertes Literaturverzeichnis	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anordnung von Versuchsparzellen	7
Abbildung 2: Versuchsplan.....	9
Abbildung 3: Auswahl unterschiedlicher Prüffaktoren für Verfahren des Acker- und Sonderkulturanbaus, die Einfluss auf unterschiedliche Prüfmerkmale nehmen	13
Abbildung 4: Auswahl unterschiedlicher Prüffaktoren für Verfahren im Grünland und Futterbau, die Einfluss auf unterschiedliche Prüfmerkmale nehmen	13
Abbildung 5: Sortenversuch in Winterweizen – Versuchstyp: Streifenanlage.....	15
Abbildung 6: Sortenversuch bei Kartoffeln – angelegt als Tast- oder Demonstrationsversuch.....	16
Abbildung 7: Sortenversuch in Rosenkohl – Versuchstyp: Kleinparzellenanlage	17
Abbildung 8: Striegelversuch in Lupinen – Versuchstyp: Fensteranlage.....	18
Abbildung 9 (a und b): Variieren die Bodenunterschiede stärker in eine Richtung, so sollten die Wiederholungen quer zu diesen Unterschieden angelegt werden.....	21
Abbildung 10: Einmessen eines rechten Winkels	22
Abbildung 11: Einmessen der Parzellenbreite bei einer Streifenanlage.....	23
Abbildung 12: Ein selbstgebauter Boniturrahmen bei der Beurteilung einer Klee grasuntersaat. Die offene Seite erleichtert das Einlegen in den Bestand.....	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele für verschiedene Prüffaktoren mit sinnvollen Faktorstufen für Winterweizen.....	14
Tabelle 2: Beispiele für den Versuchsaufbau	14
Tabelle 3: Basisdaten und Möglichkeiten der Beschaffung.....	25
Tabelle 4: Möglichkeiten der Ertragsmessung mit ihren Vor- und Nachteile.....	28
Tabelle 5: Aufstellung der Tätigkeiten und des dazugehörigen Zeitbedarfs für den Striegelversuch in Lupinen.....	37
Tabelle 6: Aufstellung der Tätigkeiten und des dazugehörigen Zeitbedarfs für den Sortenversuch bei Hokkaido-Kürbissen	38
Tabelle 7: Aufstellung der Tätigkeiten und des dazugehörigen Zeitbedarfs für den Düngungsversuch im Grünland.....	39

Vorwort

Betriebliche Anpassungen an sich ständig wandelnde Gegebenheiten gehören zur modernen landwirtschaftlichen Erzeugung. Kostendruck, veränderte politische Rahmenbedingungen, verbesserte Anbauverfahren, neue Technik, Sorten und Betriebsmittel, neue oder andere Produktionszweige und Produktionsverfahren und vieles mehr kennzeichnen diesen stetigen Wandel, mit dem die Landwirtschaft insgesamt konfrontiert ist.

Änderungen in der Organisation eines landwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betriebes sind notwendig und haben vielfältige und zum Teil weitreichende Folgen – im Positiven wie im Negativen. Mögliche Fehler können das über Jahre gewachsene betriebliche Gleichgewicht empfindlich stören und zu Lasten des wirtschaftlichen Betriebserfolgs gehen. Will der Betriebsleiter nicht das Risiko des Scheiterns in Kauf nehmen, benötigt er möglichst exakte und verlässliche Informationen, bevor er größere Anpassungen seiner Betriebsorganisation vornimmt. Zur außerbetrieblichen Beschaffung solcher Informationen gibt es verschiedene Quellen wie beispielsweise Versuchs- und Forschungsanstalten oder Hochschulen, aber auch Fachzeitschriften. Diese Informationen weisen neben ihren jeweiligen Vorteilen auch spezifische Nachteile auf, wie z. B. eine beschränkte Auswahl von bearbeiteten Versuchsfragen oder eine mangelnde Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die eigenen Standortverhältnisse.

Im ökologischen Anbau spielt systembedingt der Standort eine entscheidende Rolle für die pflanzliche Produktion: Während im konventionellen Landbau mit Hilfe von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln und mineralischen Stickstoffdüngern eine gewisse Vereinheitlichung der Anbaubedingungen geschaffen werden kann, ist dies im ökologischen Landbau nicht ohne weiteres möglich. Je geringer die Anbaubedingungen standardisiert sind, desto weniger sind Informationen aus der angewandten Forschung direkt übertragbar. Deshalb sind mit der Übernahme von Erfahrungen aus Versuchen an anderen Standorten Risiken verbunden, die der Landwirt möglichst vermeiden will.

Die Durchführung von Versuchen im Praxisbetrieb stellt eine wichtige Möglichkeit dar, dieser Problematik zu begegnen. Bei solchen Versuchen in der landwirtschaftlichen Praxis (so genannte On-Farm-Versuche) kann es jedoch nicht darum gehen, Praktiker zu Versuchstechnikern auszubilden, sondern ihnen einige grundlegende und unverzichtbare Aspekte wissenschaftlich-systematischen Vorgehens nahe zu bringen. Dieser Leitfaden soll sowohl dazu beitragen, das Interesse von Praktikern an solchen Versuchen zu wecken als auch die nötigen Fähigkeiten zur Durchführung selbiger zu vermitteln.

Frankfurt, im Februar 2004

Dr. Klaus-Peter Wilbois
- Projektleiter -

I Einführung und grundlegende Aspekte eines ‚wissenschaftlichen‘ Versuchs im Überblick

Nach Ansicht der Autoren sollen und können Versuche im eigenen Betrieb nicht wissenschaftliche Untersuchungen an Forschungseinrichtungen ersetzen. Vielmehr stellen sie eine sinnvolle Ergänzung zur Forschung an solchen Institutionen dar. Durch ein optimales Zusammenspiel beider Formen könnten so in Zukunft dem Landwirt die Informationen an die Hand gegeben werden, die er für seine erfolgreiche Betriebsführung braucht.

Dieser Leitfaden für Praxisversuche deckt Experimente zur pflanzlichen Erzeugung ab. Unberührt davon lassen sich jedoch auch Versuche zur Tierhaltung, im Vermarktungsbereich oder zur Betriebswirtschaft im eigenen Betrieb durchführen.

Der vorliegende Leitfaden gibt grundlegende und nützliche Informationen darüber, wie ein nicht wissenschaftlich ausgebildeter Landwirt in seinem Betrieb einfache Versuche anlegen kann, die einem Mindestmaß an wissenschaftlichen Anforderungen genügen, ohne jedoch den Landwirt zu überfordern. Dementsprechend versteht sich der Leitfaden für den Praktiker als „Hilfe zur Selbsthilfe“.

Je nach Fragestellung, Ausbildungsstand und verfügbarer Zeit können Landwirte solche Praxisversuche allein durchführen oder sich Unterstützung durch ihren Berater oder andere Experten z. B. von Landesämtern und Landwirtschaftskammern, staatlichen Lehr- und Versuchsanstalten oder Universitäten holen.

Der Schwerpunkt des Leitfadens liegt auf Hinweisen zur Planung und Durchführung von Experimenten im laufenden landwirtschaftlichen Betrieb. Dabei soll die Versuchsdurchführung eine Datenqualität liefern, die ein auf den gesamten Standort übertragbares Ergebnis und bei Bedarf tiefere statistische Auswertungen ermöglicht. In der Regel ist für den Landwirt in erster Linie die Gewinnung von Ergebnissen und Erkenntnissen entscheidend, die für seinen Betrieb oder Standort gelten. In den meisten Fällen sind dazu einfach zu berechnende statistische Größen wie Mittelwert und Streuungsmaß als Anhaltspunkte für die Datenauswertung ausreichend. Wir empfehlen allerdings, die Anlage der Versuche und die Erhebung der Daten in einer Weise durchzuführen, die die Möglichkeit offen hält, die Daten z. B. gemeinsam mit einem Experten vertieften statistischen Tests zu unterziehen, um ggf. eine weitere Bewertung der Daten vorzunehmen.

Sie müssen kein Wissenschaftler sein, um in Ihrem Betrieb Versuche durchzuführen. Wenn Sie bei der Anlage und Auswertung Ihrer Praxisversuche drei wesentliche, eher 'handwerkliche' Aspekte beachten, werden die ermittelten Daten die notwendige Qualität für Sie aufweisen.

Das Wichtigste im Überblick

Wiederholungen

Als Landwirt wissen Sie, dass ein Acker starken natürlichen Einflüssen unterliegt, welche Sie nicht durch Kulturmaßnahmen regulieren können. Der Ertrag in einer Teilfläche des Ackers kann ganz anders sein als in einer anderen. Hierfür verantwortlich sind Bodenunterschiede, trockene oder nasse Stellen, Steinlager, Schattenwürfe und vieles andere mehr. Auch ist aufgrund unterschiedlicher Witterung ein Jahr nicht wie das andere. Hierdurch entstehen Einflüsse auf den Versuch, die nicht von der zu testenden Behandlung bzw. Maßnahme herrühren und das Ergebnis verfälschen. Um diese natürlichen Einflüsse auf die Versuchsergebnisse möglichst weitgehend zu reduzieren, werden Wiederholungen des Versuchs angelegt.

Prinzipiell kann zwischen einer räumlichen und einer zeitlichen Wiederholung unterschieden werden.

- Bei der räumlichen Wiederholung werden die einzelnen Versuchspartzellen auf dem gleichen Feld oder auf verschiedenen Feldern mehrmals im gleichen Jahr nebeneinander angelegt. Eine Verteilung der Wiederholungen über mehrere Felder hat den Vorteil, dass der Einfluss unterschiedlicher Umweltbedingungen (beispielsweise Bodenqualitäten) auf das Resultat mit geprüft wird.
- Zeitliche Wiederholung bedeutet, dass der gleiche Versuch über mehrere Jahre durchgeführt wird. Damit können die jährlichen Schwankungen z. B. bedingt durch das Wetter oder schwankenden Krankheitsdruck berücksichtigt werden.

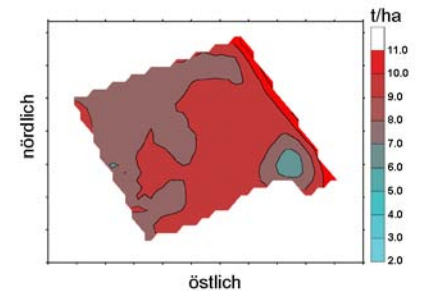
Je mehr Wiederholungen Sie von Ihrem Versuch anlegen und je mehr Versuchsjahre Sie haben, umso besser stimmen die gefundenen Ergebnisse mit der Realität überein. Ein vertretbarer Kompromiss zwischen Versuchsaufwand und Übertragbarkeit sind drei bis fünf Wiederholungen und zwei Versuchsjahre. Sinnvoll ist auch die gemeinsame Durchführung von Praxisversuchen mit Nachbarbetrieben. In diesem Fall können die Wiederholungen auch auf Flächen benachbarter Betriebe angelegt werden. Solche Gemeinschaftsversuche sparen Zeit und Kosten für den einzelnen Landwirt und liefern Ergebnisse für alle beteiligten Betriebsleiter.

Zufällige Anordnung der Versuchspartzellen im Feld

Um zu verhindern, dass z. B. Bodenunterschiede, Hangneigung oder ähnliche mögliche Störeffekte bestimmte Versuchsglieder stärker beeinflussen als andere, müssen die Versuchspartzellen zufällig angeordnet werden. Für die Versuchspraxis bedeutet dies, dass die Anordnung der Versuchspartzellen in den einzelnen Wiederholungen unterschiedlich sein muss. Es gibt einfache Methoden, solche zufälligen Anordnungen von Versuchspartzellen zu erreichen.

Hierzu ein Beispiel: Landwirt Huber will die Sortenleistung von drei verschiedenen frühen Rotkohlsorten (**A**, **B** und **C**) vergleichen. Dafür legt er auf einem Schlag mit Rotkohl einen Versuch mit vier Wiederholungen an. Damit sich kleinräumige Bodenunterschiede und die Einwirkungen

Behandlung ist eine den Versuch betreffende Maßnahme, z.B. die Anwendung eines Pflanzenstärkungsmittels.



Bei der Ernte ermittelte Getreideerträge in einem Feld; die unterschiedlichen Farben stehen für bestimmte Ertragswerte. Wie deutlich zu sehen ist, differieren die Erträge von 4 bis zu 11 t/ha auf ein und demselben Feld.

Quelle: Godwin et al. Cranfield University, Silsoe.

Wiederholungen

dienen dazu, den Versuchsfehler zu verringern und sind Voraussetzung für zuverlässige Ergebnisse sowie eine statistische Auswertung des Versuchs. Mit steigender Zahl an Wiederholungen nimmt der Versuchsfehler ab bzw. die Präzision zu.

des aus einer Hauptrichtung wehenden Windes nicht auf den Versuch auswirken können, verteilt er in jeder Wiederholung die Position der einzelnen Sorten zufällig (siehe Abbildung 1). Eine solche zufällige Anordnung kann z. B. einfach durch das Werfen eines Würfels oder einer Münze erreicht werden.

Falsch!				Richtig!		
A	B	C	1. Wiederholung	A	B	C
A	B	C	2. Wiederholung	C	A	B
A	B	C	3. Wiederholung	B	C	A
A	B	C	4. Wiederholung	A	C	B

Abbildung 1:
Anordnung von Versuchspartellen

Behandlungskontrolle

Wenn Sie Aussagen darüber treffen wollen, ob z. B. eine neue Sorte einen höheren Ertrag oder bessere Qualität bringt, ist es notwendig, die bisher angebaute betriebsübliche Sorte im gleichen Versuch und Jahr mit anzubauen. Das Versuchsglied, in dem keine Behandlung bzw. Maßnahme erfolgt, bzw. in diesem Beispielfall in dem die Standardsorte verwendet wird, nennt man **Kontrolle**. Ohne eine solche Kontrolle ist Ihr Experiment in der Regel nicht aussagekräftig, da nicht feststellbar ist, ob die neue Maßnahme im Vergleich zur bisherigen einen Unterschied erbracht hat.

Kontrolle

Um das Versuchsergebnis mit den im Betrieb üblichen Methoden vergleichen zu können, wird im Versuch immer auch die übliche Anbauweise mit untersucht.

II Experimentelle Grundlagen

Die Durchführung von Feldversuchen folgt einigen einfachen Prinzipien. Sie sollten diese beachten, damit Sie mit Ihren Versuchen im Praxisbetrieb wertvolle und zuverlässige Ergebnisse als Entscheidungsgrundlage erzielen.

Planung

Eine gründliche Planung der Versuche reduziert den Zeitaufwand für die spätere Durchführung und hilft, Fehler zu vermeiden. Sollten Sie bei der Planung und Durchführung der Versuche auf Schwierigkeiten stoßen, scheuen Sie sich nicht, Hilfe von Beratern zu beanspruchen. Selbst erfahrene Wissenschaftler suchen bei der Planung Unterstützung durch Kollegen oder Statistiker. Der Austausch und die Diskussion mit anderen Landwirten oder Beratern können für die Gestaltung des Versuchs sehr hilfreich sein. Unter www.oekolandbau.de finden Sie eine Rubrik „Adressen“, in der Sie unter dem Punkt *Forschung und Wissenschaft* sowie unter *Erzeuger* Adressen finden.

Adressen von Beratern und weiteren
Experten unter
<http://www.oekolandbau.de>

Einfachheit

Man kann leicht dazu neigen, mit einem Versuch möglichst viele Fragen auf einmal klären zu wollen. Halten Sie Ihren Versuch im Aufbau einfach und untersuchen Sie je Versuch möglichst nur eine Fragestellung. Zum Beispiel: Ist die Sorte A den Sorten B und C im Ertrag bzw. in der Qualität überlegen?

Feldversuche erfordern strikte
Standardisierung!

Gleichheit

Alle Versuchsparzellen müssen – bis auf den zu variierenden Faktor – exakt gleich behandelt werden. Um den Einfluss von unterschiedlichen Saatstärken auf den Ertrag von Winterweizen festzustellen, müssen alle Faktoren (= Behandlungsmaßnahmen) gleich sein – außer der Saatstärke (zu variierender Faktor).

Alle Versuchsparzellen müssen –
bis auf den zu variierenden Faktor
(z. B. Sorte) – exakt gleich
behandelt werden!

Dokumentation und Genauigkeit

Der Teufel steckt oft im Detail! Die meisten nicht zu Ende geführten Praxisversuche werden aus zwei Gründen abgebrochen: Wegen Zeitmangels und aufgrund ungenügender Dokumentation während des Experiments.

Wir empfehlen Ihnen, sich am besten pro Feldversuch einen Ordner oder eine Mappe anzulegen, in dem Sie alle Aufzeichnungen über Beobachtungen und Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten wie Krankheitsbefall, Unkrautdruck, Schädlinge usw. sammeln. Halten Sie bei der Feldkontrolle während der Versuchslaufzeit alle Besonderheiten fest. Besonders hilfreich ist es, wenn auch im Nachhinein die Beobachtungen einzelnen Versuchsparzellen zuzuordnen sind. Im Anhang sind einige Dokumentationshilfen beigelegt, die Sie verwenden können.

Zur Auswertung der Versuchsergebnisse sollten zusätzlich zu den Vorkommnissen auf dem Feld Wetterdaten herangezogen werden. Wenn Sie keine eigene Wetterstation haben, können Sie auf

Wetteraufzeichnungen von Instituten oder Ämtern in Ihrer Umgebung zurückgreifen. Die Niederschlagsmenge sollten Sie jedoch auf jeden Fall am Versuchsstandort erfassen, da Sie mitunter auch kleinräumig erheblich variiert. Im Internet erhalten Sie Informationen zu umfangreichen Wetterdaten verschiedener Wetterdienste.

Weblink Deutscher Wetterdienst:
<http://www.dwd.de> unter Wetter und Klima

Versuchsplan

Ein Versuchsplan hilft Ihnen bei der Orientierung im Feld. Sollten Sie bei der Anlage des Versuchs Änderungen gegenüber der ursprünglichen Planung durchführen, tragen Sie diese direkt ein. Denken Sie daran, mindestens eine Kopie Ihres fertigen Planes zu machen und diesen sicher zu Hause aufzubewahren. Dieser ist die Grundlage für die Weiterführung des Versuchs.

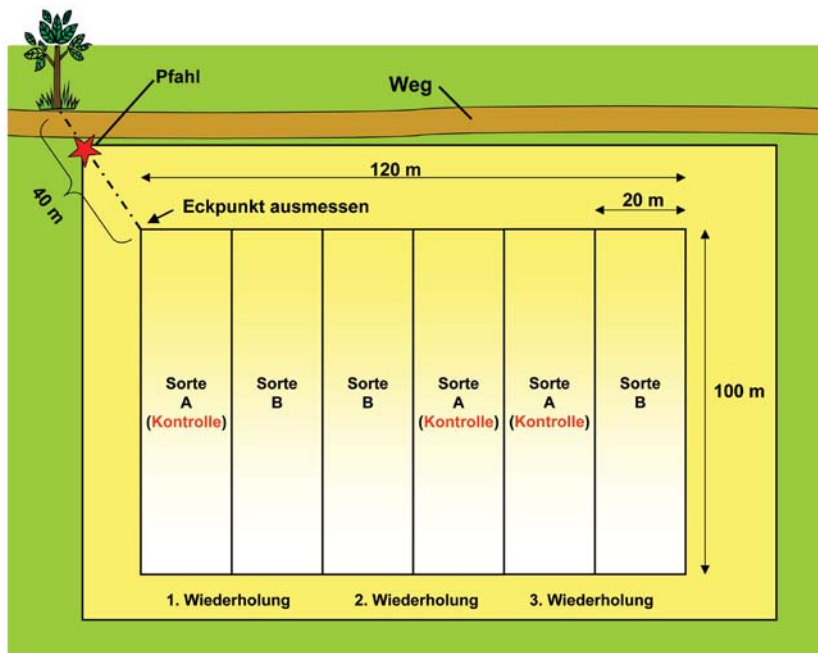


Abbildung 2:
Versuchsplan

Statistik

Das Mindestmaß an Statistik, welches in diesem Leitfaden erläutert wird, ist die Grundlage, um Ihre erhobenen Daten auszuwerten. Dies ist auch die Voraussetzung für die Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse auf weitere Bereiche Ihres Betriebes oder des Standortes (vgl. 7. Schritt / Datenauswertung S. 29).

Statistik ist bei Feldversuchen unverzichtbar!

Flächenbedarf

Die Größe der Versuchsflächen hat einen erheblichen Einfluss auf die Aussagekraft der Versuchsergebnisse. Zum einen werden bei größeren Parzellen die so genannten Randeffekte wesentlich verringert, zum anderen kann man den Einfluss von Bodenunterschieden durch eine Vergrößerung der Parzellen teilweise ausgleichen. Je nach Versuch sollte man daher Mindestflächen vorsehen.

Konkrete Angaben lassen sich jedoch nicht allgemein machen, da die anzustrebende Größe der Parzellen von vielen verschiedenen Faktoren abhängt. Zum Beispiel spielen der gewählte Anlagentyp, die Versuchskultur und die betriebliche Flursituation eine wichtige Rolle.

Versuche im Gemüsebau, bei denen einzelne Pflanzen betrachtet werden, können recht klein gehalten werden. Beispiel Kleinparzellenanlage im Rotkohl: Eine Parzelle mit 100 Pflanzen und einem Pflanzabstand von 75 cm x 40 cm entspricht 30 m². Bei zwei verschiedenen Sorten à vier Wiederholungen ergibt sich ein gesamter Nettoflächenbedarf von 240 m².

Versuche im Ackerbau, die mit dem Mähdrescher beerntet werden sollen, können hingegen beachtliche Größen erreichen. Zum Beispiel eine Streifenanlage im Winterweizen: Eine Parzelle mit der doppelten Schnittbreite des Mähdreschers (5 m) von 10 m (siehe auch Glossar: Kerndrusch) hat bei einer Schlaglänge von 150 m eine Fläche von 1.500 m². Bei drei Sorten à vier Wiederholungen ergibt sich ein gesamter Nettoflächenbedarf von 1,8 ha.

Grundsätzlich gilt: Je größer die Versuchsparzellen angelegt werden, desto kleiner ist der zu erwartende Versuchsfehler. Dabei sollten jedoch einige wichtige Aspekte bei der Auswahl des Versuchsstandortes beachtet werden, z. B. die Homogenität der Versuchsflächen (vgl. 3. Schritt: Auswahl Versuchsstandort S. 19).

Unter **Versuchsfehler** versteht man alle Einflüsse, die zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen können, wie z. B. unterschiedliche Bodenqualitäten, inhomogene Bodenzustände, aber auch ungenaue Datenerhebung usw.

Zeit

Versuche kosten Zeit, daran führt kein Weg vorbei. Es lohnt sich jedoch, diese Zeit aufzubringen. Planen Sie den Zeitbedarf ein, denn wenn am Ende wegen Zeitmangels einige wichtige Bonituren fehlen oder der Versuch aufgrund von Stress zur Erntezeit nicht sorgfältig beerntet wird, kann es sein, dass alle Mühe vergebens war und wesentliche Ergebnisse nicht gewonnen werden können.

Bonitur ist die Beurteilung und Einschätzung eines Prüfmerkmals.

Um den Zeitbedarf richtig einzuschätzen, sind im Anhang (ab S. 36) einige Versuchsbeispiele mit dem dazugehörigen Zeitaufwand beschrieben. Vorweg noch einige generelle Tipps, deren Befolgung helfen kann, den Aufwand so gering wie möglich zu halten:

- Arbeiten Sie mit Checklisten, auf denen Sie alle notwendigen Arbeitsschritte und Besorgungen zusammenfassen. Denken Sie daran, frühzeitig Behälter für Proben zu besorgen. Diskutieren Sie den Versuch vor dem Anlegen mit Ihrem Berater oder anderen Landwirten.
- Legen Sie Versuche möglichst nah am Hof an und bereiten Sie alle Arbeitsschritte auf den Versuchsflächen gründlich vor. Lassen Sie sich bei Bedarf in unbekannte Techniken einführen.
- Auch für Bonituren gilt: Weniger ist mehr. Man kann natürlich außer dem Ertrag auch noch die Ährenzahl, die Körner pro Ähre und die Ähren pro m² erheben. Aber wenn die Zeit knapp ist, sollten Sie nur die Daten des für Sie wesentlichen Prüfmerkmals erheben.
- Wer mitten in der Ernte ist, hat kaum noch Zeit, sich über Versuchsdetails Gedanken zu machen. Deshalb sollten Sie die Ernte der Versuchsparzellen vorher planen und die Technik und ggf. auch zusätzliches Personal für die Ertragsmessung einsatzbereit halten.

Das **Prüfmerkmal** ist der Untersuchungsgegenstand oder die Eigenschaft, die verbessert werden soll, z. B. **Ertrag, Qualität, Krankheitsbefall** oder **Unkrautbesatz**.

- Nur mit Hilfe geordneter Notizen lässt sich eine schnelle und qualitativ hochwertige Auswertung durchführen. Sehen Sie vor der eigentlichen Auswertung Ihre Versuchsunterlagen sorgfältig durch und verschaffen Sie sich noch einmal einen Überblick über den Versuch als Ganzes.

Wenn Sie diese elementaren Grundregeln beachten, werden Sie vertrauenswürdige Ergebnisse erzielen, die Ihnen als verlässliche Entscheidungshilfe dienen. Bevor Sie jedoch ein Experiment beginnen, müssen Sie sich über die Fragestellung klar werden, die im Versuch beantwortet werden soll. Diese Versuchsfrage muss eindeutig definiert sein und durch ein Experiment beantwortet werden können. Häufig lässt sich eine klar definierte Versuchsfrage als Behauptung formulieren, die durch das Experiment bestätigt oder verworfen wird. Man spricht von einer Hypothese (Annahme), deren Gültigkeit im Experiment überprüft wird. Ein Beispiel wäre: ‚Die neue Sorte A ist auf dem vorliegenden Standort meiner bislang genutzten Standardsorte in Ertrag und Qualität überlegen.‘ Eine solche Behauptung lässt sich in einem sorgfältig angelegten Versuch zuverlässig bestätigen oder verwerfen.

Fazit

Je einfacher und klarer der Versuchsaufbau, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie den Versuch erfolgreich zu Ende führen. Legen Sie je Versuch mindestens drei bis fünf Wiederholungen an. Schalten Sie eine Kontrolle ein und führen Sie den Versuch nach Möglichkeit über mehrere Jahre durch. Behalten Sie den Zeitaufwand im Auge.

III Praxisversuche in sieben Schritten

Viele Landwirte machen während ihrer täglichen Arbeit Beobachtungen im Feld und entwickeln Ideen und Hypothesen darüber, wie sie ihren Anbau verbessern oder wirtschaftlicher durchführen können. Von solchen Ideen und Hypothesen aus ist es nur noch ein kleiner Schritt zum Feldversuch, mit dem Sie diese überprüfen. Bei der Anlage eines Versuchs müssen Sie jedoch einiges beachten. Im Folgenden werden die wesentlichen Schritte eines Praxisversuchs dargestellt.

Eine **Hypothese** ist eine noch ungeprüfte Vermutung bzw. Behauptung, die in Form eines mehr oder minder einfachen Satzes ausgedrückt wird. Zum Beispiel: „Das zweimalige Striegeln in Lupinen erhöht den Ertrag.“

Erster Schritt: Formulieren der Versuchsfrage

a. Versuchskultur

Jedes Experiment beginnt mit einer Frage, die mit Hilfe des Versuchs geklärt werden soll. Versuchen Sie diese Frage so einfach und konkret wie möglich als eine so genannte Versuchsfrage zu formulieren.

Nicht jede Fragestellung ist für den Betriebserfolg gleich bedeutsam. Die Versuchsdurchführung erfordert Aufwand an Zeit und Geld. Dieser Einsatz muss sich lohnen. Um herauszufinden, bei welchen Kulturen der Aufwand eines Experimentes gerechtfertigt ist, können beispielsweise folgende Punkte Orientierung bieten:

- Welche Kultur erlangt den höchsten Anbauanteil im Betrieb?
- Welche Kultur leistet einen hohen wirtschaftlichen Beitrag zum Betriebsergebnis?
- Welche bislang noch nicht angebaute Kultur soll hinsichtlich ihrer Anbaueignung geprüft werden?
- Bei welcher Kultur besteht hoher pflanzenbaulicher Optimierungsbedarf?

Die **Versuchsfrage** bildet die Basis des Versuches. Sie ist oft noch sehr allgemein gehalten und wird durch die Bildung der Hypothese konkretisiert. Z. B. Wie wirkt sich verschieden häufiges Striegeln auf meinen Ertrag bei Körnerleguminosen aus?

Versuchsfrage

b. Prüfmerkmal

Im nächsten Schritt gilt es festzulegen, welches Merkmal Sie prüfen bzw. beeinflussen möchten. Dies könnte zum Beispiel die Erhöhung von Ertrag oder Qualität bestimmter Kulturen bzw. die Verringerung von Krankheitsbefall oder Unkrautbesatz sein.

In der Regel sind jedoch Fragen der Ertrags- und Qualitätsverbesserung der Ernteprodukte für den Landwirt am wichtigsten.

Das **Prüfmerkmal** ist der Untersuchungsgegenstand oder die Eigenschaft, die verbessert werden soll, z. B. **Ertrag, Qualität, Krankheitsbefall** oder **Unkrautbesatz**.

c. Prüffaktor

Haben Sie ein Prüfmerkmal festgelegt, wird im nächsten Schritt überlegt, welche Anbaumaßnahmen dieses Prüfmerkmal beeinflussen und steuern. Im Zusammenhang mit Feldversuchen werden diese Anbaumaßnahmen als **Prüffaktoren** bezeichnet. Als Prüffaktoren kommen sämtliche Anbaumaßnahmen wie beispielsweise Bodenbearbeitung, Aussaatstärke, Pflanzenschutzmaßnahmen und vieles mehr in Frage. Die folgenden Abbildungen 3 und 4 leisten Unterstützung bei der Auswahl eines Prüffaktors. Die weiteren Ausführungen beziehen sich immer auf die Anlage und Durchführung von Versuchen mit nur einem Prüffaktor pro Experiment.

Prüffaktor (kurz Faktor) bezeichnet im Versuchswesen die Eigenschaft (Stellgröße), die im Versuch verändert wird, also z. B. die Aussaatstärke in einem Saatstärkenversuch oder die Sorte in einem Sortenversuch.

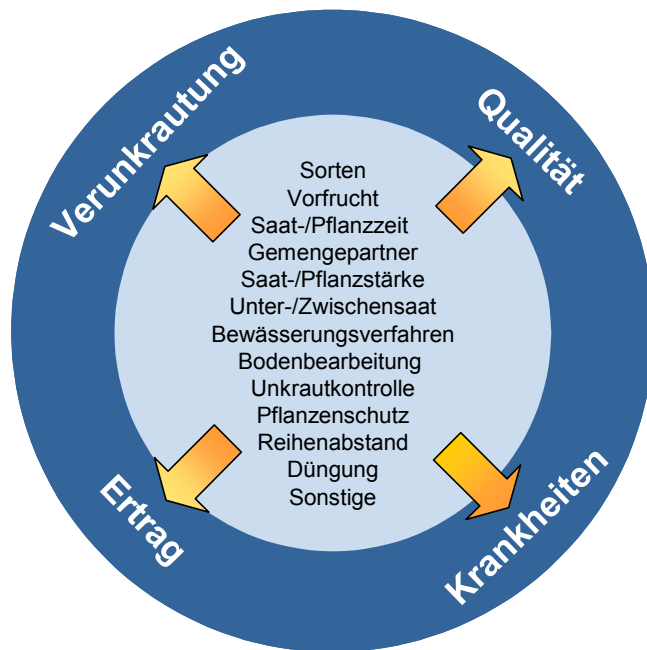


Abbildung. 3:
Auswahl unterschiedlicher Prüffaktoren für Verfahren des Acker- und Sonderkulturanbaus, die Einfluss auf unterschiedliche Prüfmerkmale nehmen.

Hinweis:

Versuchs- und auswertungs-technisch ist es möglich, mehrere Prüffaktoren in einem Experiment zu untersuchen. Solche so genannten mehrfaktoriellen Versuchsanordnungen spielen in der wissenschaftlichen Forschung eine wichtige Rolle. Sie sind bedeutsam, wenn neben den Hauptwirkungen der einzelnen Prüffaktoren auch die Wechselwirkungen zwischen diesen interessieren. Ein Beispiel hierfür wäre die Untersuchung des gleichzeitigen Einflusses der Sorte und der Stickstoffdüngung (Sorte x N). Allerdings sind die Anlage und Auswertung von mehrfaktoriellen Versuchen deutlich aufwändiger und komplexer. Aus diesem Grund raten wir im Rahmen des hier vorgestellten Leitfadens davon ab. Sollten Sie trotzdem solche mehrfaktoriellen Versuche durchführen wollen, empfehlen wir dies nur bei entsprechender Kenntnis oder mit Unterstützung eines Experten.

Versuchsfrage

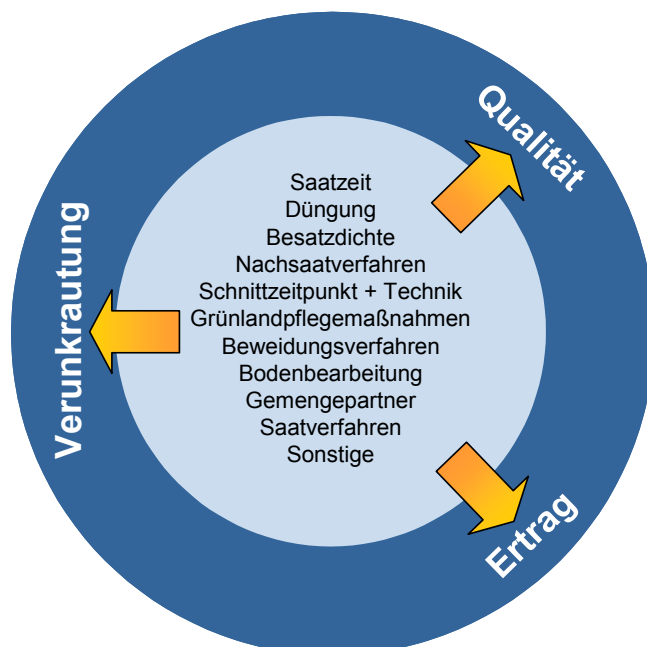


Abbildung. 4:
Auswahl unterschiedlicher Prüffaktoren für Verfahren im Grünland und Futterbau, die Einfluss auf unterschiedliche Prüfmerkmale nehmen.

d. Faktorstufen

Um Effekte von unterschiedlichen Abstufungen eines Prüffaktors (z. B. verschiedene Aussaatstärken oder unterschiedliche Mengen an Dünger) zu testen, wird dieser in unterschiedlichen Stufen eingesetzt. Dies kann mengenmäßig erfolgen, z. B. wenn eine Sorte einer bestimmten Kultur in verschiedenen Aussaatstärken getestet werden soll oder wenn die Gabe von Stallmist in unterschiedlichen Mengen erfolgt. Die Abstufungen können aber auch qualitativ erfolgen, z. B. wenn der Einfluss verschiedener Dünger, verschiedener Sorten oder Vorfrüchte untersucht wird. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Anzahl von Faktorstufen die Zahl der anzulegenden Versuchsparzellen und damit der Arbeits- und Zeitaufwand steigt. Ein Beispiel für verschiedene Prüffaktoren und geeignete Faktorstufen gibt Tabelle 1.

Prüffaktor	Sinnvolle Faktorstufen	Beispiele Faktorstufen
Vorfrucht	2 - 3	Getreide, Kartoffel, Klee
Saatzeit	2 - 3	Früh, Mittel, Spät
Saatstärke	3	250, 300, 350 Samen
Reihenabstand	2	15 und 17 cm oder 30 bis 40 cm
Sorten	2 - ...	Sorte A, B, C,...
Düngung	2 - 3	hoch, mittel, gering
Pflanzenschutzverfahren	2 - 3	verschied. Verfahren: A, B, C...
Bodenbearbeitung	2 - ...	Grubber, Pflug

Als **Faktorstufen** bezeichnet man die einzelnen Ausprägungen des untersuchten Faktors, wie z. B. die verschiedenen untersuchten Sorten oder Saatstärken.

Tabelle 1: Beispiele für verschiedene Prüffaktoren mit sinnvollen Faktorstufen für Winterweizen.

e. Versuchsumfang

Beispiel: Ein Landwirt stellt sich die Frage, ob eine andere Sorte Winterweizen (Sorte A) als seine Standardsorte (Sorte B) unter seinen Betriebsbedingungen einen höheren Eiweißgehalt erbringen würde. Somit ist Winterweizen seine Versuchskultur, der Eiweißgehalt das Prüfmerkmal und die Sorten A und B stellen die Faktorstufen dar. Seine Versuchsfrage lautet: Wie ist der Einfluss der Sorten A und B auf den Eiweißgehalt von Winterweizen? Eine dazu passende Hypothese lautet: Die Winterweizensorte A hat einen höheren Eiweißgehalt als die bislang genutzte Standardsorte B.

Die aus der Hypothese resultierende Anlage des Versuchs ist in der nebenstehenden Tabelle 2 als Übersicht wiedergegeben. Die resultierende Parzellenzahl ergibt sich hierbei als Produkt aus Anzahl der Faktorstufen und Wiederholungen. Eine solche Übersicht kann als Grundlage für die Erstellung eines Versuchsplanes dienen.

Tabelle 2: Beispiel für Versuchsaufbau

Kultur:	Winterweizen
Prüfmerkmal:	Eiweißgehalt
Prüffaktor:	Sorte
Anzahl Faktorstufen:	2
Namen Faktorstufen:	Sorte „A“ Sorte „B“
Wiederholungen:	4
Resultierende Parzellenzahl:	8

Zweiter Schritt: Entwerfen eines Versuchsplanes

Der Versuchsplan stellt für den Durchführenden eine Art Feldkarte dar. Mit Hilfe dieses Planes können Sie sich in der Versuchsanlage orientieren. Er hilft, den Versuch geordnet anzulegen und die Anordnung der Parzellen auch nach heftigen Wetterereignissen, Wildschäden oder Verlust der Markierungen wiederzufinden. Denken Sie daran, sich eine Kopie des Planes zu machen und diese sicher aufzubewahren.

Beim Entwurf eines geeigneten Versuchsplanes spielen unterschiedliche Faktoren eine Rolle: Fragen nach dem geeigneten Versuchstyp, der passenden Anlagegröße und der Ausrichtung der Parzellen sind von großer Bedeutung für das Gelingen und die Auswertung des Versuchs.

Typen von Versuchsanlagen

Im Wesentlichen eignen sich drei verschiedene Typen für Versuchsanlagen bei Praxisversuchen: Streifenanlage, Kleinparzellenanlage oder Fensterversuch. Angaben zur Eignung der Versuchstypen sowie Vor- und Nachteile der einzelnen Typen werden im Folgenden einzeln betrachtet.

a. Streifenanlage

Bei der Streifenanlage werden die verschiedenen Versuchsvarianten mit über den ganzen Schlag reichenden Streifen nebeneinander angelegt. Die Wiederholungen müssen dabei zufällig über einen Schlag verteilt oder über mehrere unterschiedliche Felder gelegt werden (siehe Abbildung 5)

Die Streifenanlage stellt den typischen Versuchsaufbau für großflächige ackerbauliche Kulturen, wie z. B. Druschfrüchte in Praxisversuchen, dar. Sie eignet sich besonders bei Sorten-, Bodenbearbeitungs-, Düngungs-, Vorfrucht- und Unkrautkontrollversuchen in Ackerbaukulturen.

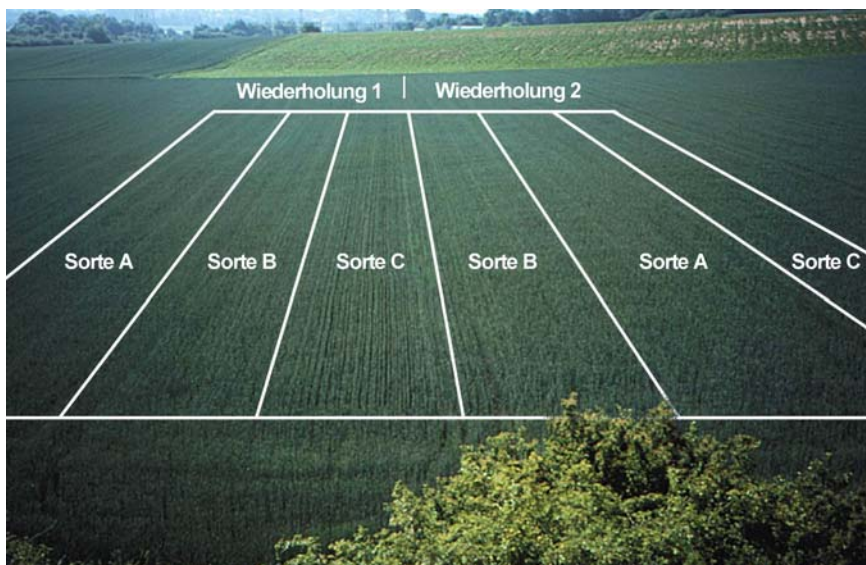


Abbildung 5:
Sortenversuch in Winterweizen –
Versuchstyp: Streifenanlage.

Vorteile	Nachteile
▪ Einfache Anlage des Versuches ▪ Kann mit betriebsüblicher Bestelltechnik angelegt werden ▪ Parzellen lassen sich auch mit einem einfachen Mähdrescher ohne Waage beernten, wenn eine Hofwaage oder Achslastwaage vorhanden ist ▪ Arbeitswirtschaftlich wenig aufwändig ▪ Einfach in ein bewirtschaftetes Feld zu integrieren	▪ Hoher Platzbedarf ▪ Ggf. Kosten für arbeitssparende Wägetechnik (z. B. Durchflusswaage)

Eine einfache Variante des Streifenversuchs ist der **Tast- oder Demonstrationsversuch**. Hier wird nur ein über den ganzen Schlag reichender Streifen mit einer Versuchskultur angelegt, der Rest des Feldes bildet die Kontrolle (betriebsübliches Verfahren, z. B. Sorte). Alternativ kann man auch die eine Hälfte des Feldes mit der einen und die andere Hälfte mit der anderen Variante bepflanzen (Abbildung 6). Tast- oder Demonstrationsversuche lassen sich schnell und unkompliziert anlegen und eignen sich gut, um erste Erkenntnisse im Vorgriff auf einen umfangreicheren Versuch zu gewinnen. Die Möglichkeit einer statistischen Auswertung ist wegen der fehlenden Wiederholungen jedoch nicht gegeben.



Abbildung 6:
Sortenversuch bei Kartoffeln – angelegt
als Tast- oder Demonstrationsversuch
ohne Wiederholung.

b. Kleinparzellenanlage

Bei der Kleinparzellenanlage werden kleine Parzellen von wenigen Quadratmetern nebeneinander, meist in Form eines zusammenliegenden kleinen Areals, auf dem Feld angelegt (Abbildung 7). Vor allem bei Sortenversuchen in einem bestehenden Bestand (z. B. Gemüse) oder bei Versuchen zu Pflanzenschutzmaßnahmen eignet sich diese Anlageform. Die Kleinparzellenanlage findet ihren Einsatz vorwiegend im Gemüsebau, da hier oft Handarbeit und -ernte nötig sind (siehe Anhang Beispiel 2).



Abbildung 7:
Sortenversuch in Rosenkohl –
Versuchstyp: Kleinparzellenanlage.

Vorteile	Nachteile
▪ Geringer Platzbedarf ▪ Durch den geringen Platzbedarf können gezielt homogene Bodenqualitäten ausgewählt werden ▪ Eignet sich für Handernte ▪ Guter visueller Vergleich (Bonitur) der einzelnen Parzellen möglich	▪ Einsatz betriebsüblicher Maschinen nur eingeschränkt möglich ▪ Bei maschineller Anlage des Versuchs meist Spezialtechnik nötig ▪ Erfordert Handarbeit

c. Fensterversuch

Ein Fensterversuch besteht aus zufällig im Feld verteilten Parzellen, in denen jeweils das gleiche Prüfmerkmal untersucht wird. Die einzelnen Fenster stellen die Wiederholungen dar. Die Kontrollvarianten werden im übrigen Bestand abgesteckt (Abbildung 8). Fensterversuche finden im Acker-, Grünland- oder Gemüsebau Anwendung. Sie haben hauptsächlich bei Pflanzenschutz- und Unkrautkontrollversuchen eine Bedeutung (siehe Anhang Beispiel 1).



Abbildung 8:
Striegelversuch in Lupinen –
Versuchstyp: Fensteranlage.

Vorteile	Nachteile
- Fenster können gleichmäßig über den Acker verteilt werden - Besonders geeignet für Düngungs-, Unkraut- und Pflanzenschutzversuche - Einfache Anlage des Versuchs - Betriebsübliche Maschinen können problemlos eingesetzt werden	- Wenn die Parzellen (Fenster) beerntet werden, sollte bei Druschfrüchten geeignete Wägetechnik vorhanden sein - Parzellen mitten im Feld sind ungünstig für Bonituren, da schlecht erreichbar - Das Einmessen ist mit erhöhtem Aufwand verbunden

Sie können den Versuchsplan selbstständig mit Stift und Papier erstellen. Dabei zeichnen Sie zuerst das Feld mit typischen Merkmalen wie Baumgruppen, Telefon- oder Elektromasten, Wegen usw., um sich eine Orientierung zu verschaffen. Sie können auch einfach die vorhandenen Flurkarten ausschnittsweise vergrößern und den Versuchsplan dort von Hand einzeichnen. Zeichnen Sie, wie in den oben aufgeführten Beispielen gezeigt, die Versuchsanlage mit genauer Beschriftung der Varianten in den Plan ein. Der Versuchsplan ist die Vorlage für die Anlage des Versuchs im Feld. Sollte sich bei der Anlage etwas ändern, notieren Sie es unbedingt sofort im Plan.

Tipp:

Zum Entwerfen des Versuchsplanes steht ein menügeführter 'online-Leitfaden' im Internet unter www.praxisversuche.de zur Verfügung. Dieser erleichtert die Arbeit und unterstützt Sie durch gezielte Abfragen, Beispiele und andere Hilfen.

Dritter Schritt: Auswahl der Versuchsfläche

Grundsätzliches

Der Versuch betrachtet einen Ausschnitt des Betriebes, soll aber möglichst ein für den ganzen Betrieb oder gar für den Standort gültiges Ergebnis liefern. Das heißt, die Versuchsfläche ist als Stichprobe eines Standortes zu betrachten. Um übertragbare Ergebnisse zu erhalten, sollte die Versuchsfläche also typisch (repräsentativ) für den Betrieb oder Standort sein und möglichst einheitliche Voraussetzungen bieten.



Das Bild zeigt eine ideale Versuchsfläche (1). Die Nähe des Hofes (2) zum Versuchsfeld erleichtert regelmäßige Arbeiten und Kontrollen am Versuch. Unterschiedliche Bodenzustände sind deutlich an dem ehemaligen Feldweg oben rechts (3) zu erkennen; solche Bereiche sind als Versuchsfläche ungeeignet. Wechselnde Bodenqualitäten, Fahrspuren oder Vorgewende haben einen Einfluss auf die Wachstumsbedingungen (4) und können zu großen Versuchsfehlern führen.

Lage und Beschaffenheit der Versuchsfläche

Es ist wichtig, dass Sie möglichst gleichmäßige (homogene) Flächen auswählen, damit alle Versuchspartzellen auf annähernd gleiche Bodenqualitäten treffen. Hierbei ist es hilfreich, die „Geschichte“ des Ackers zu kennen: Führten früher Feldwege durch die Fläche, gibt es besonders feuchte oder trockene Stellen usw.? Oftmals lassen sich solche Problemzonen schon mit dem bloßen Auge als Verfärbungen auf dem Acker erkennen. Auch die Bestandsentwicklung in den letzten Jahren sowie ggf. Aufzeichnungen aus einer Ackerschlagkartei, Informationen aus Bodenkartierungen und zurückliegenden Bodenuntersuchungen können entscheidende Hinweise liefern. Wichtig ist auch, die Vorfrüchte auf dem betreffenden Schlag rückblickend für die letzten Jahre zu kennen (Fruchtfolge!) und sie gegebenenfalls bei der Auswahl der Versuchsfläche zu berücksichtigen.

Vierter Schritt: Anlegen des Versuchs

a. Lage im Feld

Wenn eine geeignete Fläche für den Versuch gefunden ist, geht es darum, den Versuch möglichst günstig im Feld zu platzieren. Dabei sollten die folgenden Hinweise beachtet werden:

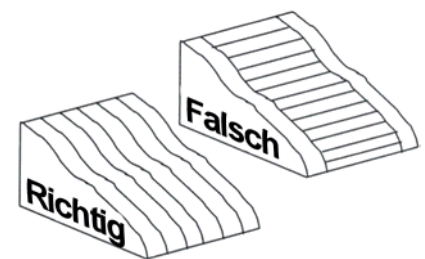
Legen Sie die Versuchsparzellen in deutlichem Abstand von Vorgewenden, Feldwegen und Feldgrenzen an, indem Sie die Versuchsflächen großzügig ins Feld einrücken, bzw. die kritischen Bereiche nicht für Beprobung oder Bonitur nutzen.

In Hanglagen sollten immer die Flächen mit der geringsten Neigung bevorzugt werden. Unterschiede z. B. in der Bodenfeuchte können das Versuchsergebnis erheblich verfälschen. Meiden Sie möglichst Kiesadern, nasse Stellen, Fluss- und Bachnähe, Senken und Schatten von Bäumen innerhalb oder in der Nähe der Versuchsflächen.

Der Versuch sollte so auf dem Acker angelegt werden, dass er jederzeit leicht zugänglich ist, insbesondere auch bei schlechten Bodenverhältnissen zum Zeitpunkt der Beprobung bzw. Bonitur.

b. Anlagerichtung

Der Verlauf der Pflanz- bzw. Drillreihen im Versuch folgt in der Regel jenen auf der Restfläche. Sollten Unterschiede im Boden oder eine für den Versuch ungünstige Hangneigung eine andere Anlagerichtung ratsam erscheinen lassen, ist zu überlegen, ob für das ganze Feld oder einen Teil des Feldes die Pflanz- bzw. Drillrichtung geändert werden kann (Abbildung 9a und b). Wo dies nicht möglich ist, muss die Zahl der Wiederholungen erhöht (z. B. von vier auf sechs) oder eine besser geeignete Fläche ausgewählt werden.



Versuchsanlage am Hang

Wenn die Bodenunterschiede keine eindeutige Richtung erkennen lassen, dann können die Hauptwindrichtung, die Himmelsrichtung (Sonneneinstrahlung), die Geländegestaltung (Hangrichtung, Kuppen) und andere Faktoren, von denen gleichgerichtete Einflüsse ausgehen (z. B. Variationen in der Bodenfeuchte) für die Versuchsanlage bestimmend sein. Inwieweit man die Versuchsanordnung nach diesen Kriterien ausrichtet, sollte davon abhängig sein, ob der Aufwand dafür vertretbar ist. Nicht alle Schläge sind für die Veränderung der Drill- und Bearbeitungsrichtung gut geeignet.

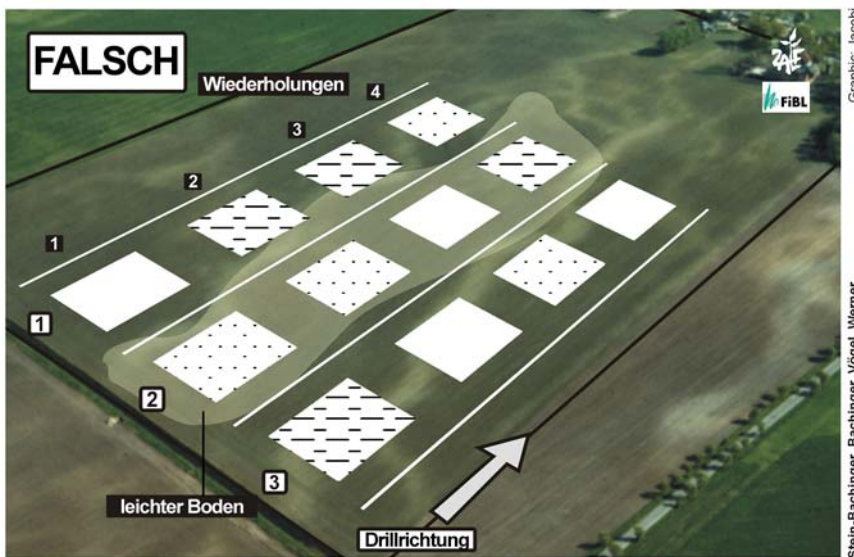
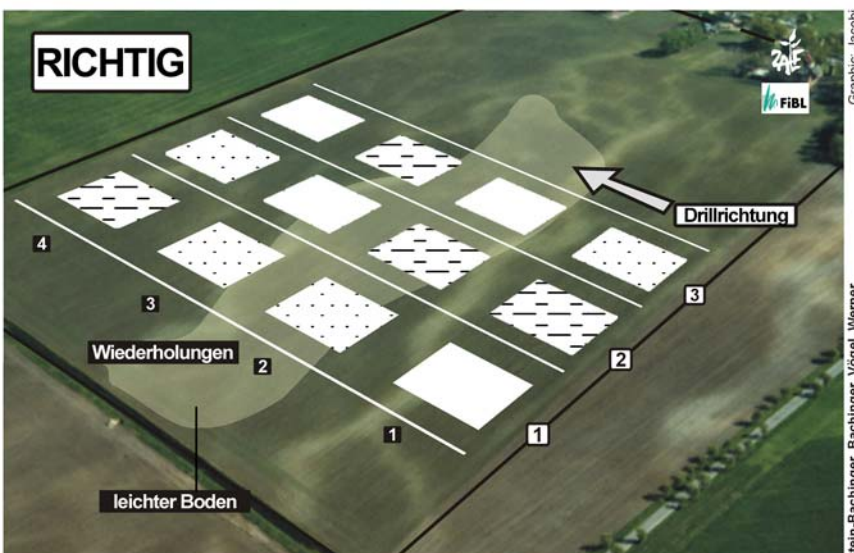


Abbildung 9(a und b):
Variieren die Bodenunterschiede stärker in eine Richtung, so sollten die Wiederholungen quer zu diesen Unterschieden angelegt werden.



c. Einmessen der Parzellen

In Abhängigkeit von der Anlage des Versuchs variiert die Vorgehensweise beim Einmessen der Parzellen. Einige allgemeine Regeln lassen sich dennoch aufstellen:

- Sie brauchen den Versuchsplan, ein langes Maßband oder besser noch ein Messrad (ggf. leihen) und Markierungsstangen. Außerdem sollte mindestens ein Eckpunkt des Versuchs als Referenz genau eingemessen werden, damit dieser im Fall verloren gegangener Markierungen sicher wieder rekonstruiert werden kann. Dazu sind Bezugspunkte (z. B. Bäume, Strommasten, Wegmarken o. Ä.) außerhalb oder innerhalb des Ackers notwendig. Die Lage dieser Punkte zueinander vom Referenzpunkt aus gesehen ist in der Skizze zu vermerken.
- Überprüfen Sie, ob der Versuchsplan alle notwendigen Angaben enthält, um den Versuch anhand dieser Maße im Feld wiederfinden und rekonstruieren zu können. (Größe der einzelnen Parzellen, Lage im Feld und Lage der Parzellen zueinander).



- Um die räumliche Anordnung der einzelnen Versuchsparzellen im Feld genau festlegen zu können, ist es hilfreich, an einer beliebigen Stelle einen rechten Winkel herzustellen. Dieser lässt sich einfach über den Satz des Pythagoras ($a^2 + b^2 = c^2$) einmessen: Bei einem Dreieck mit den Seitenlängen von drei, vier und fünf Metern ($3^2 + 4^2 = 5^2$) stehen die beiden kürzeren Seiten in einem Winkel von 90° zueinander. Das Dreieck wird so angelegt, dass die beiden kurzen Seiten zwei Außenkanten einer Versuchsparzelle bilden (siehe Abbildung 10).

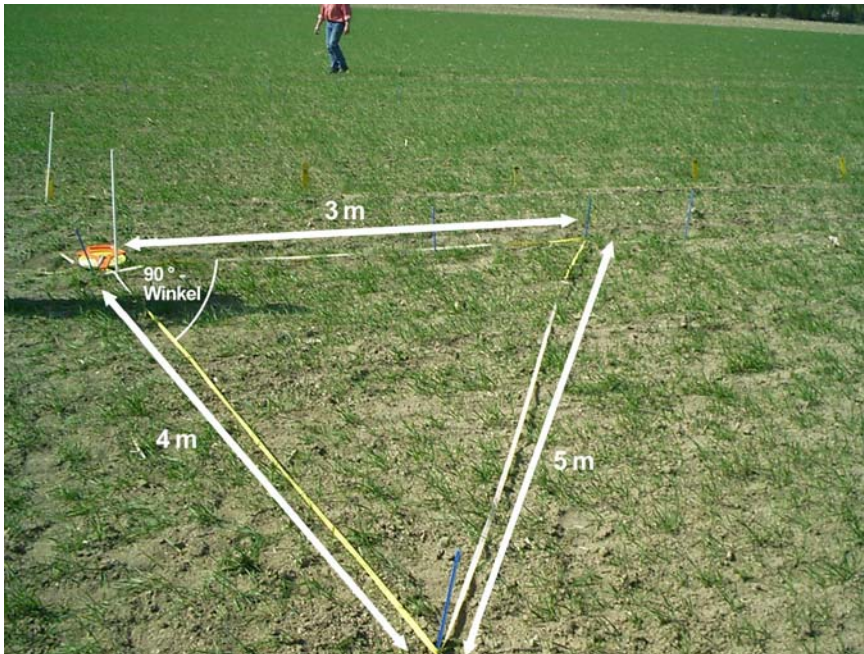


Abbildung 10:
Einmessen eines rechten Winkels.

d. Markierung der Versuchsflächen

Manche Landwirte verbringen einen wesentlichen Teil der für Versuche bereitgestellten Zeit damit, ihre Versuchsflächen wiederzufinden. Vermeiden Sie dies durch sorgfältiges Markieren Ihrer Versuchsflächen direkt beim Anlegen. Auch wenn z. B. im Herbst die Unterschiede zwischen zwei Versuchsvarianten noch stark ins Auge fallen, muss das im Frühjahr nicht mehr so sein.

Hierzu einige Tipps:

- Die Markierungsstangen müssen stabil und haltbar sein, das Material ist eher nebensächlich.
- Bei Naturmaterialien (z. B. Bambus) ist darauf zu achten, dass die Stangen stark genug sind, damit sie nicht über Winter abfaulen. Der Durchmesser sollte mindestens 12 bis 15 mm betragen.
- Achten Sie darauf, dass die Stangen auch aus größerer Entfernung gut zu sehen sind. Dafür müssen die Stangen hoch genug sein, also mindestens 50 cm über den ausgewachsenen Bestand reichen. Außerdem empfehlen wir, der besseren Sichtbarkeit wegen am oberen Ende der Markierungsstange ein farbiges Stück Stoff oder Ähnliches anzubringen. Gut sichtbar sind auch farbig bemalte oder besprühte Stangen.



Verankerung von Markierungsstangen.

- Die Stangen müssen fest im Boden verankert sein. Kaninchen und Wildschweine lieben es, um die Markierungsstäbe herum zu graben und zu wühlen. Anderes Hochwild reibt sich an den Stangen, um Duftmarkierungen zu hinterlassen. Wenn Versuche auf Flächen vorgesehen sind, auf denen Wildschäden vorkommen, sollte darauf geachtet werden, die Markierungen mit einem zulässigen Verbrämungsmittel besonders zu schützen.
- Umgang mit Markierungsstangen während der Pflegearbeiten: Die Stangen beim Striegeln oder bei anderen Arbeiten mit großen Geräten herauszuziehen und wieder einzustecken, ist eine sehr lästige Sache. Es gibt zwei Möglichkeiten, dies zu umgehen: Entweder man verwendet erst kurze Stangen, die so im Boden verankert werden, dass sie bei Feldarbeiten nicht behindern und nimmt später höhere Stangen. Oder man verwendet flexible Kunststoffstäbe, die sich selbst bei Längen von 1,5 m problemlos umbiegen und wieder aufrichten. Der Preis dieser Stangen ist allerdings höher und sie müssen vor der Ernte unbedingt entfernt werden.
- Daran denken: Vor der Ernte ggf. die Markierungsstangen entfernen!



Bambusstangen in einem Triticale-Acker. Durch das farbige Markierungsband sind die Markierungen gut erkennbar.



*Abbildung 11:
Einmessen der Parzellenbreite bei einer Streifenanlage.*

Fünfter Schritt: Versuchsdurchführung

So vielfältig wie die denkbaren Versuche sind auch die möglichen Kulturmaßnahmen, die auf den Versuchsflächen durchgeführt beziehungsweise geprüft werden. Allgemeine Regeln für die Versuchsdurchführung lassen sich abgesehen von der Aufforderung zum gründlichen Dokumentieren der Arbeitsschritte und zum umsichtigen, exakten Arbeiten nicht aufstellen. Ein Grundsatz ist jedoch unbedingt zu beachten: Die **Gleichheitsregel**! Sie besagt, dass grundsätzlich (Ausnahmen siehe unten) alle Versuchsflächen genau gleich behandelt werden müssen. Nur die Behandlung, deren Auswirkungen untersucht werden sollen, darf sich unterscheiden.

Hierzu ein Beispiel: Für die Beantwortung der Frage, ob sich ein neues Pflanzenstärkungsmittel günstig auf den Grauschimmelbefall bei Erdbeeren auswirkt, wird ein Versuch angelegt. Die Erdbeeren werden über die gesamte Versuchsfläche gleich behandelt. Auf einer Hälfte der Versuchsparzellen kommt das zu prüfende Mittel zum Einsatz, auf der anderen nicht. Weitere Unterschiede werden nicht gemacht, sie würden das Versuchsergebnis verfälschen. Mit Hilfe einer relativen Skala (siehe Anhang) lässt sich dann der Pilzbefall beurteilen.

Die Gleichheitsregel ist wichtig: Ihre Anwendung hat jedoch eine beachtenswerte Ausnahme: Wenn unterschiedliche Anbauverfahren miteinander verglichen werden sollen, muss in den Punkten, in denen sich die Verfahren maßnahmenbedingt unterscheiden, von der Regel abgewichen werden. Folgendes Beispiel macht dies deutlich: Ein Landwirt will wissen, ob sich eine frühere Roggenaussaat günstig auf den Ertrag auswirkt. Er sät also in seinem Versuch Roggen in einem Abstand von 14 Tagen aus. Nach der Gleichheitsregel müsste er die beiden Varianten identisch behandeln. Er folgt aber der richtigen landwirtschaftlichen Praxis und wählt für die spätere Variante eine höhere Saatstärke und striegelt beide Varianten zu dem für sie jeweils günstigsten Zeitpunkt. Da die Verfahren miteinander verglichen werden sollen, kommt es gerade darauf an, beide jeweils optimal angepasst auszuführen und auf diese Weise der Gleichheitsregel zu folgen. Die Unterschiede, die sich ab Drillzeitpunkt zeigen (z. B. Verunkrautung, Nährstoffverluste durch Auswaschung) gehen zusammen mit den Erträgen in die Bewertung ein.

Gleichheitsregel:

Alle Versuchsflächen müssen gleich behandelt werden. Nur die Behandlung, deren Auswirkungen untersucht werden sollen, darf sich unterscheiden.

Sechster Schritt: Datenerhebung

a. Grundlegende Daten

In jedem Versuch sollten einige Daten standardmäßig erhoben werden. Dies hat den Zweck, sich im Nachhinein genaue Kenntnis über Versuchsstandort und -bedingungen zu verschaffen sowie wertvolle Hinweise für die Auswertung und Interpretation zu erhalten. Soweit die Angaben und Daten nicht bekannt sind, können diese in der Regel einfach beschafft werden. Tabelle 3 listet die wichtigsten grundlegenden Angaben und Daten auf und gibt Vorschläge sowie Beispiele für die Beschaffung.

Basisdaten	Beschaffung
Boden	
Bodenart	i. d. R. bekannt, sonst über die Karten der Reichsbodenschätzung (Landwirtschaftsämter- und kammern)
Bodenpunkte	siehe Bodenart
Nährstoffgehalt des Bodens	Bodenanalyse der letzten Jahre, sonst neue Probenahme und Versendung an Analysenlabor (LUFA o. a.)
Oberflächenform	Kupiert, eben usw. nach Augenschein
Lage zur Sonne	Südhang, Nordhang usw. nach Augenschein
Klima / Wetter	
Langjähriges Klimamittel	Örtliche / eigene Wetterstation oder Landwirtschaftsämter
Temperatur	Minimale / maximale Temperatur, Tagesmittel; eigene Messungen oder über örtliche Wetterstation
Niederschlag	Bevorzugt eigene Messungen auf den Versuchsflächen oder in direkter Nähe
Besondere Wetterereignisse (insbes. Starkregen u. a. Extreme)	Eigene Beobachtungen gesondert vermerken

*Tabelle 3:
Basisdaten und Möglichkeiten der
Beschaffung.*

*Weblink Deutscher Wetterdienst:
<http://www.dwd.de> unter Wetter und
Klima*

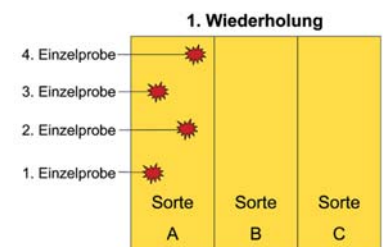
b. Datenerhebungen in der Kultur

Die meisten Beobachtungen und Erhebungen können ohne aufwändige Ausrüstung durchgeführt werden. Häufig kommt es nicht darauf an, die absoluten Zahlenwerte der Unterschiede zwischen den Varianten zu erfassen, sondern diese im Verhältnis zueinander zu bewerten.

Beispiel: Für einen Landwirt ist in einem Sortenvergleich entscheidend, wie die Krankheitsanfälligkeit einer Sorte gegenüber einer anderen auf seinem Standort ausfällt. Dazu wird die Ausprägung eines Merkmals (z. B. Anteil von einer Krankheit befallener Blätter) auf einer Notenskala von 1 bis 9 eingeordnet; 1 steht für keinen bzw. sehr geringen Befall und 9 für sehr hohen; mittlerer Befall erhält die Note 5. Sollen Bonituren zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen und die Entwicklung des betreffenden Merkmals im Zeitablauf aufgezeichnet werden, muss dies bei der Vergabe von Boniturnoten berücksichtigt und die Möglichkeit von zukünftigen Zunahmen der Merkmalsausprägung einkalkuliert werden.

Mit etwas Übung werden Sie dieses Verfahren schnell und sicher anwenden. Zur Orientierung suchen Sie sich im Beispiel des Krankheitsbefalls zunächst eine Pflanze oder ein Teilstück ohne bzw. mit sehr geringem Befall (erhält die Note 1), anschließend eine Pflanze oder Stelle mit dem zu diesem Zeitpunkt stärksten Befall (erhält die für diesen Boniturzeitpunkt höchste Note). Im Vergleich zu der gefundenen Minimal- und Maximalausprägung vergeben Sie die weiteren Boniturnoten. Wenn Sie dies zwei-, dreimal wiederholen, haben Sie bereits ein gutes Empfinden und können die Bonitierung schnell und ohne viel Nachdenken aus dem Gefühl heraus vornehmen. Solche Boniturerhebungen können entweder auf ganze Versuchspartzellen, auf Teilstücke oder auf Einzelpflanzen einer Versuchspartzelle angewendet werden. Hierzu zwei Beispiele:

- **Teilstück-Bonitur:** Verschiedene Weizensorten sollen auf ihre Standfestigkeit/Lagerneigung untersucht werden. Die Parzelle mit dem stärksten Lager erhält die höchste Note, die mit dem geringsten Lager die niedrigste bzw., wenn das Lager sehr gering oder nicht vorhanden ist, die Note 1. Anschließend werden die übrigen Parzellen entsprechend der jeweils vorgefundenen Ausprägung eingestuft.
- **Einzelpflanzen-Bonitur:** Für die Beurteilung des Blattlausbefalls bei Kohlrabi werden an 3 - 5 Stellen pro Parzelle mehrere Einzelpflanzen auf ihren Blattlausbefall untersucht und entsprechend der Skala von 1 - 9 eingestuft. Die Einzelergebnisse je Variante werden aufgezeichnet und später gemittelt. Für die Bonitur sucht man sich wiederum zunächst die am stärksten und am wenigsten bzw. nicht befallenen Pflanzen und vergibt entsprechend die höchste bzw. die geringste Boniturnote.



An zufällig ausgewählten Stellen einer Variante wird die Bonitur an einer Pflanze bzw. einigen Pflanzen durchgeführt. Die gefundenen Boniturnote werden zu einem Durchschnittswert zusammengefasst.

Weitere Tipps für die Bonitur

- Die Beobachtungen sind in ihrem Ergebnis abhängig von demjenigen, der sie durchführt. Deshalb ist es wichtig, dass die Bonituren immer von derselben Person durchgeführt werden.
- Wiederholte Messungen und Zählungen (z. B. zu verschiedenen Wachstumsstadien) sind immer an derselben Stelle des Versuchs durchzuführen. Markieren Sie diesen Punkt im Feld und in Ihrem Versuchsplan.
- Die Untersuchung eines Merkmals sollte in allen Versuchspartzellen am gleichen Tag und möglichst zeitnah durchgeführt werden, d. h. nicht die eine Hälfte der Partzellen morgens, die andere abends (unterschiedliche Lichtverhältnisse, Blattstellung usw.).
- Nicht gegen die Sonne bonitieren – optimal ist Seitenlicht.
- Randpflanzen und Lückennachbarn sind generell von der Bonitierung auszuschließen.
- Alle Aufzeichnungen von Beobachtungen müssen mit Datum und Partzellenkennzeichnung versehen werden.
- Hilfreich sind u. a. auch Fotos zu den Boniturerhebungen
- Der genaue Zeitpunkt der Bonitur (Datum, Tageszeit) sollte immer vermerkt werden. Viele Beobachtungen geben erst zusammen mit dem Zeitpunkt ihrer Erfassung einen Sinn (z. B. Beginn der Verunkrautung).

- Die Anwendung der Boniturnotenskala bei den einzelnen Bonituren ist zu dokumentieren. Generell wird die Note 9 für eine sehr hohe Ausprägung des zu untersuchenden Merkmals und die Note 1 für eine sehr niedrige Merkmalsausprägung vergeben. Zum Beispiel erhält bei einer Überprüfung der Standfestigkeit von Weizen die Variante mit der geringsten Lageneigung die höchste Note. Es kann jedoch auch die Lagerneigung ermittelt werden; in diesem Fall wird die stärkste Ausprägung des Lagers mit der höchsten Boniturnote versehen. Wichtig ist, dass Sie auch später nachvollziehen können, wie Sie das Boniturschema angewendet haben.
- Die oben erwähnte neunstufige Boniturnotenskala kann bei Bedarf angepasst werden. Je nach Bonitierungsgegenstand kann auch eine weniger stark abgestufte Skala (z. B. fünfstufig) für den Zweck ausreichend sein.
- Die Höhe des Aufwuchses lässt sich einfach mit einem Zollstock messen. Bei uneinheitlichen Beständen richtet man sich nach einer dem Augenschein nach gemittelten Höhe oder bildet aus mehreren Einzelwerten einen Durchschnittswert.
- Die Erfassung des Wachstumsstadiums nach BBCH-Skala ist für die Vergleichbarkeit der eigenen mit anderen Versuchen oder mit den Ergebnissen aus Folgejahren wichtig. Insbesondere für Getreide ist diese Skala recht einfach zu beherrschen und einzusetzen. Ein Dokument mit den kompletten BBCH-Stadien aller wichtigen Kulturpflanzen und Unkräuter finden Sie im Internet unter: <http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbchdeu.pdf>.

BBCH ist ein weltweit benutzter Code für die Entwicklungsstadien von Kulturpflanzen. Entwickelt von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, dem **Bundessortenamt** und der **Chemischen Industrie**.

BBCH-Stadien aller wichtigen Kulturpflanzen und Unkräuter finden Sie im Internet unter: <http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbchdeu.pdf>.

Erhebungen zur Verunkrautung

Prinzipiell kann man zwischen zwei Methoden zur Bestimmung der Verunkrautung unterscheiden:

- Auszählen der Unkrautpflanzen
- Bestimmung des Deckungsgrades

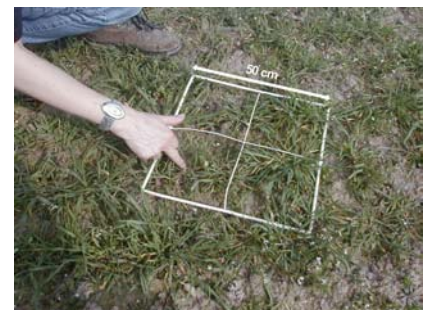
Das Auszählen von einzelnen Pflanzen ist besonders bei der Regulierung von Problemunkräutern (Beispiel Ackerkratzdistel) oder bei der Beurteilung des Kulturpflanzenbestandes interessant (Beispiel: Zählung der mit Mehltau befallenen Pflanzen auf 0,1 m²).

Um die Bonitur auf Verunkrautung möglichst einfach und dennoch mit ausreichender Genauigkeit durchführen zu können, ist eine Schätzung des Deckungsgrades geeignet. Auch hier ist das Arbeiten mit einer relativen Skala sinnvoll. Zur Beurteilung der Verunkrautung werden die am stärksten verunkrauteten (höchste Note) und unkrautärmsten Stellen (kleinste Note) zuerst betrachtet. Danach werden die einzelnen Versuchspartzen entsprechend ihrer Verunkrautung bonitiert.

Für genauere Untersuchungen bieten sich die im Anhang aufgelisteten Boniturmethode an.

Feldaufgang

Der Feldaufgang lässt sich durch einfaches Auszählen der Pflanzen ermitteln. Dafür wird entlang der Drillreihen an mindestens drei Stellen pro Versuchspartze die Zahl der aufgelaufenen Kulturpflanzen auf einem Meter Länge gezählt.



Auszählen mit dem Göttinger Zähl- und Schätzrahmen.

Achtung: Je weiter fortgeschritten die Pflanzenentwicklung ist, desto langwieriger und komplizierter wird das Zählen. Ideal ist es, z. B. bei Getreide im Zweiblatt-Stadium (BBCH 12) zu zählen. Pflanzenzahlen bereits bestockter Bestände lassen sich nur noch durch Ausgraben der Pflanzen mit Wurzel und anschließendes Zählen korrekt ermitteln - keine Arbeit, mit der man als Landwirt seine Abende verbringen möchte. Deswegen raten wir dazu, die Pflanzen in frühen Entwicklungsstadien auszuzählen.



Auszählen des Feldaufganges.

Ertragsmessungen

Der Ertrag repräsentiert mit den wichtigsten Anhaltspunkt für den wirtschaftlichen Erfolg einer Maßnahme und ist deshalb diejenige Größe, die bei vielen Versuchen im eigenen Betrieb im Mittelpunkt des Interesses steht. Für die Ertragsmessung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die mit ihren Vor- und Nachteilen in Tabelle 4 wiedergegeben werden.

Erntemethode	Vorteile	Nachteile
Handernte	einfache Methode	zeitaufwändig
stationäre Waage	gute Verfügbarkeit	hoher Fahrtaufwand
mobile Achslastwaage	kurze Wege	etwas kompliziert in Aufbau und Gebrauch
Mähdrescher mit Durchflusswaage	misst direkt im Fahrbetrieb, die Ergebnisse sind sofort verfügbar	erfordert i. d. R. Kooperation mit Lohnunternehmer (Kosten)
Parzellen-Mähdrescher	genaue Messung	muss meist ausgeliehen werden; schlecht verfügbar

Tabelle 4:
Möglichkeiten der Ertragsmessung mit ihren Vor- und Nachteilen.

Probennahmen für Analysen

Wer Analysen durch externe Labore durchführen lassen will (z. B. Proteingehalt, Fallzahlen bei Getreide- oder Bodenproben), sollte sich schon rechtzeitig vor den Probennahmen mit dem Analyselabor seiner Wahl in Verbindung setzen. Hier erhält man Hinweise zu Kosten, Probennahme und richtigen Probenbeschaffenheit (Mindestmenge, Feuchtegehalt, Art der Lagerung usw.).

Die Beschriftung der Proben ist entscheidend: Um Flüchtigkeitsfehler und Verwechslung zu vermeiden, sind die Tüten mit den Proben von außen zu beschriften und zusätzlich muss ein Zettel mit den gleichen Angaben in die Probentüte gegeben werden. Die Art der Beschriftung muss im Versuchsprotokoll vermerkt werden (Zuordnung Parzelle / Probennummer beachten), um eine exakte Dokumentation zu gewährleisten.

Siebenter Schritt: Datenauswertung und Ergebnisinterpretation

Versuche im eigenen Betrieb sollen dazu dienen, Verfahrensänderungen oder neue Verfahren mit möglichst geringem wirtschaftlichem Risiko in den Betrieb einzuführen. Dies wird erreicht, indem Verfahrensänderungen oder –anpassungen zunächst „im Kleinen“ getestet werden, bevor sie auf der gesamten Fläche zur Anwendung kommen. Damit verbunden ist jedoch die Gefahr, dass sich die „im Kleinen“ gefundenen Ergebnisse bei der Übertragung auf den gesamten Betrieb oder Standort als nicht richtig erweisen können. Um diese Gefahr zu verringern, ist es wichtig, dass sich gegebenenfalls vorhandene Behandlungseffekte durch die Versuche darstellen lassen und andere zufällige Effekte, die nicht der Behandlung zuzuordnen sind, so gering wie möglich gehalten werden. Im Versuchswesen bezeichnet man alle Effekte, die nicht von der zu prüfenden Behandlung rühren, als Versuchsfehler. Der Versuchsfehler ist zwar nicht gänzlich auszuschalten, aber erheblich reduzierbar (vgl. Schritt 3 bis 5).

Unter einem **Versuchsfehler** versteht man alle Einflüsse, die zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen können wie z. B. unterschiedliche Bodenqualitäten, inhomogene Bodenzustände, aber auch ungenaue Datenerhebung usw.

Bei der Verrechnung der im Experiment gewonnenen Messwerte eröffnen sich durch statistische Verfahren Möglichkeiten, Behandlungseffekte vom Versuchsfehler zu trennen. Diese Verfahren setzen allerdings einige Vorkenntnisse in Statistik voraus und sind i. d. R. zu komplex, um sie in der landwirtschaftlichen Praxis hinreichend sicher anzuwenden. Mit Hilfe einiger einfacher Rechnungen lassen sich jedoch zweckmäßige Darstellungen der Versuchsergebnisse vornehmen. Auf solche einfach durchzuführenden Rechnungen konzentrieren sich die folgenden Ausführungen.

Mittelwert

Bei der Verrechnung von Ergebnissen aus Praxisversuchen geht es überwiegend darum, Durchschnittswerte aus mehreren Wiederholungen von Behandlungsvarianten und Kontrolle zu vergleichen. Der Durchschnitt aus den Messwerten der Wiederholungen wird in der Statistik **Mittelwert** ($\bar{x}$, sprich x quer) oder arithmetisches Mittel genannt. Er wird gebildet aus der Summe aller Messwerte geteilt durch die **Anzahl der Messwerte (n)**.

n = Anzahl der Messwerte

$$\bar{x} = \frac{\text{Summe der Messwerte}}{\text{Anzahl der Messwerte}}$$

$\bar{x}$ = Mittelwert

Beispiel:

Für eine Versuchsvariante wurden auf den einzelnen vier Parzellen folgende Erträge gemessen: 44 dt, 47 dt, 51 dt, 50 dt. Entsprechend ergibt sich der Mittelwert zu:

$$\bar{x} = \frac{44 + 47 + 51 + 50}{4} = 48 \text{ dt}$$

Standardabweichung

Der gleiche Mittelwert kann sich jedoch aus vollkommen verschiedenen Einzelwerten zusammensetzen: Aus welchen Werten sich der Mittelwert zusammengesetzt hat, ist im Nachhinein nicht mehr erkennbar. So ergeben z. B. die Zahlenreihen 44, 47, 51, 50 (Variante A), aber auch 39, 47, 50, 56 (Variante B) den gleichen Mittelwert von 48. Es liegt auf der Hand, dass die Zahlen der zweiten Reihe viel weiter auseinander liegen als die der ersten; die **Streuung** der Messwerte ist größer. Für die zuverlässige Beurteilung von Feldversuchsergebnissen ist deshalb der Mittelwert allein nicht aussagekräftig. Vielmehr muss der errechnete Mittelwert in Zusammenhang mit der Streuung der Messwerte gesehen werden. Ein Maß für die Streuung ist die **Standardabweichung (s)**.

$$s = \sqrt{\frac{s^2}{(n-1)}}$$

Unter **Streuung** versteht man die Verteilung der Einzelwerte um einen Mittelwert.

s = Standardabweichung

Zur Errechnung der Standardabweichung wird von den einzelnen Messwerten jeweils der Mittelwert abgezogen (vgl. Kasten unten). Die Differenzen, die man dabei erhält, werden einzeln mit sich selbst multipliziert (quadriert) und dann zusammengezählt. Durch die Quadrierung wird verhindert, dass sich negative und positive Werte gegenseitig aufheben. Die Quadratsumme wird durch die Zahl der Versuchsergebnisse vermindert um 1 geteilt. Die Verminderung um 1 ist notwendig, weil nur eine Stichprobe und nicht die Gesamtheit aller Pflanzen in die Auswertung eingeht. Wird aus dem Ergebnis die Wurzel gezogen, erhält man die Standardabweichung. Sie stellt die durchschnittliche Abweichung der Messwerte vom Mittelwert dar. Je größer die Standardabweichung ist, umso stärker streuen die Messwerte um den Mittelwert. Die Standardabweichung für unser obiges Ertragsbeispiel mit dem Mittelwert 48 dt, aber unterschiedlich streuenden Einzelwerten wäre entsprechend:

Variante A	Variante B
$(44 - 48)^2 = -4^2 = -4 \times -4 = 16$	$(39 - 48)^2 = -9^2 = -9 \times -9 = 81$
$(47 - 48)^2 = -1^2 = -1 \times -1 = 1$	$(47 - 48)^2 = -1^2 = -1 \times -1 = 1$
$(51 - 48)^2 = 3^2 = 3 \times 3 = 9$	$(50 - 48)^2 = 2^2 = 2 \times 2 = 4$
$(50 - 48)^2 = 2^2 = 2 \times 2 = 4$	$(56 - 48)^2 = 8^2 = 8 \times 8 = 64$
$s^2 = 30$	$s^2 = 150$
$30 / (4 - 1) = 10$	$150 / (4 - 1) = 50$
$s = \sqrt{10} = 3,2$	$s = \sqrt{50} = 7,1$

Die errechneten Standardabweichungen geben an, dass im Durchschnitt die Messwerte um 3,2 dt bzw. 7,1 dt vom Mittelwert 48 dt abweichen.

Obwohl die Standardabweichung in der Statistik das wichtigste Streuungsmaß ist, hat sie für sich allein genommen folgenden Nachteil: Es ist nicht direkt aus der Standardabweichung abzuleiten, wie groß sie im Vergleich (relativ) zum Mittelwert ist.

Es leuchtet ein, dass z. B. eine Standardabweichung von 5 dt bei einem Ertragsmittelwert von 30 dt eine größere Streuung bezogen auf den Mittelwert darstellt als bei einem Ertragsmittelwert von 50 dt. Die Kenntnis des Verhältnisses zwischen Standardabweichung und Mittelwert ist vor allem dann wichtig, wenn man die Streuung verschiedener Stichproben (z. B. Behandlungsvarianten und Kontrolle) miteinander vergleicht. Hierbei bewährt sich die Berechnung des **Variationskoeffizienten (VC)**. Er liefert die Streuung der Einzelwerte als Prozentanteil vom Mittelwert. Die Formel für die Berechnung des Variationskoeffizienten lautet:

$$VC = \frac{\text{Standardabweichung} \times 100 \%}{\text{Mittelwert}}$$

VC = Variationskoeffizient

Für unsere Beispiele folgt damit:

Variante A	Variante B
$VC = \frac{3,2 \times 100 \%}{48} = 6,6 \%$	$VC = \frac{7,1 \times 100 \%}{48} = 14,8 \%$

Anhand der Ergebnisse von 6,6 % bzw. 14,8 % lässt sich erkennen, dass die relative Streuung der Messwerte um den Mittelwert im zweiten Beispiel wesentlich größer ist als im ersten. Die starke relative Streuung von 14,8 % wäre ein Hinweis auf einen zu großen Versuchsfehler.

Zur Verdeutlichung der Vorgehensweise und als Hilfe für die Bewertung der Ergebnisse hier noch zwei Beispiele:

Beispiel 1:

Öko-Landwirt Meier hat einen Praxisversuch zum Test einer neuen Winterweizensorte angelegt. Er hat einen Acker ausgesucht mit für seinen Betrieb typischer Bodenqualität. Er kennt diesen Acker gut und weiß, dass er einheitliche Bodenverhältnisse aufweist. Deshalb legte er empfehlungsgemäß ein Experiment mit dem Prüffaktor ‚Sorten‘ in zwei Faktorstufen (neue Sorte, Kontrolle (=betriebsübliche Sorte)) in vier Wiederholungen an. Die Ertragswerte, die er bei der Ernte festgestellt hat, trägt er in eine Tabelle ein und stellt die vorgeschlagenen Berechnungen an.

Wiederholungen	1	2	3	4	$\bar{x}$	s	VC
Kontrolle (Standardsorte)	47 dt	46 dt	51 dt	48 dt	48 dt	2,2 dt	4,5 %
neue Sorte	51 dt	52 dt	55 dt	54 dt	53 dt	1,8 dt	3,4 %

Hieran kann er ablesen, dass die neue Sorte hinsichtlich des Ertrags der betriebsüblichen Sorte im Mittel um 5 dt überlegen ist. Standardabweichung und Variationskoeffizient zeigen an, dass die Streuung der Messwerte innerhalb der einzelnen Varianten im Durchschnitt mit unter 2,2 dt bzw. unter 5 % gering ist und deutlich unter dem Ertragsabstand der beiden Sorten von 5 dt liegt. Bauer Meier schließt aus der geringen Streuung der Messwerte, dass der Versuchsfehler gering war und dass die ertragliche Überlegenheit der neuen Sorte sich auch auf seinen anderen Flächen zeigen wird.

Beispiel 2:

Öko-Landwirt Huber hat einen Praxisversuch zum Test einer neuen Winterroggensorte angelegt. Auch er hat eine Fläche mit einer für seinen Betrieb typischen Bodenqualität. Er weiß aus der Vergangenheit, dass der Acker einige trockene und steinige Stellen hat. Aus Platzgründen legt er jedoch wie Bauer Meier nur vier Wiederholungen an. Er erhält folgende Ertragswerte und Berechnungsergebnisse:

Wiederholungen	1	2	3	4	$\bar{x}$	s	VC
Kontrolle (Standardsorte)	42 dt	45 dt	41 dt	48 dt	44 dt	3,2 dt	7,2 %
neue Sorte	46 dt	52 dt	40 dt	50 dt	47 dt	5,3 dt	11,3 %

Landwirt Huber sieht auf den ersten Blick, dass die Streuung der Messwerte im Vergleich zum Mittelwert mit mehr als 11 % (VC = 11,3 %) recht hoch ist: Während der Ertragsabstand der neuen von der alten Sorte im Mittel nur 3 dt beträgt, ist die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert (Standardabweichung) innerhalb der einzelnen Varianten mit 3,2 dt und 5,3 dt höher. Bauer Huber weiß aus der Datenanalyse, dass er aufgrund des relativ geringen Ertragsunterschieds zwischen beiden Sorten und der im Vergleich dazu großen Streuung der Messwerte aus seinem Experiment nicht den Schluss ziehen darf, dass die neue Sorte einen zur bisherigen Sorte höheren Ertrag bringt. Zur Reduzierung der Streuung könnte Bauer Huber entweder die Versuche auf einer Fläche anlegen, die einheitlichere Bodenqualitäten aufweist, oder die Zahl der Wiederholungen erhöhen, z. B. auf sechs.

Wie an den beiden Beispielen zu erkennen ist, bedürfen die erzielten Ergebnisse einer sorgfältigen Bewertung. Dazu gehört nicht nur das Vergleichen der Ergebnisse. Man sollte sich auch fragen, ob sich vielleicht an der einen oder anderen Stelle Fehler eingeschlichen haben. Dies kann nicht nur bei der Berechnung der einzelnen Werte, sondern auch schon bei der Anlage und Durchführung des Versuchs der Fall gewesen sein. Besondere Vorsicht bei der Interpretation ist immer dann gegeben, wenn einzelne Werte besonders stark vom Mittelwert bzw. von den anderen Werten abweichen. Starke Abweichungen weisen in der Regel auf Versuchsfehler hin. Wenn es sich bei solchen Fehlern nicht um Irrtümer beim Ausrechnen handelt, sind sie nach Abschluss des Versuchs nicht mehr zu korrigieren. Die einzige Möglichkeit, trotzdem eine aussagekräftige Auswertung zu bekommen, besteht dann darin, solche fehlerbehafteten Ergebnisse nicht bei der Auswertung zu berücksichtigen.

Hierzu ein Beispiel:

Landwirt Moser macht einen Versuch mit zwei Rotkohlsorten (=Faktorstufen), die er in jeweils fünf Wiederholungen auspflanzt. Beim maschinellen Hacken beschädigt er durch zu dichtes Hacken an den Reihen auf einer Parzelle die Kohlpflanzen. Die Pflanzen erholen sich zwar, weichen im Ertrag aber deutlich von den vier anderen Parzellen dieser Sorte ab. Herr Moser lässt die Ertragsergebnisse dieser Parzelle unberücksichtigt und hat daher für diese eine Faktorstufe vier und für die andere fünf Ergebniswerte. Er kann dann mit der Auswertung wie oben dargestellt fortfahren, sofern er die abweichende Wertezahl bei der Bildung des Mittelwerts und der Standardabweichung berücksichtigt.

Achtung: Halten Sie beim Durchführen von Versuchen stets Besonderheiten (wie hier im Beispiel: ‚zu dichtes Hacken‘) in Ihrem Versuchsprotokoll oder Versuchsplan fest.

Die Frage, welcher Ertragsunterschied bei welcher Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert ausreicht, um mit großer Sicherheit (z. B. 95 %) von einem bedeutsamen (signifikanten) Unterschied zwischen den einzelnen Varianten zu sprechen, lässt sich exakt nur mit entsprechenden Signifikantstests beantworten. Auf die Darstellung solcher Tests wird in diesem Praxisleitfaden bewusst verzichtet (siehe Kapitel Einführung und grundlegende Aspekte). Gute Anhaltspunkte dafür, ob die im Versuch ermittelten Unterschiede zwischen den Varianten bedeutsam sind, erhalten Sie, wenn Sie, wie in den vorhergehenden Beispielen dargestellt, den Unterschied der Mittelwerte zwischen den jeweiligen Varianten mit der Standardabweichung innerhalb der einzelnen Varianten vergleichen. Sind die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Varianten geringer als die Standardabweichung innerhalb der Varianten, ist dies ein Hinweis darauf, dass sich die Mittelwerte nicht bedeutsam unterscheiden. Fallen die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Varianten hingegen höher aus als die Standardabweichung innerhalb der Varianten, ist dies ein Hinweis auf einen bedeutsamen Unterschied zwischen den Varianten.

IV Anhang

Boniturrahmen

Boniturrahmen können eine erhebliche Hilfe bei der Bestimmung des Deckungsgrades sein. Es empfiehlt sich, mit zwei verschiedenen Größen von Boniturrahmen zu arbeiten: Für die Ermittlung des Deckungsgrades von Kulturpflanzen oder Unkräutern ist ein Rahmen mit einem Flächeninhalt von mindestens $0,5 \text{ m}^2$ sinnvoll. Für das Auszählen von Einzelpflanzen ist ein kleinerer Rahmen wie z. B. der sogenannte Göttinger Zähl- und Schätzrahmen mit $0,1 \text{ m}^2$ Flächeninhalt geeignet. Wenn Boniturrahmen nicht vorhanden sind, lassen sie sich aus Holzlatten oder Eisenstäben leicht selber anfertigen.

Bau eines Schätzrahmens mit $0,1 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ m}^2$) Flächeninhalt

Drei Latten / Eisenstäbe je ca. 35 cm (75 cm) so zusammenfügen, dass ein rechteckiger Rahmen mit einer inneren Seitenlänge von 31,6 cm (70,7 cm) entsteht (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12:
Ein selbstgebauter Boniturrahmen bei der Beurteilung einer Kleeegras-untersaat. Die offene Seite erleichtert das Einlegen in den Bestand.

Bonitieren des Deckungsgrades

Um den Deckungsgrad der Kulturpflanze oder der Begleitflora abzuschätzen, wird der Rahmen entweder gedanklich oder mithilfe von Markierungen in Rechtecke aufgeteilt (siehe Abbildung 12). Der so markierte Rahmen wird in die Parzellen gelegt, die durch Pflanzen (Kultur oder Unkraut) bedeckte Fläche wird gedanklich einer der Teilflächen zugeordnet. Wenn der Bestand schon etwas höher ist, lässt sich der Rahmen mit der offenen Seite gut schräg in den Aufwuchs schieben. Anhand einer solchen Boniturhilfe können Sie den Deckungsgrad durch die Kulturpflanzen bzw. durch den Unkrautbesatz in Prozent abschätzen.

Um für eine Versuchsparzelle eine gute Einschätzung des Deckungsgrades zu bekommen, ist es nötig, je nach Größe der Parzelle drei bis fünf einzelne Werte zu erheben. Dabei müssen die einzelnen Boniturstellen zufällig in der Versuchsparzelle verteilt werden, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

Boniturstellen der Einzelproben mit Stangen markieren!

Es ist gerade bei mehreren aufeinander folgenden Bonituren wichtig, immer an den gleichen Stellen den Deckungsgrad zu erheben, um eine zeitliche Entwicklung des Bestandes beobachten zu können. Deshalb

sollen die einzelnen Boniturstellen mit Markierungsstangen gekennzeichnet und in die Versuchsskizze eingetragen werden.

Der durchschnittliche Deckungsgrad in einer Parzelle ergibt sich aus der Summe aller Deckungsgrade in Prozent geteilt durch die Zahl der erhobenen Werte.

$$\text{durchschnittl. Deckungsgrad} = \frac{\sum \text{aller Deckungsgrade in \%}}{\text{Zahl der erhobenen Werte}}$$

Auszählen von Einzelpflanzen

Das Auszählen von einzelnen Pflanzen ist besonders bei der Regulierung von Problemunkräutern (Beispiel: Ackerkratzdistel) oder bei der Beurteilung des Kulturpflanzenbestandes interessant (Beispiel: Zählung der mit Mehltau befallenen Pflanzen auf 0,1m²).

Zum Auszählen wird der Boniturrahmen ähnlich wie bei der Ermittlung des Deckungsgrades ca. drei- bis fünfmal pro Parzelle auf den Boden gelegt. Die von dem Boniturrahmen umschlossenen Pflanzen werden gezählt. Bitte beachten Sie, dass sich die meisten Getreidearten nach dem Bestocken mit dieser Methode nicht mehr gut bonitieren lassen. Deswegen eignet sich hierfür die Bonitur des Deckungsgrades (s. o.) Soll die Bonitur zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt werden, sind die Boniturstellen innerhalb der Parzellen genau zu markieren.

Feldaufgang

Der Feldaufgang lässt sich durch einfaches Auszählen ermitteln. Dafür wird entlang der Drillreihen an mindestens drei Stellen pro Versuchsparzelle die Zahl der aufgelaufenen Kulturpflanzen auf einem Meter Länge gezählt. Idealer Zeitpunkt beispielsweise bei Getreide ist das Zweiblatt-Stadium (BBCH 12). Ein späteres Auszählen ist wesentlich aufwändiger.

Der Mittelwert der Pflanzenzahlen wird durch den Reihenabstand in Metern geteilt. So erhält man die Pflanzenzahl pro m² (siehe Formel 1). Die Zahl der keimfähigen Körner pro m² lässt sich aus den Werten für Aussaatmenge in kg/ha, Keimfähigkeit und Tausendkorngewicht berechnen (siehe Formel 2). Die Beträge aus Formel 1 und 2 ergeben den Feldaufgang in Prozent (siehe Formel 3).

Formeln:

$$\begin{aligned} 1 \quad \text{Pflanzen} / \text{m}^2 &= \frac{\text{Mittelwert der Zählreihen}}{\text{Abstand der Drillreihen}} \\ 2 \quad \text{keimf. Körner} / \text{m}^2 &= \frac{\text{Keimfähigkeit (\%)} \times \text{Aussaatmenge (kg/ha)}}{\text{Tausendkorngewicht (g)}} \\ 3 \quad \text{Feldaufgang (\%)} &= \frac{\text{Pflanzen} / \text{m}^2}{\text{keimf. Körner} / \text{m}^2} \times 100 \end{aligned}$$

Beispiel:

Ein Landwirt will den Feldaufgang auf einem Schlag mit Winterroggen bestimmen. Er hat mit seiner Sämaschine mit 12,5 cm Reihenabstand 97 kg/ha ausgesät. Das verwendete Saatgut hat eine Keimfähigkeit von 90 Prozent. Das TKG wurde mit 29 g ermittelt.

Auf dem Feld gezählte Werte: 28, 42 und 32 Pflanzen je Meter laufende Reihe. Gemäß obigen Formeln ergeben sich folgende Werte (gerundet):

$$\text{Mittelwert} = \frac{28 + 42 + 32}{3} = 34 \text{ Pflanzen / m}$$

$$\text{Pflanzen / m}^2 = \frac{34 \text{ Pflanzen / m}}{0,125 \text{ m}} = 272 \text{ Pflanzen / m}^2$$

$$\text{keimf. Körner / m}^2 = \frac{90 \% \times 97 \text{ kg/ha}}{29 \text{ g}} = 300 \text{ keimf. Körner / m}^2$$

$$\text{Feldaufgang (\%)} = \frac{272 \text{ Pfl./m}^2}{300 \text{ kf. Kö.}} \times 100 = 91 \%$$

Ergebnis: Der Bestand erbrachte aus 300 keimfähigen Körnern/m² 272 Pflanzen/m². Dies entspricht einem Feldaufgang von 91 %.

Versuchsbeispiele mit Kalkulationen zum Zeitbedarf

Beispiel 1

Striegelversuch in Lupinen

Der Landwirt Peters will wissen, ob verschiedene Striegelverfahren Einfluss auf die Verunkrautung seiner Lupinenbestände haben. Er wählt daher einen Fensterversuch mit den Varianten ‚nur blind striegeln‘, und ‚nur im Nachauflauf striegeln‘. Der restliche Acker wird gemäß den allgemeinen Empfehlungen blind und im Nachauflauf gestriegelt.

Striegelvariante (=Faktorstufen)	A	B	C (Kontrolle)
Striegelverfahren	nur blind	nur im Nachauflauf	beides
Zahl der Fenster	4	4	restlicher Acker

Vor der Aussaat untersucht der Landwirt den Acker auf geeignete Stellen für die Lage der Versuchsfenster und macht diese grob in seiner Versuchsskizze kenntlich. Zum Termin des blind Striegeln nimmt er einige Versuchsstangen mit auf den Acker und hebt gemäß seiner Skizze

an vier Stellen den Striegel für jeweils 20 Meter aus (= Variante B: Striegeln nur im Nachauflauf). Diese Stellen werden von ihm unmittelbar mit Stangen markiert. Außerdem steckt er in der blind gestriegelten Fläche noch vier weitere Fenster der gleichen Größe für die Variante A (nur blind striegeln) ab, die beim Nachauflaufstriegeln ausgespart werden. Die genaue Lage der einzelnen Fenster wird in der Versuchsskizze festgehalten. Beim Striegeln im Nachauflauf werden die Fenster der Variante A ausgespart und die vormals beim Blindstriegeln ausgesparten Fenster gestriegelt. Vor den Fenstern der Variante B muss er anhalten und die Markierungsstangen ausziehen und danach wieder einstecken. Beginnend mit dem Zweiblattstadium der Lupine führt der Landwirt insgesamt zu sechs Zeitpunkten Unkrautbonituren durch. Dazu nimmt er mit einem Boniturrahmen in allen Fenstern an jeweils vier Stellen eine Einzelbonitur vor. Da der Landwirt über keine arbeitseffiziente Möglichkeit zur Ertragsmessung der Parzellen verfügt, verzichtet er darauf und drischt das ganze Feld im Stück.

Tätigkeit	Beschreibung	benötigte Zeit
Vorbereitung	Aneignung der Grundkenntnisse, Auswahl der Versuchsfläche, Besorgungen, Versuchsplan	8 h
Anlage	Markierungsstangen stecken, Fenstergröße ausmessen, protokollieren	3 h
Bonituren	Sechs Boniturzeitpunkte mit Bonituren auf zwölf Parzellen (mit Wegezeiten)	18 h
Auswertung	Zusammenfassung der Einzelwerte, Berechnungen, Formulierung Ergebnis	3 h
Summe		32 h

*Tabelle 5:
Aufstellung der Tätigkeiten und des dazugehörigen Zeitbedarfs für den Striegelversuch in Lupinen.*

Beispiel 2

Sortenversuch bei Hokkaido-Kürbissen

Ein Gärtner will untersuchen, ob zwischen verschiedenen Saatgutherkünften von Hokkaido-Kürbissamen Unterschiede im Wuchs und im Ertrag bestehen. Dazu sät er je 120 Korn Hokkaidosamen von Züchter A und B sowie 120 Korn aus eigenem Nachbau in Topfpaletten aus (1 Korn / Topf). Zur Beurteilung des Keimverhaltens zählt er die Ausfallstellen auf den Paletten und stuft die drei Varianten hinsichtlich der Jungpflanzenqualität ein (gut – mittel – schlecht). Auf einem homogenen Stück seiner Betriebsfläche pflanzt er die je 100 besten Jungpflanzen in vier Wiederholungen pro Sorte zu je 25 Pflanzen pro Parzelle. Zwischen den Parzellen lässt er etwas Abstand, zusätzlich legt er die Ranken an den Rändern mehrmals so, dass Sie in die Parzelle zurück wachsen. Zur Erntezeit werden die einzelnen Parzellen separat in Systemkisten geerntet und die Erträge mit Hilfe einer Dezimalwaage gemessen. Die Güte der Früchte wird anhand der Skala von 1 bis 9 bei 30 willkürlich ausgesuchten Früchten je Samenherkunft nach Augenschein beurteilt. Dieselben Früchte werden einzeln auf einer Küchenwaage gewogen, um so ein durchschnittliches Fruchtgewicht zu erhalten und die Zahl der Über- bzw. Untergrößen zu ermitteln.

Tätigkeit	Beschreibung	benötigte Zeit
Vorbereitung	Aneignung der Grundkenntnisse, Auswahl der Versuchsfläche, Versuchsplan	8 h
Anlage	Aussaat in Topfpaletten, Pflanzung per Hand, protokollieren	8 h
Kulturführung	Mehraufwand zum „herkömmlichen“ Hokkaido-Anbau, gesonderte Ernte evtl. extra Handhacke	8 h
Bonituren	Keimverhalten, Jungpflanzenqualität, Fruchtgüte und –gewicht sowie Ertrag pro Parzelle	8 h
Auswertung	Zusammenfassung der Einzelwerte, Berechnungen, Formulierung Ergebnis	4 h
Summe		36 h

*Tabelle 6:
Aufstellung der Tätigkeiten und des dazugehörigen Zeitbedarfs für den Sortenversuch bei Hokkaido-Kürbissen.*

Beispiel 3

Düngungsversuch im Grünland

Ein Landwirt eines Gemischtbetriebs mit Milchviehhaltung macht sich Gedanken über die möglichst effiziente Nutzung seiner Rindergülle. Um zu sehen, ob eine Verwendung auf dem Grünland den Ertrag und die Qualität des Futters steigern kann, legt er einen Düngeversuch an. Auf einer Fläche bringt er im zeitigen Frühjahr und nach dem ersten und zweiten Schnitt Gülle aus. Dabei legt er jeweils einen über den ganzen Schlag reichenden gedüngten Streifen und einen ungedüngten Streifen nebeneinander an. Dies wiederholt er viermal und steckt die so entstandenen Parzellen mit Markierungsstangen ab.

Kurz vor dem ersten Schnitt bonitiert er den Aufwuchs hinsichtlich Erscheinungsbild, Höhe und optischer Qualität. Beim Schnitt entnimmt er an drei verschiedenen Stellen je Parzelle den Aufwuchs von je einem Quadratmeter Fläche und wiegt die gesammelte Frischmasse für die einzelnen Parzellen aus. Von den gesammelten und abgewogenen Frischmasseproben stellt er eine Mischprobe her für die anschließende Trockenmassebestimmung und Futteranalyse in einem Labor. Kurz vor bzw. bei dem zweiten und dritten Schnitt wiederholt er diese Vorgänge. Im Winter wertet er den Versuch anhand seiner Notizen und der Laboranalysen aus.

Tätigkeit	Beschreibung	benötigte Zeit
Vorbereitung	Aneignung der Grundkenntnisse, Auswahl der Versuchsfläche, Versuchsplan, Besorgungen	8 h
Anlage	Ausbringen der Gülle, abstecken der Parzellen, protokollieren	8 h
Bonituren	Aufwuchshöhe, Bestandesqualität	8 h
Handernte	Zu drei Terminen jeweils Frischmasseproben nehmen und Auswiegen; Proben für Analyse anfertigen, beschriften und versenden, protokollieren	12 h
Auswertung	Zusammenfassung der Einzelwerte, Berechnungen, Formulierung Ergebnis	6 h
Summe		42 h

Tabelle 7:

Aufstellung der Tätigkeiten und des dazugehörigen Zeitbedarfs für den Düngungsversuch im Grünland.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Versuche Einzelschicksale haben; kein Versuch ist wie der andere. Grundlegende Regeln für den Zeitbedarf können daher nicht aufgestellt werden. Es können nur ungefähre Werte angegeben werden. Es wird sicherlich vor allem zu Anfang auch vorkommen, dass man einzelne Arbeitsschritte etwas umständlich durchführt und dadurch zu wenig Zeit einkalkuliert. Deshalb sollten sie insbesondere anfänglich zusätzlichen Zeitbedarf mit einplanen.

Wie den obigen Tabellen zum Zeitbedarf zu entnehmen ist, fällt ein wesentlicher Teil der für Versuche benötigten Zeit auf die Vorbereitung des Versuchs. Einerseits verringert sich diese Zeit mit zunehmender Erfahrung. Andererseits wagt man sich mit mehr Übung an kompliziertere Versuchsdurchführungen, so dass die Zeitersparnis schnell wieder aufgebraucht ist. Wer vor Versuchsbeginn abschätzen möchte, welchen Zeitbedarf er für einen Versuch einplanen muss, kann diesen anhand des beigefügten Fragebogens ermitteln.

Bei einer vor einigen Jahren durchgeführten Studie zur Arbeitswirtschaft wurden Studenten dazu befragt, wie lange sie brauchten, wenn sie bestimmte Arbeiten durchzuführen hätten. Danach sollten Sie die gleiche Einschätzung abgeben, wenn jemand anderes dieselbe Arbeit ausführen würde. Die zweiten Einschätzungen waren in aller Regel längere Zeiten und sie lagen ebenso häufig dichter an der Realität.

Fazit

Wer sich selbst einschätzt, neigt dazu, die Erwartungen an sich selbst zu hoch zu schrauben!

V Glossar

Anwendung

Eine den Versuch betreffende Maßnahme, z. B. die Anwendung eines Pflanzenstärkungsmittels.

BBCH

Inzwischen weltweit benutzter Code für die Entwicklungsstadien von Kulturpflanzen. Entwickelt von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, dem Bundessortenamt und der Chemischen Industrie.

Behandlung

Siehe *Anwendung*

Bonitur

Beurteilung und Einschätzung eines Prüfmerkmals. Bonituren werden häufig anhand einer Skala von 1 bis 9 erhoben (1 = sehr gering, 9 = sehr stark ausgeprägtes Merkmal). Je nach Merkmal kann der Wert 9 bzw. 1 erwünscht oder unerwünscht sein. Beispiel: Lager im Getreide 9 = sehr hoch = unerwünscht, Beispiel: Feldaufgang 9 = sehr hoch = erwünscht.

Faktor

Siehe *Prüffaktor*

Faktorstufen

Erläuterungen bei *Prüffaktor*

Hypothese

Am Anfang eines jeden wissenschaftlichen Versuchs steht die Hypothese, d. h. eine noch ungeprüfte Vermutung bzw. Behauptung, die in Form eines mehr oder minder einfachen Satzes ausgedrückt wird. Zum Beispiel: „Das zweimalige Striegeln in Lupinen erhöht den Ertrag.“ Die Hypothese lässt sich anhand eines Versuchs überprüfen. Das Ergebnis des Versuchs würde entweder dazu führen, die Hypothese zu verwerfen oder sie bis zur Gewinnung widersprechender Erkenntnisse als richtig zu akzeptieren. Die Hypothese geht aus der Versuchsfrage hervor.

Kerndrusch

Bei der Ernte von Getreide angewandtes Verfahren zur Vermeidung von Randeffekten. Die Parzellen werden so beerntet, dass die Randstreifen nicht in die Bewertung mit eingehen. Das heißt, die Parzellen werden in der Regel doppelt so breit wie die Schneidwerksbreite des Mähdreschers angelegt und es wird so gedroschen, dass der Mähdrescher bei der Ertragsmessung längsseits genau durch die Mitte der Parzellen fährt.

Kontrolle (Nullvariante / Standardvariante)

Um das Versuchsergebnis mit den im Betrieb üblichen Methoden vergleichen zu können, wird im Versuch immer auch die bisher übliche Anbauweise mit untersucht. Man spricht auch von der Behandlungskontrolle.

Parzelle

Kleinstes Teilstück eines Versuchs. Auf einer Parzelle steht immer nur eine Faktorstufe eines Prüffaktors.

Prüffaktor (= Variante, Prüfglied, Versuchsglied)

Als Prüffaktor (kurz Faktor) bezeichnet man im Versuchswesen die Eigenschaft (Stellgröße), die im Versuch verändert wird, also z. B. die Aussaatstärke in einem Saatstärkenversuch oder die Sorte in einem Sortenversuch. Die einzelnen Ausprägungen des untersuchten Faktors, wie z. B. die verschiedenen untersuchten Sorten oder Saatstärken, bezeichnet man als Faktorstufen. Ein Versuch kann darin bestehen, nur die Auswirkungen eines Faktors in verschiedenen Faktorstufen zu betrachten (einfaktorieller Versuch) oder es können die Auswirkungen mehrerer Faktoren gleichzeitig untersucht werden (zwei- bzw. mehrfaktorieller Versuch).

Prüfmerkmal

Das Prüfmerkmal ist der Untersuchungsgegenstand oder die Eigenschaft, die verbessert werden soll, z. B. Ertrag, Qualität, Krankheitsbefall oder Unkrautbesatz.

Randeffekt

Die Pflanzen an den Rändern von Versuchsparzellen entwickeln sich häufig anders als Pflanzen, die in der Mitte einer Parzelle stehen. Dies ist insbesondere der Fall, wenn um die Parzelle herum ein bewuchsfreier Streifen gelassen wird. Die unterschiedlichen Licht- und Belüftungsverhältnisse sowie die geringere Nährstoffkonkurrenz am Rand eines Bestandes zeigen häufig Effekte, die nicht den Auswirkungen durch den Prüffaktor zuzurechnen sind (= Randeffekt). Um diese Randeffekte auszuschalten, dürfen Bonituren nicht am Rande durchgeführt werden und bei der Ertragsmessung dürfen die Ergebnisse aus Randstreifen nicht berücksichtigt werden (siehe *Kerndrusch*).

Randomisieren (= zufällig verteilen)

Um zu verhindern, dass bestimmte äußere Einflüsse (Bodenqualität o. Ä.) sich einseitig auf bestimmte Varianten auswirken, werden die Varianten zufällig über die Fläche verteilt. Dadurch wird ein Ausgleich zufälliger Variationsursachen wie Bodenunterschiede etc. erreicht.

Variante

Siehe *Prüffaktor*

Versuchsfehler

Darunter versteht man alle Einflüsse, die zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen können, wie z. B. unterschiedliche Bodenqualitäten, inhomogene Bodenzustände, aber auch ungenaue Datenerhebung usw.

Versuchsfrage

Die Versuchsfrage bildet die Basis des Versuchs. Sie ist oft allgemein gehalten und wird erst durch die Bildung der Hypothese konkretisiert. Zum Beispiel: Wie wirken sich verschieden häufig angewendete Striegelgänge auf meinen Ertrag bei Lupinen aus?

Wiederholungen

Wiederholungen dienen dazu, den Versuchsfehler zu verringern und sind Voraussetzung für zuverlässige Ergebnisse sowie eine statistische Auswertung des Versuchs. Mit steigender Zahl an Wiederholungen nimmt der Versuchsfehler ab bzw. die Präzision zu.

Links und Adressen

Link und Adresse für die Besorgung von Versuchsstangen und anderem Versuchsmaterial

- www.baumann-saatzuchtbedarf.de
Bietet biegsame PVC-Markierungsstangen an. Auf der Homepage gibt es den Katalog zum herunterladen.
- www.hermann-meyer.de
Baumschul- und Gartenbaubedarf. Bambusstangen werden unter dem Begriff Tonkin-Stäbe geführt. Katalog lässt sich online durchsuchen.

Wetter- und Klimadaten

- www.DWD.de
Deutscher Wetterdienst: Die Adresse für alle Wetterdaten in Deutschland. Unter der Rubrik Wetter und Klima – Klimadaten gibt es die Klimadaten ausgewählter deutscher Stationen

Beratung

Sofern Sie als Betriebsleiter nicht schon mit einem Berater zusammenarbeiten, wenden Sie sich für eine Empfehlung an Kollegen und Ihren Verband.

Adressen zu Beratungseinrichtungen finden Sie unter den folgenden Links:

- Adressen bei der Stiftung Ökologie und Landbau
- Adressen bei oekolandbau.de

Adressen für Boden- und andere Untersuchungen

Die Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten sind eine gute Anlaufstelle für Analysen. Außerdem halten die einzelne Landesverbände der Vereinigungen zum Ökologischen Landbau in der Regel Adresslisten von Analyselaboren bereit.

LUFA Augustenberg
Neßlerstr. 23
76227 Karlsruhe

LUFA Sachsen-Anhalt
Schiepziger Str. 29
06120 Halle

TLL Jena
Naumburgerstr. 98
07743 Jena

HLVA Kassel
Am Versuchsfeld 13
34128 Kassel

LUFA Kiel
Gutenbergstr. 75-77
24116 Kiel

Bayr. Landesanstalt für
Bodenkultur und Pflanzenbau
Vöttinger Str. 38
85354 Freising

LUFA Bonn
Siebengebirgsstr. 200
53229 Bonn

LUFA Hameln
Finkenborner Weg 1a
31787 Hameln

LUFA Münster
Nevinghoff 40
48147 Münster

Landesanstalt für
Landwirtschaftliche Chemie
Emil-Wolf-Str. 14
70599 Stuttgart

LUFA Rostock
Graf-Lippe-Str. 1
18059 Rostock

Landesanstalt für Landwirtschaft
Templiner Str. 21
14473 Potsdam

Hochschulen und weitere Einrichtungen mit Agrar-Forschung

Alle Deutschen Hochschulen mit Fakultäten im Agrarbereich unterhalten Web-Seiten mit zahlreichen Hinweisen und Ansprechpartnern zu den jeweiligen Forschungsgebieten. Die Web-Seiten dieser Institute sind leicht im Internet auffindbar, weshalb an dieser Stelle auf ihre Auflistung verzichtet wird.

- www.dainet.de
- www.oekolandbau.de
- www.soel.de
- www.agrar.de

VI Kommentiertes Literaturverzeichnis

Die nachfolgende Auswahl an Schriften gibt nur einen kleinen Ausschnitt aus der zahlreichen Literatur zum Thema Feldversuche und deren Auswertung. Die Auswahl wurde mit Blick auf den interessierten Praktiker als Leser und auf eine gute Verfügbarkeit getroffen.

Feldversuche: Leitfaden für Landwirte.

Dr. K. Stein-Bachinger, Dr. J. Bachinger, R. Vögel, Dr. A. Werner. Hrsg. Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung, 48 S.

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg-Osterrönfeld. Tel. 04331-847940, Fax. 04331-847950, E-Mail: mail@rkl-info.de; <http://www.rkl-info.de>

Ein bebildeter Leitfaden für Landwirte zur Durchführung produktionsbezogener Experimente. Der Leitfaden enthält kurzer und prägnanter Form Erläuterungen und Hilfestellungen für die Versuchsdurchführung in Praxisbetrieben.

On-Farm Research Guidedbook

Anderson, D. (1993): On-Farm Research Guidebook. http://web.aces.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/GUIDEBK.PDF

On Farm Research Guide

Rempel, S. (2002): On Farm Research Guide.

On-Farm Research Guide

Sooby, J. (2001): On-Farm Research Guide, Organic Farming Research Foundation: 12 S.

<http://www.ofrf.org/research/On-farm.Research.Guide.PDF>

Biostatistik: Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler.

Köhler, W., G. Schachtel und P. Voleske. Springer-Verlag, 3. Auflage 2002, 301 S.

Eine Einführung in die Biostatistik, die anwendungsbezogen geschrieben ist. Für Praktiker, die sich vertiefend mit der statistischen Auswertung von Feldversuchen beschäftigen wollen.

Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen

Bundessortenamt (Hrg.), Landbuch Verlag, 2000, Loseblattsammlung im Ringhefter. Handbuch für die amtlichen Sortenprüfungen.

Umfangreich und informativ. Mit der erweiterten BBCH-Skala für die meisten Ackerkulturen (mit Bildern) und vielen Bonituranleitungen. Geeignet für Personen, die viel mit Feldversuchswesen zu tun haben.

Anlage und Auswertung von Feldversuchen

Schuster, W. und J. von Lochow. Agrimedia Verlag, 4. Auflage 1991, 240 S.

Ein Standardwerk für alle, die beruflich mit der Anlage von Feldversuchen betraut sind. Sehr umfassend und informativ.

Richtlinien für Wertprüfungen und Sortenversuche im Gemüsebau.

Bundessortenamt (Hrg.), Landbuch Verlag, 1995, 221 S.

Wer im Gemüsebau Versuche machen will, sollte sich dieses preiswerte Büchlein anschaffen. Nach Kulturen geordnete Anweisungen für die standardisierte Anlage von Sortenversuchen in insgesamt 32 Gemüsekulturen mit wertvollen Tipps für Bonituren. (offizielles Regelwerk für die Durchführung von Bundes- und Landessortenversuchen im Gemüsebau)

Kompodium für Feldversuche in der Technischen Zusammenarbeit

Rohrmoser, K., TZ-Verlagsgesellschaft, 2. verbesserte Auflage 1984, 276 S.

Von der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit herausgegebenes Buch für die Anlage und Auswertung von Feldversuchen in der Entwicklungsarbeit als Anleitung für Entwicklungshelfer (in Deutsch). Praxisorientierte Anweisungen, mit einem großen Teil zur statistischen Auswertung und guten Vorschlägen zu Bonituren mit wertvollen Hinweisen. Derzeit leider vergriffen, wird von Zeit zu Zeit nachgedruckt.

Anlage und Auswertung von Feldversuchen

Schuster, W. und J. von Lochow. Agrimedia Verlag, 4. Auflage 1991, 240 S.

Ein Standardwerk für alle, die beruflich mit der Anlage von Feldversuchen betraut sind. Sehr umfassend und informativ.

Einführung in das Pflanzenbauliche Versuchswesen

Munzert, M., Blackwell Wissenschaftsverlag, 1992, 163 S.

Standardwerk über die Grundlagen und die Praxis des Versuchswesens im landwirtschaftlichen, gärtnerischen und forstwirtschaftlichen Pflanzenbau. Vergriffen, wird zur Zeit nachgedruckt.