

Prüffaktoren sind ausgewählte und im Versuch konstant gehaltene Einflussfaktoren, deren Effekte zu überprüfen sind. Unerwünschte (exogene) Einflüsse, wie Bodenunterschiede oder Ungenauigkeiten bei der Versuchsanlage und -pflege, gilt es möglichst zu vermeiden bzw. durch eine geschickte *Anlagemethode* und *Wiederholungen* sowie *Randomisation* zu minimieren. Prüffaktoren bestehen mindestens aus zwei, oft auch aus mehreren Faktorstufen, die *qualitativ* (z. B. Sorten, Pflanzenschutzmittel, Bearbeitungsverfahren) oder *quantitativ* (z. B. Düngermengen, Pflanzendichte) definiert sein können. Qualitative Faktoren werden mit der Varianzanalyse und mit Mittelwerttests untersucht, quantitative Faktoren sind darüber hinaus auch für die Regressionsanalyse zugänglich (24, 33, 34).

Weiterhin muss man zwischen *festen* (fixed) und *zufälligen* (random) Faktoren unterscheiden. Werden die einzelnen Stufen eines Faktors gezielt ausgewählt, z. B. Sorten, Düngermengen, Pflanzenschutzmittel, Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Aussaatzeiten, sind diese als *fix* zu betrachten. Ziel ist eine Varianzanalyse mit anschließender Mittelwertbeurteilung. Sind dagegen die Stufen eines Faktors mehr oder weniger als zufällige Stichprobe aufzufassen, muss der Faktor als *zufällig* behandelt werden. Auch das können Sorten (oder Zuchtstämme), aber auch zufällig ausgewählte Orte, besonders auch die Jahre, kaum aber Düngermengen, Pflanzenschutzmittel oder Bodenbearbeitungsmaßnahmen sein. Bei zufälligen Faktoren interessiert die auftretende Variation in der Stichprobe, die Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zulässt (Varianzkomponentenschätzung). Die Stichprobe für einen zufälligen Faktor sollte genügend groß sein (mindestens 5, besser 10 und mehr Stufen). Das ist oft ein Problem auch bei der Auswertung von Versuchsserien (39–45), wenn die Anzahl der Orte und/oder Jahre nur knapp bemessen ist. Noch am ehesten können in einer dreijährigen Versuchsserie die Jahre als zufällig akzeptiert wer-

Zusätzliche Information ist in der Online-Version dieses Kapitels (doi:10.1007/978-3-642-54506-1_1) enthalten.

den, weil diese einem absolut zufälligen Witterungseinfluss unterliegen; es sei denn, man wählt gezielt „trockene“ und „nasse“ Jahre usw. aus. Die Definition der Versuchsfaktoren hat große Bedeutung für die Varianzanalyse, und „gemischte Modelle“ (mixed models) mit fixen und zufälligen Faktoren ergeben sich insbesondere im Pflanzenbau und in der Pflanzenzüchtung. Die Thematik wird ausführlich an einem Beispiel in Kapitel 30 erörtert (Modelle I, II und III) und außerdem bei der Auswertung von Versuchsserien sehr konkret.

Wird im Versuch nur der Einfluss eines Prüffaktors untersucht, spricht man von *einfaktoriellen* Versuchsanlagen (24–29). Eine einfaktorielle Blockanlage (25) ist eigentlich ein zweifaktorieller Versuch, weil „Block“ als Faktor ins Modell mit aufgenommen wird. Da aber der Blockfaktor die eigentliche Versuchsfrage nicht tangiert, subsummiert man diesen Anlagentyp unter „einfaktoriell“. *Zwei- und mehrfaktorielle* Versuchsanlagen (30–38) sind im pflanzenbaulichen Versuchswesen besonders beliebt, weil man mit ihnen die gegenseitige Beeinflussung von zwei bzw. mehreren Prüffaktoren (*Wechselwirkungen*) überprüfen kann.

Kennzeichnend für (vollständige) Blockanlagen ist die Einteilung der Versuchsfläche in Blöcke, in denen die Faktorstufen bzw. die kombinierten Faktorstufen *einmal* in randomisierter Reihenfolge vertreten sind. Wird auf eine solche Blockbildung verzichtet, liegt eine *vollständig randomisierte* Versuchsanlage vor (Randomisation über die gesamte Versuchsfläche), die aber bei Feldversuchen i. d. R. zu einem größeren Versuchsfehler führt (24).

Bei einfaktoriellen Fragestellungen gibt es neben der Blockanlage noch das *Lateinische Quadrat* (26), das *Lateinische Rechteck* (27) und diverse *Gitteranlagen* (28); letztere spielen in der Pflanzenzüchtung eine größere Rolle. Unter bestimmten Voraussetzungen sind diese Anlagemethoden effizienter als die Blockanlage. Einzelheiten entnehme man den Programmbeispielen. Auch Zuchtgartenanlagen mit wiederholten Standards und nicht-wiederholten Prüfgliedern sind in Blöcke gegliedert und gehören in diese Kategorie (29).

Bei den *zwei- und dreifaktoriellen* Versuchsanlagen muss man sich bei der Versuchsplanung zwischen einer *Block-, Spalt- oder Streifenanlage* entscheiden. Die Entscheidung muss in erster Linie unter versuchstechnischen Gesichtspunkten gefällt werden; der höhere Rechenaufwand bei Spalt- und Streifenanlagen fällt seit der Übernahme der Versuchsauswertung durch den Computer nicht mehr ins Gewicht. Auch die Erstellung entsprechender Versuchspläne kann man getrost der Software überlassen (31, 35). Es sind auch unvollständige mehrfaktorielle Blockanlagen – ähnlich wie bei einfaktoriellen Gitteranlagen – möglich (37).

Zu den mehrfaktoriellen Versuchsanlagen kann man aus Sicht der Versuchsauswertung auch die *Versuchsserien* zählen, denn hier kommen zu dem/n Prüffaktor/en des Einzelversuchs noch die Faktoren für Raum (Orte) und Zeit (Jahre) hinzu, die unterschiedliche Bedeutung (*fix* bzw. *zufällig*) im Auswertungsmodell haben können und deshalb zu bestimmten biometrischen Ansätzen führen (38–45). Ein weiteres Problem ist die oft nicht gegebene Homogenität der Versuchsfehlervarianzen der Einzelversuche, das man mit entsprechenden Gewichtungsfaktoren entschärfen kann (42, 44). Sehr praxisnah, statistisch aber anspruchsvoll, sind „dynamische“ Sortenversuchsserien, deren Sortimente sich von

Jahr zu Jahr (u. U. auch von Ort zu Ort) ändern und doch, unabhängig vom Prüfzeitraum, vergleichbare Ergebnisse liefern sollen (45).

Im mehrfaktoriellen Versuchswesen liegen i. d. R. *kreuzklassifizierte* Daten vor, d. h. die Prüffaktoren stehen gleichrangig nebeneinander und werden mit ihren Stufen kombinatorisch geprüft, weshalb auch auf Wechselwirkungen untersucht werden kann (30–45). Es gibt aber auch den Fall der hierarchischen Datenstruktur, der insbesondere in der Pflanzen- und Tierzucht vorkommt, wenn z. B. die Nachkommenschaft von Kreuzungen untersucht wird (46). Wechselwirkungen können hier nicht auftreten, denn der eine Faktor (z. B. Nachkommen) *untersteht* einem übergeordneten Faktor (z. B. Kreuzungen) und ein Nachkomme ist immer nur einer Kreuzung zuzuordnen. Auch Mehrfachmessungen an einem Versuchsobjekt ergeben hierarchische Daten (47).

Soweit das Auswertungsziel eine Varianzanalyse mit anschließendem Mittelwerttest ist, interessieren in der Regel Vergleiche zwischen den Stufen bzw. Stufenkombinationen. Die *sinnvollen* Vergleiche ergeben sich aus dem Ergebnis der Varianzanalyse, die für den zwei- und dreifaktoriellen Fall programmiert wurden (32 bzw. 36, 40–44). Es gibt aber auch „Kontraste“ komplizierterer Art, deren Berechnung an ein- und mehrfaktoriellen Versuchen aufgezeigt wird (51 bzw. 52).

Landwirtschaftliche und gartenbauliche Versuche mit
SAS

Mit 50 Programmen, 169 Tabellen und 18 Abbildungen

Munzert, M.

2015, XII, 449 S. 18 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-54505-4