

# Biometrieübung 14

## Versuchsanlage

### Aufgabe

## 1. Durchforstungsverfahren

Die Wirkung verschiedener Durchforstungsverfahren auf das Höhenwachstum von Fichten soll in einem Versuch überprüft werden. Eine der zu untersuchenden Behandlung wurde an 100 Fichten angewendet und führte zu einem mittleren Höhenzuwachs von 1.5m/ Jahr. Von diesen 100 Fichten wurden 4 Stichproben entnommen und die Höhenzuwächse bestimmt. Diskutieren Sie die ermittelten Schätzwerte des mittleren Höhenzuwachses.

Stichprobe 1	Stichprobe 2	Stichprobe 3	Stichprobe 4
1,3	0,4	1,4	2,3
1,5	0,6	1,6	2,5
1,4	2,4	3,4	2,4
1,6	2,6	3,6	2,6
1,7			2,7
1,7			2,7
1,3			2,3
1,4			2,4
1,6			2,6
1,4			2,4
1,6			2,6

## 2. Anti-Tollwut-Impfstoff

In einem Versuch soll die Wirkung eines Anti-Tollwut-Impfstoffs an 15 infizierten Füchsen untersucht werden. Der Impfstoff soll einerseits durch Injektionen (Behandlung A), andererseits durch Verfüttern von präparierten Hähnchenköpfen (Behandlung B) verabreicht werden. Zusätzlich soll eine Kontrollgruppe (Behandlung C) gebildet werden. Ordnen Sie die Behandlungen den einzelnen Füchsen zu (unter Verwendung der nachfolgenden Liste von Zufallszahlen).

### Zufallszahlen:

0 5 2 7 8 4 3 7 4 1 6 8 3 8 5 6 9 6 4 5

8 5 0 6 2 5 3 9 7 4 1 5 2 8 5 3 0 5 6 0

---

Letzte Änderung: 01.03.1999

Kontakt: [Wolfgang Stümer](#)



# Biometrieübung 14

## Versuchsanlage

### Lösung

## 1. Durchforstungsverfahren

	Stichprobe 1	Stichprobe 2	Stichprobe 3	Stichprobe 4
	1,3	0,4	1,4	2,3
	1,5	0,6	1,6	2,5
	1,4	2,4	3,4	2,4
	1,6	2,6	3,6	2,6
	1,7			2,7
	1,7			2,7
	1,3			2,3
	1,4			2,4
	1,6			2,6
	1,4			2,4
	1,6			2,6
Anzahl	11	4	4	11
Mittelwert	1,5	1,5	2,5	2,5
Standardabweichung	0,148	1,160	1,160	0,148
Standardfehler $s_x$	0,045	0,580	0,580	0,045
	präzise treffgenau	nicht präzise treffgenau	nicht präzise nicht treffgenau	präzise nicht treffgenau

## 2. Anti-Tollwut-Impfstoff

### Lösung 1: vollständig zufällige Zuordnung

1. Liste der Versuchsobjekte erstellen

Fuchs-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

2. Zufallsliste erstellen

Regel A für Ziffern 1 bis 3

B für Ziffern 4 bis 6

C für Ziffern 7 bis 9

ignoriere 0

Zufallszahlen ziehen (siehe Liste) und Behandlungen zuordnen

Zufallszahl	0	5	2	7	8	4	3	7	4	1	6	8	3	8	5	6
Behandlung	-	B	A	C	C	B	A	C	B	A	B	C	A	C	B	B

3. Behandlung den Versuchsobjekten zuordnen

Fuchs-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Behandlung	B	A	C	C	B	A	C	B	A	B	C	A	C	B	B

### Problem:

unterschiedliche Anzahl Versuchsobjekte pro Behandlung:

A:  $n = 4$ , B:  $n = 6$ , C:  $n = 5$

= unbalanciertes Design

daher

### Lösung 2: Zuordnung in Blöcken

Blöcke von 3 Behandlungen bilden und zuordnen

ABC für 1

ACB für 2

BAC für 3

BCA für 4

CAB für 5

CBA für 6

ignoriere 7 bis 9 und 0

Zufallszahl	0	5	2	7	8	4	3	7	4
Behandlung	-	CAB	ACB	-	-	BCA	BAC	-	BCA

Behandlung den Versuchsobjekten zuordnen

Fuchs-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Behandlung	C	A	B	A	C	B	B	C	A	B	A	C	B	C	A

daraus folgt balanciertes Design, pro Behandlung gleiche Anzahl Wiederholungen

Letzte Änderung: 02.09.1999

Kontakt: [Wolfgang Stümer](#)



# Biometrieübung 14

## Versuchsanlage

### Formeln

---

## Konstruktion und Auswahl der Versuchsanlagen

Bei Versuchsanlagen handelt es sich um organisatorische Methoden, wie die Behandlungen den Versuchseinheiten zugeordnet werden, d. h. wie das Randomisierungsprinzip (s. u.) verwirklicht wird. Die gebräuchlichsten Versuchsanlagen sind:

- die vollständig randomisierte Anlage
- die Blockanlage
- die Lateinischen Quadrate
- die Griechisch-Lateinischen Quadrate.

Faktorielle Versuche sind keine Versuchsanlagen. Faktorielle Versuche können aber beispielsweise mittels Blockanlage durchgeführt werden (s. u.):

## Grundsätze der Versuchsplanung

1. Wiederholung:
2. Ein Versuch, in dem jede Behandlung nur einmal vorkommt, läßt keine statistischen Schlüsse zu, der Versuchsfehler läßt sich nicht berechnen, damit sind keine Genauigkeitsangaben möglich.  
Beispiel:  
In einem Tierpark sollen unterschiedliche Futterzusammensetzungen für Rehe getestet werden. Zufällig wird ein Reh ausgewählt, dem Futter A verabreicht wird. Einem wiederum zufällig ausgewählten zweiten Reh, das genau so viel wiegt wie das erste Reh, wird Futter B gegeben. Nach Abschluß des Versuches wiegt das erste Reh (Futter A) mehr als das zweite (Futter B) Reh. Es läßt sich jedoch nicht klären, ob der Gewichtsunterschied auf das Futter oder auf andere Unterschiede zwischen den beiden Rehen zurückzuführen ist. Wird jedoch eine größere Zahl von zufällig ausgewählten Rehen aus einer Population mit Futter A bzw. B gefüttert und gewogen, sind statistische Auswertungen möglich.
3. Randomisierung:
4. Die Behandlungen sollen den Versuchseinheiten (= Einheit, an der die Behandlung durchgeführt wird; z. B. eine Versuchsfläche, ein Baum etc.) zufällig zugeordnet werden. Eine nicht randomisierte (= zufällige) Zuordnung der Behandlungen kann zu systematischen Fehlern führen.  
Beispiel:  
In einem Versuch mit Hühnern werden für Behandlung A zehn Hühner und danach für Behandlung B wiederum 10 Hühner aus dem Hühnerhof herausgegriffen. Diese Methode kann zu verfälschten Ergebnissen führen, da es wahrscheinlich ist, daß die ersten gefangenen Hühner dümmer und/oder langsamer sind als die zuletzt gefangenen. Besser wäre gewesen, alle Hühner im Hühnerhof mit einer Nummer zu versehen und zur Zuordnung der beiden Behandlungen A und B Zufallszahlen zu ziehen.

## 5. Homogenität der Versuchseinheiten:

Inhomogene Versuchseinheiten verursachen Streuungen, die die Variation der Behandlungen überdecken können. Damit verliert der F-Test an Sensibilität.

Homogene Versuchseinheiten liegen dann vor, wenn man die Variabilität der Versuchseinheiten einschränkt, die nicht auf die Wirkung der unterschiedlichen Behandlungen zurückzuführen sind.  
Beispiel:

Bei einem Düngungsversuch wird die Streuung der Versuchseinheiten (z. B. Bestände als Versuchseinheit) dadurch reduziert, daß man nur Bestände derselben Baumart, Altersklasse und desselben Standortes in den Versuch mit einbezieht. Dabei ist zu beachten, daß damit der Aussagebereich des Versuches eingeschränkt ist.

## Einflußgrößen (Faktoren) eines Versuches

Man unterscheidet:

1. Konstantfaktoren, die den ganzen Versuch über gleich gehalten werden. Beispiel: Beim o. g. Fütterungsversuch mit Rehen ist die Tierart Reh ein Konstantfaktor.
2. Planfaktor, die mit mehreren Stufen in den Versuch einbezogen und bei der Planung und Auswertung berücksichtigt werden. Beispiel: Die Düngergabe bei einem Düngerversuch oder die Blockeinteilung bei einem Blockversuch stellen Planfaktoren dar.
  - . Prüffaktoren sind Planfaktoren, auf die sich die Versuchsfrage bezieht. Bei den Beispielen zu den Planfaktoren ist der Faktor Dünger ein Prüffaktor, der Faktor Block jedoch keiner. Behandlungen sind demnach Stufen eines Prüffaktors. Beispiel: Die Dosierungsstufen des zu testenden Düngers oder verschiedene Ästungsmethoden sind Behandlungen.

Bei der Auswahl der Behandlungen (Faktorenstufen) bestehen zwei Möglichkeiten:

- Der Versuchsplaner wählt "willkürlich" (d. h. nicht zufällig, sondern z. B. nach praktischen Gesichtspunkten) die Stufen des Prüffaktors. Beispiel: Beim Düngerversuch wird eine Nullfläche, eine mit 50 kg, eine mit 100 kg und eine weitere mit 200 kg Düngerezufuhr geplant. Beim Ästungsversuch werden bestimmte Ästungsmethoden entwickelt und im Versuch mit einbezogen. In diesem Fall handelt es sich um ein Modell mit festen Effekten. Aussagen sind nur für die fest gewählten Behandlungsstufen möglich. Beim Düngerversuch könnte z. B. keine Aussage über die Dosierung 95 kg gemacht werden. In allen folgenden Rechenbeispielen zu Versuchsanlagen und faktoriellen Versuchen werden nur Modelle mit festen Effekten untersucht.
  - Der Versuchsplaner wählt die Behandlungen zufällig aus einer Grundgesamtheit von Behandlungsmöglichkeiten. Beispiel: Beim o. g. Düngerversuch werden aus den Behandlungsstufen 0 – 200 kg durch Zufall 8 Stufen ausgewählt (in diesem Fall nicht besonders praktisch). Die Effekte des Faktors Dünger sind zufällig. Die Aussagen können für die Grundgesamtheit aller Stufen 1 –200 kg gemacht werden.
- b. Störfaktoren sind alle Planfaktoren, die keine Prüffaktoren sind. So ist z. B. der

Faktor Standort, nach dem eine Blockanlage gruppiert ist, ein Störfaktor.

3. Restfaktoren werden im Versuch nicht weiter analysiert. Sie verursachen  $SQ_{\text{Fehler}}$ . Beispiel: Witterungseinflüsse, genetische Unterschiede etc.

## Versuchsanlagen

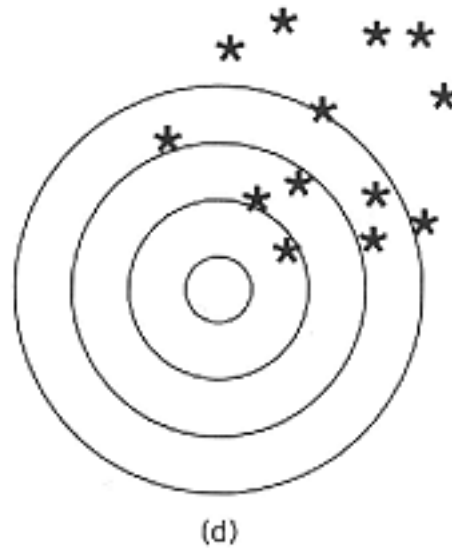
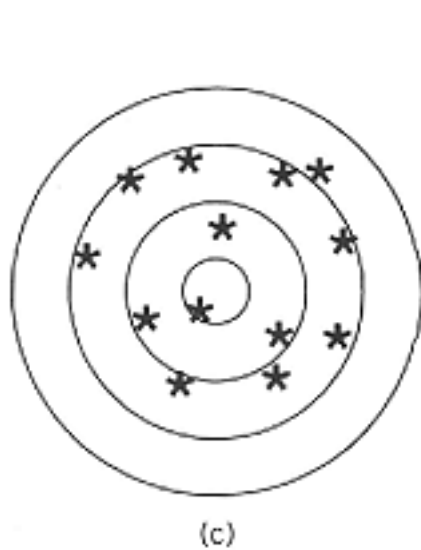
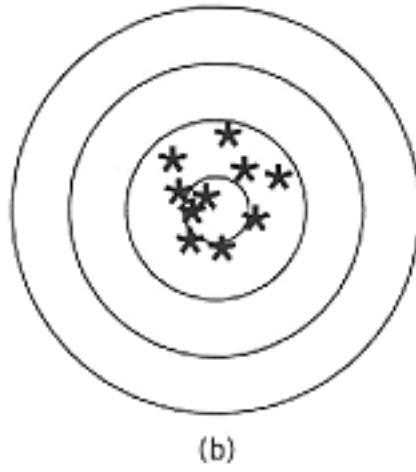
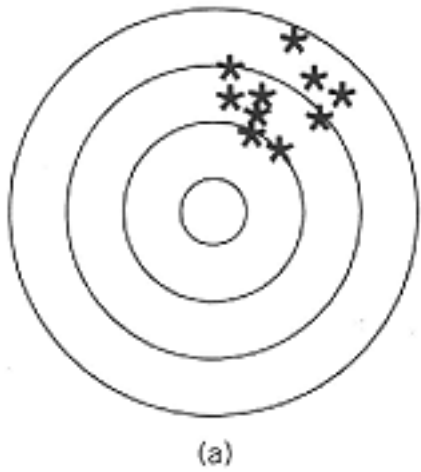
Versuchsanlagen stellen organisatorische Methoden dar, wie die Behandlungen den Versuchseinheiten zugeordnet werden, d. h. wie das Prinzip der Randomisierung verwirklicht wird.

Bei Versuchseinheiten handelt es sich um die Einheiten, an denen eine Behandlung durchgeführt und der Effekt gemessen wird, z. B. Versuchsflächen. Oft werden die Messungen nur an einem Teil der Versuchseinheit vorgenommen, der sogenannte Stichprobeneinheit, z. B. Stichprobenbäume auf einer Versuchsfläche.

## Abschätzung der Qualität eines Stichprobenverfahrens

Wichtige Kriterien zur Abschätzung der Qualität eines Stichprobenverfahrens sind die Wiederholungs- und die Treffgenauigkeit. Wird aus einer Population eine Stichprobe gezogen, so sind die aus deren Schätzwerten errechneten Parameter fast nie mit den wahren Populationswerten übereinstimmend. Es ist dennoch folgewidrig, die gefundenen Ergebnisse zu verwerfen, solange sie mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nahe dem tatsächlichen Wert liegen (Shiver, Borders 1996).

Von einer hohen Wiederholungsgenauigkeit kann dann ausgegangen werden, wenn sich die erhobenen Schätzwerte eng um ihren eigenen Mittelwert gruppieren. Eine entsprechend hohe Treffgenauigkeit liegt vor, wenn die Stichprobenwerte in ihrem Durchschnitt nahe dem wahren Populationswert liegen. Es besteht demzufolge ein enger Zusammenhang zwischen den dargelegten Kriterien und dem Trefferbild eines Scheibenschützen. Die folgende Abbildung zeigt diesen Zusammenhang.



### Wiederholungsgenauigkeit und Treffgenauigkeit eines Scheibenschützens

- a) hohe Wiederholungs- und niedrige Treffgenauigkeit
- b) hohe Wiederholungs- und hohe Treffgenauigkeit
- c) niedrige Wiederholungs- und hohe Treffgenauigkeit
- d) niedrige Wiederholungs- und niedrige Treffgenauigkeit

Betrachtet man den Mittelwert der Standardabweichung eines Verfahrens für die durchgeführten Wiederholungen, läßt sich somit eine Aussage über die Wiederholungsgenauigkeit treffen. Unter Einbeziehung des Mittelwertes der Verzerrung über alle Wiederholungen kann man die Treffgenauigkeit des jeweiligen Verfahrens abschätzen.

---

Letzte Änderung: 23.09.1999  
Kontakt: [Wolfgang Stümer](#)

