




- 1 Dreifaktorielle Varianzanalyse
- 2 Andere Designs

## Einführende Literatur

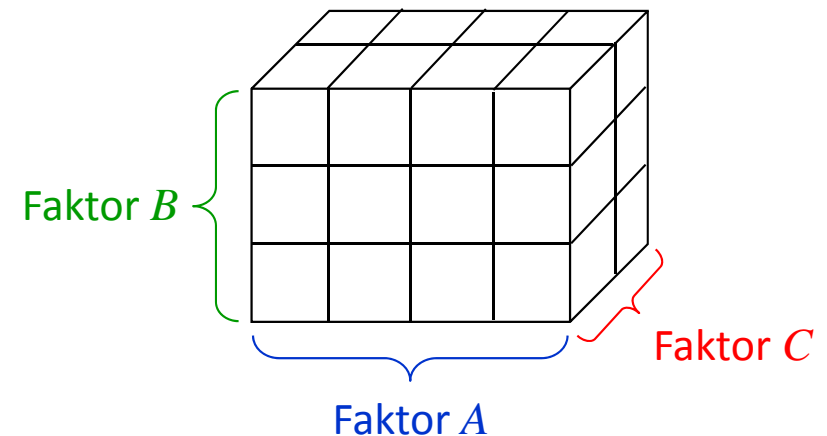
-  Bortz, J. & Schuster, Ch. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Auflage). Berlin: Springer. [Kapitel 16-17, 19-20]

## Weiterführende Literatur

-  Keppel, G. & Wickens, T. D. (2004). *Design and analysis. A researchers handbook* (4<sup>th</sup> ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson. [Chap. 15, 21-22 & 25-26]
-  Kirk, R. E. (1995). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences* (3<sup>rd</sup> ed.). Pacific Grove, CA: Brooks/Cole. [Chap. 8, 11, 15]
-  Maxwell, S. E. & Delaney, H. D. (2004). *Designing experiments and analyzing data. A model comparison approach* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Psychology Press. [Chap. 8-10]

# Weitere varianzanalytische Verfahren: Dreifaktorielle Varianzanalyse

- Neben den behandelten ein- und zweifaktoriellen Plänen sind auch höher faktorielle Pläne mittels Varianzanalysen auszuwerten.
- Nebenstehend sind exemplarisch die 24 Zellen eines dreifaktoriellen Plan dargestellt, der durch eine  $4 \times 3 \times 2$ -ANOVA ausgewertet werden kann.
- Bei komplexeren Plänen nimmt die Zahl der prüfbaren Effekte immer weiter zu. Im dreifaktoriellen Plan sind dies schon sieben Effekte:
  - 3 Haupteffekte der Faktoren  $A$ ,  $B$  und  $C$
  - 3 Zweifach-Wechselwirkungen  $A \times B$ ,  $A \times C$  und  $B \times C$
  - 1 Dreifach-Wechselwirkung (Tripel-Interaktion)  $A \times B \times C$ . Sie existiert dann, wenn die Interaktion zweier Faktoren (z.B.  $A \times B$ ) auf unterschiedlichen Faktorstufen des dritten Faktors (z.B.  $C$ ) unterschiedlich ausfällt.
- Die prinzipielle Logik der ANOVA mit der Quadratsummenzerlegung und der Prüfung der Effekte mittels  $F$ -Werten als Quotienten von mittleren Quadraten ändert sich dabei nicht.



- Bei der Analyse von **faktoriellen Designs** sind immer folgende Fragen zu beantworten:
  - Was sind die unabhängigen Variablen (Faktoren) mit ihren Abstufungen?
  - Für jeden Faktor einzeln: (a) Ist er ein fester oder zufälliger Faktor und (b) beinhaltet er abhängige oder unabhängige Gruppen (Messwiederholung)?
  - Was ist die abhängige Variable? Ist die AV metrisch oder ordinal skaliert? (Bei den bisher nicht behandelten multivariaten Verfahren besteht auch die Möglichkeit, mehrere abhängige Variablen gleichzeitig zu untersuchen.)
  - (Bei ungleichen Stichprobenumfängen ist festzulegen, welche Art der Quadratsummenzerlegung man wählen will.)

# Weitere varianzanalytische Verfahren

➤ Neben den faktoriellen Designs, in denen die Stufen aller Faktoren orthogonal miteinander kombiniert sind, also alle möglichen Kombinationen von Bedingungen in der Studie realisiert werden, gibt es auch – seltener eingesetzt – Designs, für die das nicht gilt, z.B.

- Studien, in denen eine Zelle leer ist, eine Bedingungskombination also nicht untersucht wurde.
- Designs, in denen nur bestimmte systematisch ausgewählte Kombinationen von Faktorstufen untersucht werden wie z.B. **Lateinische Quadrate**, rechts gezeigt für drei Faktoren mit je 4 Stufen.
- **hierarchische Designs**, bei denen Faktoren in andere geschachtelt sind (siehe folgende Folien).

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
$b_1$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$
$b_2$	$c_2$	$c_1$	$c_4$	$c_3$
$b_3$	$c_3$	$c_4$	$c_1$	$c_2$
$b_4$	$c_4$	$c_3$	$c_2$	$c_1$

Ein zufällig ausgewähltes  $4 \times 4$  lateinisches Quadrat

➤ Möglich ist auch, unabhängig vom konkreten Design der ANOVA lineare Störeinflüsse von einer (oder mehreren) metrischen Variablen, die als **Kovariate(n)** bezeichnet werden, aus der AV herauszupartialisieren. Dieses Verfahren bezeichnet man als **Kovarianzanalyse** (analysis of covariance, ANCOVA; in SPSS: Diehl & Staufenbiel, Kap. 51)

**Beispiel:** In einer Studie sollen verschiedene Methoden zum Erwerb der Grundlagen der Mathematik bzgl. ihrer Effektivität verglichen werden. Als Kovariate wird die Intelligenz kontrolliert.

# Weitere varianzanalytische Verfahren: Hierarchische Pläne

- In **hierarchischen Versuchsplänen** (**nested designs**) sind die Faktoren nicht orthogonal kombiniert sondern ineinander verschachtelt (vgl. Bortz & Schuster, 2010, Kap. 17.1-2).
- Im **Beispiel** wird untersucht, wie sich die Therapiemethode (Faktor  $A$ , 3 Stufen, fest, ohne MW) und der/die TherapeutIn (Faktor  $B$ , 6 Stufen = TherapeutInnen, zufällig, ohne MW) auf den Therapieerfolg auswirken.
- Eine orthogonale Kombination wäre hier schwierig, wenn die TherapeutInnen nicht alle Methoden beherrschen. In diesem Falle könnte das nebenstehende hierarchische Design gewählt werden, bei dem der Faktor  $B$  in den Faktor  $A$  geschachtelt (genestet) ist. Man schreibt auch  $B(A)$  („ $B$  in  $A$ “) oder manchmal auch  $B/A$  (Keppel & Wickens, 2004).
- Statt 18 Gruppen untersuchen wir also nur (die blau hinterlegten) sechs. Jede Faktorstufe von  $B$  tritt also nur mit bestimmten Faktorstufen von  $A$  auf.
- Der Nachteil des dargestellten genesteten Plans ist, dass zwar die Haupteffekte  $A$  und  $B(A)$ , nicht aber die Interaktion  $A \times B(A)$  bestimmt werden kann.

		Faktor A: Therapiemethode		
		$a_1$	$a_2$	$a_3$
Faktor B: TherapeutIn	$b_1$			
	$b_2$			
	$b_3$			
	$b_4$			
	$b_5$			
	$b_6$			

# Weitere varianzanalytische Verfahren: Hierarchische Pläne

- In hierarchischen Plänen ist der genestete Faktor häufig ein zufälliger Blockingfaktor, dessen Varianz kontrolliert werden soll, der aber selbst primär nicht von Interesse ist. Anderes **Beispiel**: Blockingfaktor Schulklasse bei der Untersuchung der Wirksamkeit von Lehrmethoden in einer Stichprobe von 8. Klassen in Gymnasien in Osnabrück.

- Genestete Design sind auch bei höherfaktoriellen Designs möglich. Ist z.B. im dreifaktoriellen Fall Faktor  $B$  in  $A$  und  $C$  genestet und zusätzlich  $C$  in  $A$ , dann können (nur) die drei Haupteffekte  $A$ ,  $B(AC)$  und  $C(A)$  untersucht werden.

**Beispiel**: Wir erweitern unser Beispiel oben und wollen zudem untersuchen, ob sich  $C$  = Kliniken unterscheiden, die aber jeweils nur Therapeuten einer bestimmten therapeutischen Orientierung beschäftigen. Therapeuten  $B$  sind jetzt genestet in Therapiemethoden ( $A$ ) und genestet in Kliniken ( $C$ ) und Kliniken sind ebenfalls genestet in Therapiemethoden.

- Möglich ist auch, dass nicht alle Faktoren untereinander genestet sind (**teilhierarchische Pläne**), z.B. ist  $B$  in  $A$  geschachtelt, aber  $A$  und  $B(A)$  sind orthogonal mit  $C$  kombiniert. In diesem Fall könnten nicht nur die drei Haupteffekte, sondern auch die Interaktionen  $A \times C$  und  $B(A) \times C$  getestet werden.

**Beispiel**: Wir führen im obigen Beispiel einen zusätzlicher Faktor  $C$  = Geschlecht der Pt ein, der orthogonal zu  $A$  (Therapiemethode) und  $B(A)$  (TherapeutInnen) realisiert werden kann.

# Weitere varianzanalytische Verfahren: Hierarchische Pläne

- Bei der entsprechenden Wahl der  $MQ$  zur Testung muss auch beachtet werden, ob bzw. wo in dem Design Messwiederholung vorliegt (Keppel & Wickens, 2004, S. 551ff).
- **Beispiel:** Es soll untersucht werden, ob man sich eher Geschichten mit bekannten oder exotischen Inhalten merken kann (Faktor  $A$ : Vertrautheit). Unter jeder Bedingungen sollen 3 Geschichten erinnert werden (Faktor  $B$ : Geschichte).  $B$  ist genestet in  $A$ :  $B(A)$ .

	$a_1$	$a_2$
$b_1$	$n_{11} = 5$	
$b_2$	$n_{12} = 5$	
$b_3$	$n_{13} = 5$	
$b_4$		$n_{21} = 5$
$b_5$		$n_{22} = 5$
$b_6$		$n_{23} = 5$

vollständig unabhängige  
Gruppen ( $n = 30$ )

	$a_1$	$a_2$
$b_1$		
$b_2$		
$b_3$		
$b_4$		
$b_5$		
$b_6$		

vollständig abhängige  
Gruppen ( $n = 5$ )



	$a_1$	$a_2$
$b_1$	↓ $n_1 = 5$	
$b_2$		
$b_3$		
$b_4$		↓ $n_2 = 5$
$b_5$		
$b_6$		

gemischt  
( $n = 10$ )

- Genestete Designs können mittels SPSS nur über die Syntax ausgewertet werden (vgl. Howell, 2010, S. 435f).



## Zitierte Quellen:

-  Diehl, J. M. & Staufenbiel, T. (2007). *Statistik mit SPSS für Windows, Version 15*. Frankfurt am Main: Klotz.
-  Howell, D. C. (2010). *Statistical methods of psychology* (7<sup>th</sup> ed). Belmont, CA: Wadsworth Cengage.