STUDIENKURS GESUNDHEIT & PFLEGE

Brühl | Reichert

Statistik

für Pflege, Soziale Arbeit und Humanwissenschaften

Nomos

STUDIENKURS GESUNDHEIT & PFLEGE

Lehrbuchreihe für Studierende der Gesundheitswissenschaft, Pflege, Pflegewissenschaft und Pflegemanagement sowie Hebammenkunde und Hebammenwissenschaft

Der Studienkurs „Gesundheit und Pflege" ermöglicht den schnellen und verständlichen Einstieg in die zentralen Themen der gesamten Gesundheitswissenschaften (u.a. Gesundheitsmanagement, Gesundheitsökonomie oder Public Health), der Pflege (u.a. Pflegewissenschaft, Pflegemanagement oder Pflegepädagogik) sowie des Hebammenwesens. Didaktische Elemente wie Definitionen, Reflexionsfragen, Fallbeispiele aus der Praxis sowie weiterführende Literaturlisten ermöglichen einen sachkundigen Einstieg in das jeweilige Themenfeld. Die Bücher richten sich an StudentInnen sowie QuereinsteigerInnen der jeweiligen Fachdisziplinen. Ausgewiesene ExpertInnen sorgen für Überblickswissen und einen fundierten Zugang zu den Disziplinen.

Albert Brühl | Dorothea Reichert

Statistik

für Pflege, Soziale Arbeit und
Humanwissenschaften

Nomos

Onlineversion
Nomos eLibrary

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISBN 978-3-8487-7075-5 (Print)

ISBN 978-3-7489-2465-4 (ePDF)

1. Auflage 2021

Vorwort

Das vorliegende Lehrbuch ist von 2006-2020 für und mit den Master-Studiengruppen der Pflegewissenschaft und im Promotionsprogramm der Philosophisch-Theologischen Hochschule in Vallendar entstanden. Das grosse Feld der angewandten Statistik wird in den Ausschnitten behandelt, die sich aus der Bearbeitung von Fragestellungen zu den Themenfeldern „Pflegebedürftigkeit“, „Pflegequalität“, „Pflegekompetenzmessung“ und „Personalbemessung“ ergeben haben. Die Bedürfnisse der Studentinnen und Studenten bei der Einführung in die Anwendung von Statistik führte zu einer Vielzahl von Übungsaufgaben, die im Buch der Einübung insbesondere der uni- und bivariaten Verfahren dienen. Die Studentinnen und Studenten haben Statistik mit hohem Engagement auf relevante Fragestellungen angewandt. Ausdruck dieses Engagements sind die 31 Masterarbeiten und die 14 Promotionen die in dieser Zeit am Lehrstuhl für Statistik und standardisierte Verfahren entstanden sind. Mein Dank gilt allen Studenten aus dieser Zeit. Ich danke auch meiner Ko-Autorin, Frau Dorothea Reichert, die viele Verbesserungen eingebracht und eine Vielzahl von Fehlern korrigiert hat. Frau Dr. Krupp und Frau Fried sei gedankt für die Kapitel zur Probabilistischen Testtheorie und zur Multidimensionalen Skalierung. Frau Prof. Dr. Planer und Herrn Dr. Bergmann danke ich herzlich für Ihr Engagement und ihre fachlichen Impulse, die sie in Ihrer Zeit als Mitarbeiterin und Mitarbeiter am Lehrstuhl für den Aufbau des Faches gegeben haben.

Die Inhalte des Buches reichen von einer allgemeinen Einführung in Grundlagen bis hin zu komplexen multivariaten Verfahren, die meist in Qualifikationsarbeiten und Forschungsprojekten eingesetzt wurden. Gerade die Kapitel zu komplexen Verfahren, wie z.B. der Mehrebenen-Analyse, sind immer Hinweise auf die Relevanz dieser Methoden. Ihr Einsatz erfordert aber meist viel mehr als hier dargestellt werden konnte und setzt sicher zusätzliche fachliche Begleitung sowie die Nutzung von Vertiefungsliteratur voraus, auf die wir verweisen. Zu einigen Vertiefungs-Themen haben wir bereits 2020 ein Buch „Innovative Statistik in der Pflegeforschung“ veröffentlicht, in dem wir die Ergebnisse der Vallendarer Sommerakademie 2018 zusammengefasst haben.

Leider geht die Wahrscheinlichkeit gegen eins, dass das Buch Fehler enthält. Falls wir nicht selbst darauf stossen, bitten wir um Nachricht und korrigieren diese. Wir werden für diese Korrekturen eine Unterseite auf der Internet-Seite des Lehrstuhls einrichten.

Ich wünsche mir, dass das Buch einen Einstieg in die Anwendung von Statistik erleichtert und so vielen Studentinnen und Studenten das Fach näherbringt.

Vallendar, April 2021 *Univ.-Prof. Dr. Albert Brühl*

Inhalt

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1. Einführung

1.1 Fragestellung und Hypothese

Die Fragestellung steht zu Beginn jeder wissenschaftlichen Untersuchung und soll durch diese beantwortet werden (Nagl 2011, S. 7). Es besteht somit ein inhaltliches Erkenntnisinteresse: man möchte ein Problem lösen, man möchte mehr über einen Sachverhalt wissen oder man ist überzeugt, dass eine Massnahme besser ist als eine andere und möchte dies überprüfen (Mayer 2015, S. 310). Eine Forschungsfrage ist die ausdrückliche Frage nach einem bestimmten Problem bzw. nach bestimmten Aspekten eines Problems, die man mittels eines systematischen wissenschaftlichen Prozesses untersuchen möchte. Eine Fragestellung bezieht sich auf einen meist umfassenderen Gegenstandsbereich. So kann der Forschungsgegenstand z. B. Prozessqualität sein und die konkrete Fragestellung darin bestehen, worin sich Professionelle verschiedener Qualifikationsstufen in der Wahrnehmung von Klienten unterscheiden. Hier ergibt sich dann immer auch direkt eine Verbindung zwischen einem Gegenstandsbereich, einer Fragestellung und den Methoden, mit denen die Fragestellung untersucht wird.

Anhand von Fragestellungen werden Hypothesen (Annahmen oder Vermutungen) formuliert. Hypothesen sind wissenschaftliche Annahmen über Problemzusammenhänge und legen den Zusammenhang zwischen den zu untersuchenden Merkmalen fest (Mayer 2015, S. 87) oder formulieren Annahmen über Unterschiede, die zwischen Phänomenen herrschen sollen. Partikuläre Hypothesen, z. B. „Florence Nightingale starb in London", können von universellen bzw. allgemeinen Hypothesen, z. B. „Ein Studium führt bei allen Menschen zu einem Zuwachs an Phasen psychischer Gesundheit", unterschieden werden. Hypothesen sind häufig Wenn-Dann-Aussagen (z. B. „Alle Bewohner die noch selbständig trinken können, haben keine Dehydratation") oder Je-Desto-Aussagen (z. B. „Je häufiger ein Bewohner stürzt, desto dehydrierter ist er") (Schnell et al. 2011, S. 49).

Hypothesen können verifiziert (bestätigt) oder falsifiziert (widerlegt) werden. Eine partikuläre Hypothese kann sowohl verifiziert als auch falsifiziert werden, indem man feststellt, ob das Prädikat auf das Subjekt zutrifft oder nicht. Generelle Hypothesen können prinzipiell nicht verifiziert werden, da es unmöglich ist, alle Objekte eines Gegenstandsbereichs zu untersuchen. Durch ein Gegenbeispiel können generelle Hypothesen aber falsifiziert werden. Durch Falsifikation einer Hypothese gelangt man zu Erkenntnisgewinn, da hierdurch Unsicherheit eingeschränkt wird. Um eine Hypothese falsifizieren zu können, muss eindeutig sein, wenn eine Hypothese falsch bzw. unwahr ist. Die verwendeten Begriffe und Phänomene müssen genau definiert sein. Das gelingt in den Sozialwissenschaften oft nicht. Verifiziert man eine Hypothese, bedeutet dies keinen Erkenntnisgewinn, da die Hypothese trotzdem falsch sein kann. Man kann auch zwei einander ausschliessende Hypothesen aufstellen und feststellen, welche von beiden der Überprüfung standhält. Kann eine Hypothese über einen längeren Zeitraum nicht falsifiziert werden, beginnt man diese für wahr zu halten. Mittels empirischer Forschung führt die Falsifikation von Hypothesen zur Überprüfung von Theorien. Beispiel: Betrachten wir das Auftreten von Dekubitus und Dehydratation bei Bewohnerinnen eines Altenpflegeheims. Wir stellen die Hypothese auf, dass alle Bewohnerinnen mit Dekubitus keine Dehydratation haben. Um diese Hypothese falsifizieren zu können, müssen wir eine Bewohnerin finden, die einen Dekubitus hat und gleichzeitig dehydriert ist. Für die Falsifikation nicht relevant sind Bewohnerinnen, die keinen Dekubitus haben und nicht dehydriert sind. Daneben sind Begriffsbestimmungen notwendig: Wann liegt ein Dekubitus vor? Wann ist eine Person dehydriert?

Hypothesen sollten durch Theorie gestützt sein. Werden theoretisch nicht begründbare Annahmen als Hypothesen formuliert, spricht man von Ad-Hoc-Hypothesen. Diese kann zur Erklärung eines beobachteten Effekts oder aufgrund theoretischer Konsistenz aufgestellt werden. Beispiel: Die Entwicklung der Pflegebedürftigkeit kann im Zusammenhang mit Mobilität beobachtet werden. Einerseits könnten Mobilitätseinschränkungen zu einer höheren Pflegebedürftigkeit führen (unabhängig gestützte Hypothese: „Zunehmende Mobilitätseinschränkungen führen zu erhöhter Pflegebedürftigkeit“). Andererseits wird die Hypothese aufgestellt, dass, wenn mit steigender Pflegebedürftigkeit keine Mobilitätseinschränkungen vorliegen, die Pflegebedürftigkeit durch das Geschlecht beeinflusst wird (Ad-Hoc-Hypothese: „Männer sind pflegebedürftiger als Frauen“). Bei fehlender Verschlechterung der Mobilität kann somit die sich erhöhende Pflegebedürftigkeit nicht durch Mobilitätseinschränkungen erklärt werden. Hierfür wird eine weitere – zunächst nicht begründbare – Hypothese aufgestellt, um erhöhte Pflegebedürftigkeit dadurch zu erklären, dass ein Bewohner ein Mann ist.

▶ Übungsaufgaben A

Welche dieser Aussagen sind Ihrer Meinung nach Hypothesen?

Aufgabe 1: „Je teurer die Waren, desto weniger werden gekauft.“

Aufgabe 2: „Soziales Handeln ist das in seinem Sinn auf andere bezogene Handeln.“ (M. Weber).

Aufgabe 3: „Studierende arbeiten im Durchschnitt 35 Stunden.“

Aufgabe 4: „Pflegebedürftige mit Dehydratation haben auch einen Dekubitus.“

Aufgabe 5: „Wenn das Essen im Krankenhaus gut ist, dann haben die Patienten eine hohe Zufriedenheit.“

Aufgabe 6: „Die Erde ist eine Scheibe, und es ist nicht der Fall, dass die Erde eine Scheibe ist.“

Aufgabe 7: „Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter, oder es bleibt wie es ist.“

Aufgabe 8: Welche Aussage trifft zu?

- ☐ a. Eine generelle Hypothese kann nicht verifiziert werden.
- ☐ b. Eine generelle Hypothese kann nicht falsifiziert werden.
- ☐ c. Die Möglichkeiten der wissenschaftlichen Überprüfung genereller und partikulärer Hypothesen unterscheiden sich nicht.
- ☐ d. Partikuläre Hypothesen bieten die Möglichkeit des Erkenntnisfortschritts.

5. Einstieg in die Inferenzstatistik

Innerhalb der Inferenzstatistik können Verfahren anhand verschiedener Systematiken unterschieden werden. Ein Kriterium kann die Anzahl der Variablen sein, die innerhalb eines Verfahrens eingesetzt werden.

Univariate Methoden sind Verfahren, die zur Beschreibung einzelner Variablen dienen und z.B. der Frage nachgehen, ob Leistungszeiten normalverteilt sind.

Bivariate Methoden sind Verfahren, die den Zusammenhang zwischen zwei Variablen beschreiben, wenn z.B. in eine Chi^2-Unabhängigkeitstest untersucht wird, ob das Geschlecht einer Person einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit, dass sie zur Gruppe der Raucher gezählt wird.

Multivariate Methoden sind Verfahren, die den Zusammenhang zwischen mehreren Variablen beschreiben, also z.B. das Wahlverhalten von Wählern aus Variablen wie dem durchschnittlichen Jahreseinkommen, dem Bildungsniveau und der Grösse des Wohnortes vorhersagen zu wollen.

Wir beginnen mit der Darstellung von möglichen Verteilungen einzelner Merkmale.

5.1 Normalverteilung

Ist eine Verteilung unimodal (es gibt nur einen Modalwert) und symmetrisch und weist sie zudem einen glockenförmigen Verlauf auf, dann wird diese Verteilung als Normalverteilung bezeichnet.

Bei einer Normalverteilung sind Modus, Median und Mittelwert identisch.

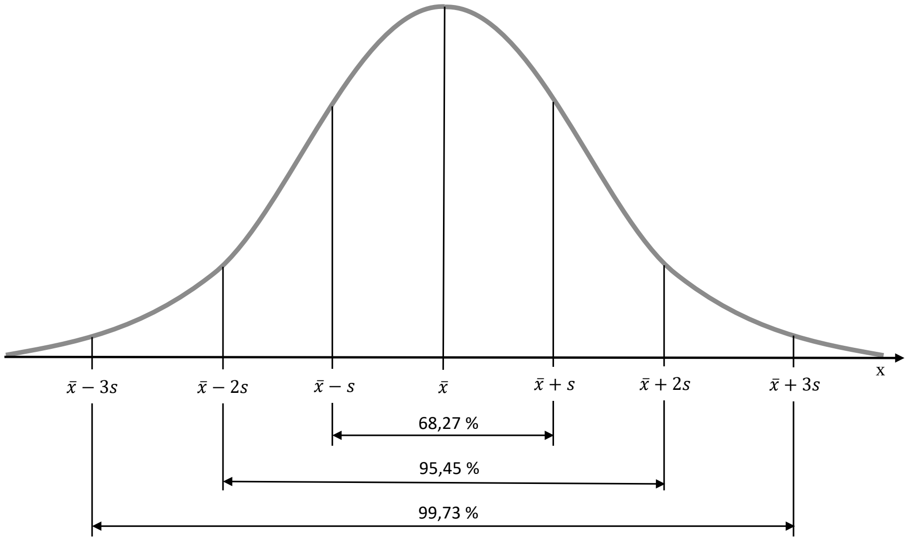

Abbildung 4: Normalverteilung

Für Normalverteilungen gilt, dass zwischen dem Mittelwert und der Standardabweichung genau 68.27 % aller Fälle liegen.

Beispiel:

Beim Würfeln mit zwei fairen Würfeln sind die Werte 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 und 12 möglich.

Die Wahrscheinlichkeit von Augensummen zweier Würfel zeigt folgende Grafik:

2	❶❶	→ 1:36	→ 1:16
3	❶❷*❷❶	→ 2:36	→ 1:18
4	❶❸*❸❶*❷❷	→ 3:36	→ 1:12
5	❶❹*❹❶*❷❸*❸❷	→ 4:36	→ 1:9
6	❶❺*❺❶*❷❹*❹❷*❸❸	→ 5:36	→ 1:7,2
7	❶❻*❻❶*❺❷*❷❺*❸❹*❹❸	→ 6:36	→ 1:6
8	❷❻*❻❷*❺❸*❸❺*❹❹	→ 5:36	→ 1:7,2
9	❸❻*❻❸*❺❹*❹❺	→ 4:36	→ 1:9
10	❹❻*❻❹*❺❺	→ 3:36	→ 1:12
11	❺❻*❻❺	→ 2:36	→ 1:18
12	❻❻	→ 1:16	→ 1:36

Abbildung 5: Wahrscheinlichkeit von Augensummen zweier Würfel

Wie die Grafik zeigt, gibt es beim Würfeln mit zwei Würfeln 36 mögliche, unterschiedliche Ergebnisse. Die Summe von 2 kann nur erreicht werden, wenn man mit beiden Würfeln 1 Auge würfelt, die Wahrscheinlichkeit liegt hier bei $\frac{1}{36}$ oder 0,0278 also 2,78 %. Die Summe 7 ergibt sich, wenn man folgende Kombinationen würfelt: 1 und 6, 6 und 1, 5 und 2, 2 und 5, 3 und 4 sowie 4 und 3. Somit gibt es 6 Kombinationsmöglichkeiten, um die Summe 7 zu würfeln. Die Wahrscheinlichkeit, eine 7 zu würfeln, liegt somit bei $\frac{6}{36}$ oder 0,1667 oder 16,67 %.

Modus, Median und Mittelwert liegen somit bei der Summe 7 für das Würfeln mit zwei Würfeln. Zudem ist die Verteilung symmetrisch. Die Möglichkeit, eine 2 zu würfeln, entspricht der Möglichkeit, eine 12 zu würfeln. Gleiches gilt für 3 und 11, 4 und 10, 5 und 9, 6 und 8.

Für dieses Beispiel kann nun die Standardabweichung analog der Formel unter 4.3.2 berechnet werden (zur Erinnerung: $s = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) * \sum_{i=1}^{k} (x_i - \overline{x})2}$

Dazu wird zunächst der Mittelwert berechnet:

$$\overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{n}^{i=1} x_i$$

$$\overline{x} = \frac{1*2 + 2*3 + 3*4 + 4*5 + 5*6 + 6*7 + 5*8 + 4*9 + 3*10 + 2*11 + 1*12}{36}$$

$$\overline{x} = \frac{2 + 6 + 12 + 20 + 30 + 42 + 40 + 36 + 30 + 22 + 12}{36}$$

$$\overline{x} = \frac{252}{36}$$

$$\overline{x} = 7$$

Der Mittelwert könnte auch anhand der Grafik abgelesen werden.

Nun berechnen wir mit diesem Mittelwert die Varianz:

$$s2 = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum_{i=1}^{k} (x_i - \overline{x})2$$

$$s2 = \frac{\begin{array}{c}(2-7)^2 + 2(3-7)^2 + 3(4-7)^2 + 4(5-7)^2 + 5(6-7)^2 + 6(7-7)^2 \\ +5(8-7)^2 + 4(9-7)2 + 3(10-7)2 + 2(11-7)^2 + \left(12-7\right)2\end{array}}{36}$$

$$s2 = \frac{25 + 2*16 + 3*9 + 4*4 + 5*1 + 6*0 + 5*1 + 4*4 + 3*9 + 2*16 + 25}{36}$$

$$s2 = \frac{25 + 32 + 27 + 16 + 5 + 0 + 5 + 16 + 27 + 32 + 25}{36}$$

$$s2 = \frac{210}{36}$$

$$s2 = 5{,}833$$

Und aus der Varianz die Standardabweichung:

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = 2{,}41$$

5.1.1 z-Verteilung (Standardnormalverteilung)

Zwei Personen aus unterschiedlichen Gruppen können miteinander verglichen werden. Beispielsweise kann man die Examensnoten der schriftlichen Prüfung miteinander vergleichen. Pflegekraft A hatte im schriftlichen Examen die Note 2 und führte ihr Examen 2010 durch. Pflegekraft B hatte im schriftlichen Examen ebenfalls die Note 2 und führte ihr Examen an der gleichen Pflegeschule im Jahr 2015 durch. Nun ist die Frage, ob beide Leistungen gleichwertig sind. Dies scheint primär so zu sein. Jedoch kann das Examen im Jahr 2015 deutlich einfacher (oder schwerer) im Vergleich zum schriftlichen Examen im Jahr 2010 gewesen sein, sodass die beiden Leistungen nicht automatisch als gleich betrachtet werden können.

Um die beiden Noten miteinander vergleichen zu können, könnte man nun ausrechnen, wie viele Personen (in %) jeweils im Jahr 2010 und 2015 besser als Pflegekraft A bzw. B waren.

Daneben könnte auch die individuelle Leistung der Pflegekraft A bzw. B mit der Durchschnittsleistung des jeweiligen Kollektivs verglichen werden.

Um die Abweichungen zweier Leistungen vom Mittelwert besser vergleichbar zu machen, müssen zunächst die Unterschiedlichkeiten aller Werte im jeweiligen Kollektiv relativiert werden. Dies geschieht, indem die Abweichungen durch die Standardabweichung im jeweiligen Kollektiv dividiert werden. Dieser Wert wird dann als z-Wert bezeichnet (Bortz/Döring 2006, S. 44–45).

$$z_i = \frac{x_i - \overline{x}}{s}$$

Formel 9

Die Transformation von Originaldaten in z-Daten

Wert a=30 in einer Verteilung mit $\overline{x} = 60$ und s=24.

Wert b=5 in einer Verteilung mit $\overline{x} = 10$ und s=4

Welche relative Stellung haben der Wert 30 und der Wert 5 innerhalb ihrer Verteilung? Dazu berechnet man den z-Wert für beide Verteilungen:

$$z_i = \frac{x_i - \overline{x}}{s}$$

$$z_a = \frac{x_a - \overline{x}}{s} = \frac{30 - 60}{24} = -1{,}25$$

$$z_b = \frac{x_b - \overline{x}}{s} = \frac{5 - 10}{4} = -1{,}25$$

Obwohl absolut unterschiedlich, haben beide den Standardwert, der sich in der Abweichung des Wertes vom Mittelwert in Einheiten des Standardfehlers ausdrücken lässt. Ein z-Wert von -1,25 bedeutet also 1,25 Einheiten des Standardfehlers unterhalb des Mittelwertes.

9. Regression

Die Idee der Regression geht auf einen hypothetischen Zusammenhang (Korrelation) von zwei oder mehr Variablen zurück. Ein rudimentäres Mass dafür stellt die Kovarianz s_{xy} dar (Müller-Benedict 2011, 239ff):[15]

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i) -)\overline{x}y_i - \overline{y})$$

Formel 56

Erkennbar wird, dass die Kovarianz zunächst nur eine Richtung des Zusammenhangs angibt, denn ihre Grösse ist durch die jeweilige Einheit der Variablen determiniert (man stelle sich vor, man berechne die Kovarianz für den Zusammenhang zwischen Schuhgrösse und Körpergrösse in m. Eine einfache Anpassung der Grössen auf cm maximiert die Kovarianz). Es lassen sich also anhand der Kovarianz lediglich triviale Aussagen machen, wie bspw. „Variable b wird tendenziell grösser, wenn Variable a grösser wird“. Zu einer übersichtlicheren Bewertung eines Zusammenhangs kann die Kovarianz standardisiert werden. Dies geschieht mit Hilfe des Produkts der Standardabweichungen beider Variablen. Man spricht von der Produkt-Moment-Korrelation r (vgl. Bortz/Schuster 2010, S. 156):

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

Formel 57

Diese Standardisierung entspricht der Kovarianz der z-transformierten Variablen x und y, genannt z_{xi} und z_{yi} (ebd.):

$$r = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} z_{xi} z_{yi}$$

Formel 58

r nimmt nach dieser Transformation Werte zwischen -1 (perfekt negativer Zusammenhang) und +1 (perfekt positiver Zusammenhang) an.

Das Vorhandensein eines Zusammenhangs stellt eine Bedingung für die Abbildung dieses Zusammenhangs mit Hilfe einer Formel oder Gleichung dar. Zur Erarbeitung einer solchen Gleichung dient die Regressionsanalyse. Je nach Art des Zusammenhangs können verschiedene Modelle auf entsprechende Daten angewendet werden. Verschiedene Modelle gehen auch teilweise von verschiedenen Voraussetzungen aus. Sie können daher in parametrische (gehen von bestimmten Verteilungen der Variable(n) aus) oder nicht-parametrische (haben keine Vorannahmen zur Verteilung der Variable(n)) Modelle unterteilt werden.

15 Die Kapitel 9. bis 9.3 beruhen teilweise auf einer Ausarbeitung von Michael Knop (2017) und der Masterthesis von Sandra Benesch (2020).

9.1 Einfache lineare Regression

In der einfachen linearen Regression wird der Zusammenhang zwischen zwei Variablen als linear angenommen. Die einfache lineare Regression wird im Folgenden anhand eines Beispiels aus InQuaFa (Innovationen in Qualität bei variierender Fachkraftquote) erläutert. In diesem Forschungsprojekt wurde unter anderem untersucht, inwiefern die Pflegegrade (PG) einen Rückschluss auf die Fachkraftzeit in Minuten in zwei Tagen (FKZeit) geben. Dazu schauen wir uns hier die ersten zehn Fälle in einer Einrichtung mit einer Fachkraftstelle pro zehn Pflegeplätzen an.

Fallnummer	FKZeit	PG
1	31	4
2	05	3
3	51	3
4	58	4
5	58	4
6	23	4
7	29	5
8	04	2
9	18	5
10	05	2

Tabelle 10: Beispieldatensatz mit zwei Variablen

Es ist sinnvoll, bereits eine berechtigte Vorannahme zum Datensatz zu haben. Hierbei kann neben der bereits erwähnten Bestimmung der Produkt-Moment-Korrelation die Betrachtung eines Streudiagramms sinnvoll sein (Rumsey/Muhr 2012, 87ff). Dieses zeigt mehrere Datenpaare in einer gemeinsamen Ansicht. Im Folgenden findet sich das Streudiagramm für unseren Beispieldatensatz.

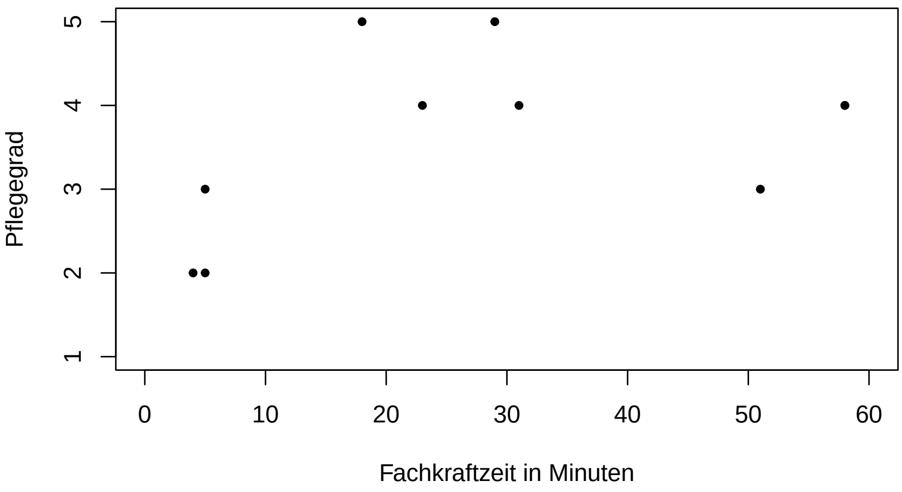

Abbildung 14: Streudiagramm

Sofern ein linearer Zusammenhang nicht bereits aus der Berechnung der Produkt-Moment-Korrelation und einem Streudiagramm ausgeschlossen werden kann, wird ein hypothetischer mathematischer Zusammenhang benötigt, mit dem die Art der Relation ausgedrückt werden kann. Ein einfacher linearer Zusammenhang folgt allgemein der Form einer Geradengleichung:

$y = a + bx$

mit y als abhängige (zu erklärende) Variable, x als unabhängige (erklärende) Variable, b als Steigungskoeffizient der Geraden und a als y-Achsenabschnitt. Somit ist die Regressionsgerade eindeutig definiert.

Somit benötigen wir zwei Variablen. Bezogen auf das Beispiel ist die abhängige (zu erklärende) Variable (auch Kriterium genannt) die Fachkraftzeit (y) und die unabhängige (erklärende) Variable (auch Prädiktor genannt) der Pflegegrad (x). Aus unserem Datensatz können wir nun den Steigungskoeffizienten b und das Gewicht a berechnen.

Dazu berechnen wir zunächst den Mittelwert der Fachkraftzeit und der Pflegegrade.

Fallnummer	FKZeit	Mittelwert (FKZeit)	PG	Mittelwert (PG)
1	31	28,2	4	3,6
2	05	28,2	3	3,6
3	51	28,2	3	3,6
4	58	28,2	4	3,6
5	58	28,2	4	3,6
6	23	28,2	4	3,6
7	29	28,2	5	3,6
8	04	28,2	2	3,6
9	18	28,2	5	3,6
10	05	28,2	2	3,6
	s = 21,33		s = 1,07	

Tabelle 11: Mittelwerte des Beispieldatensatzes

Zur Berechnung des Steigungskoeffizienten b und des Gewichts a benötigen wir ferner:

- Die Abweichung der Fachkraftzeit.
- Die Abweichung der Pflegegrade.
- Die Abweichung der Fachkraftzeit multipliziert mit der Abweichung der Pflegegrade (Produkt-Moment-Summe).
- Die quadrierten Abweichungen der Pflegegrade.

Fallnr.	FKZeit	Mittelwert FKZeit	PG	Mittelwert PG	Abweichung FKZeit	Abweichung PG	Produkt-Moment	Abweichung PG²
1	31	28,2	4	3,6	2,8	0,4	1,12	0,16
2	05	28,2	3	3,6	-23,2	-0,6	13,92	0,36
3	51	28,2	3	3,6	22,8	-0,6	-13,68	0,36
4	58	28,2	4	3,6	29,8	0,4	11,92	0,16
5	58	28,2	4	3,6	29,8	0,4	11,92	0,16
6	23	28,2	4	3,6	-5,2	0,4	-2,08	0,16
7	29	28,2	5	3,6	0,8	1,4	1,12	1,96
8	04	28,2	2	3,6	-24,2	-1,6	38,72	2,56
9	18	28,2	5	3,6	-10,2	1,4	-14,28	1,96
10	05	28,2	2	3,6	-23,2	-1,6	37,12	2,56
Summe							85,8	10,4

Beginnen wir damit, den Steigungskoeffizienten b zu berechnen, wobei nach Benninghaus (2007, S. 199) gilt:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}$$

Formel 59

Der Zähler der Formel 59 bezieht sich auf die Produkt-Moment-Summe und der Nenner auf die quadrierten Abweichungen des Pflegegrads:

$$b = \frac{\text{Produkt} - \text{Moment} - \text{Summe aus PG und FKZeit}}{\text{Summe der quadrierten Abweichungen des PG}}$$

Oder:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\text{PG}_i - \text{Mittelwert PG})(\text{FKZeit}_i - \text{Mittelwert FKZeit})}{\sum_{i=1}^{n}(\text{PG}_i - \text{Mittelwert PG})2}$$

Für unseren Beispieldatensatz bedeutet dies:

$$b = \frac{85{,}8}{10{,}4} = 8{,}25$$

Mit einem Anstieg des Pflegegrades steigt somit die Fachkraftzeit in zwei Tagen um 8,25 Minuten.

Die Gleichung für b ergibt sich aus dem Prinzip der Kleinste-Quadrate-Methode. In dieser Methode geht es darum, die Differenzen der prognostizierten zu den realen y-Werten zu minimieren (Rasch et al. 2014, S. 99). Die Bedeutung von b als Steigungskoeffizient stellt sich als Mass für die Veränderung von y als zu erklärende Variable in Abhängigkeit von x als erklärende Variable dar. Beispielsweise drückt ein Steigungskoeffizient b=1 aus, dass sich y um exakt eine Einheit ändert, wenn sich x um exakt eine Einheit ändert.

13. Instrumentenentwicklung

13.1 Sinn einer Theorie der Instrumentenentwicklung

Arbeitsbereiche der Instrumentenentwicklung

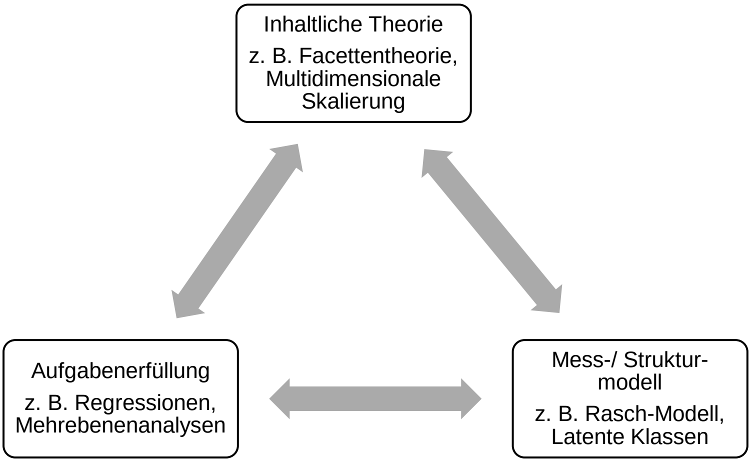

Abbildung 25: Arbeitsbereiche der Instrumentenentwicklung

Testtheorien bieten einen Erklärungsansatz zur Entwicklung und Bewertung von Testverfahren. Ursprünglich finden sie Anwendung auf psychometrische Testverfahren. Aufgaben der Psychometrie decken sich dort häufig mit den Aufgaben der Pflegewissenschaft, da beide versuchen, latente Konstrukte zu messen . Der Unterschied besteht darin, dass die Konstrukte in der Pflege konstruiert, also auf Mikro-, Meso- und Makroebene zu betrachten sind, was Instrumentenentwicklung fast immer zu einem politisch überformten Prozess macht.

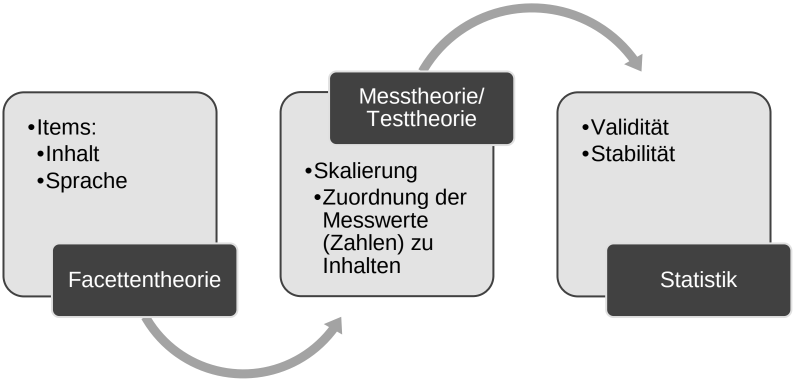

Abbildung 26: Zusammenhang von Facettentheorie, Messtheorie und Statistik

Ziel der Instrumentenentwicklung:

Aktuell wird politisch entschieden, welche Instrumente eingeführt werden. Entscheidend sind Konsensprozesse in Gremien von Nicht-Experten. Pflegewissenschaft ist mit zu geringer fachlicher Expertise ausgestattet. Entscheidend sind nicht wissenschaftliche, sondern politische Kriterien.

Ziel: Verbesserung der wissenschaftlichen Expertise, dass die Entwicklungsfähigkeit von Instrumenten sichergestellt werden kann.

13.2 Klassische Testtheorie

Probleme im Einsatz der Klassischen Testtheorie:

1. Die impliziten Testmodelle in der Pflege gehen von Annahmen aus, die den Axiomen der klassischen Testtheorie sehr ähnlich sind (Merkmalskonstanz, Normalverteilung der Fehler, intervallskalierte Daten). Diese bleiben implizit und ungeprüft und produzieren für die Praxis irrelevante Ergebnisse.
2. Die klassische Testtheorie stellt keinen Rahmen dar, in dem Methoden entwickelt wurden, um aus kategorialen Daten intervallskalierte zu machen. Sie setzt intervallskalierte Daten voraus, kann aber nicht prüfen, ob sie vorliegen.

Axiome der Klassischen Testtheorie

1. **Axiom**
   Beobachteter Wert=Konstanter wahrer Wert+Messfehler
   X=beobachteter Wert
   T=wahrer Wert
   E=Messfehler
   X=T+E
   Messfehler: alle unsystematischen Faktoren, die das Messergebnis beeinflussen.
   Nur sinnvoll bei metrischen Daten.
2. **Axiom**
   Messfehler: normalverteilte Zufallsvariable mit dem Erwartungswert=0
   Summe der Messfehler bei unendlich vielen Messungen wäre gleich Null.
   Der Mittelwert eines Merkmals wäre bei unendlich vielen Messungen also gleich dem wahren Wert.
3. **Axiom**
   Die Messfehler sind unabhängig von den wahren Werten des gleichen oder eines anderen Tests und von den Messfehlern eines anderen Tests
4. **Axiom**
   Reliabilität ist gleich die wahre Varianz geteilt durch die Varianz der beobachteten Messwerte

$$r_u = \frac{S_T^2}{S_X^2}$$

Formel 115

Bei einer Reliabilität von 0,8 würden 80 % auf wahre Unterschiede zwischen Testpersonen zurückgehen und 20 % auf zufällige Unterschiede.

Standardmessfehler in der klassischen Testtheorie: Anteil der Varianz, der durch unvollständige Reliabilität verursacht wird. Streuung der beobachteten Werte um den wahren Wert über alle Personen bei einer Testung oder über mehrere Testungen unter gleichen Bedingungen bei einer Person.

Verständnisfrage: Was wäre eine Schätzung des „wahren" Wertes für eine Person, deren Testwert 90 wäre, in einem Test mit einem Mittelwert von 60, der eine Reliabilität von 0,80 aufweist?

Wahrer Wert=60+0,80*(90-60)=60+24=84

Es sind folgende Daten gegeben:

Person	Item 1 (max. 1)	Item 2 (max. 1)	Item 3 (max. 2)	Total
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1
3	1	1	1	3
4	1	1	2	4
5	1	1	2	4
Mittelwert ($\bar{x}$)	0,8	0,6	1,0	2,4
S²	0,2	0,3	1,0	3,3

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(\frac{S_x^2 - \sum_{i=1}^{k} S_i^2}{S_x^2}\right)$$

Formel 116

S_x^2: Varianz des Gesamttests

S_i^2: Varianz der einzelnen Testitems

k: Anzahl der Items

$$\alpha = \frac{3}{3-1}\left(\frac{3{,}3 - (0{,}2 + 0{,}3 + 1{,}0)}{3{,}3}\right)$$

$$\alpha = \frac{3}{2}\left(\frac{3{,}3 - 1{,}5}{3{,}3}\right)$$

$$\alpha = 1{,}5\left(\frac{1{,}8}{3{,}3}\right)$$

$$\alpha = 1{,}5 * 0{,}545$$

$$\alpha = 0{,}82$$

Kritik an der KTT:

- Axiome sind nicht prüfbar.
- Annahme der Konstanz des „wahren Wertes" einer Person ist nur für bestimmte Merkmale und für kurze Zeit sinnvoll.
- Keine Veränderungsmessung.
- Intervallskalenniveau wird vorausgesetzt aber nicht geprüft.
- Unabhängigkeit der Messfehler für verschiedene Items ist unwahrscheinlich.

Schlussfolgerung: Wenn es heisst: „Dieser Test ist auf der Basis der klassischen Testtheorie konstruiert" dann bedeutet dies: Daten werden wie intervallskalierte Daten behandelt, Merkmalskonstanz wird vorausgesetzt und bivariate Korrelationen spielen eine entscheidende Rolle.

13.3 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse ist eine Methode zur Identifikation der Dimensionen eines Konstruktes. Sie findet of in Instrumententwicklungen Anwendung, die sich auf der Basis der Klassischen Testtheorie bewegen. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung des so genannten „SF12", einem Instrument, das oft in Form eines Fragebogens eingesetzt wird, um subjektive Gesundheit zu messen. Hier wird beim Einsatz des SF12 vom Anwender eine Faktorenanalyse gefordert, um zu prüfen, ob die Faktoren „Körperliche Gesundheit" und „Psychische Gesundheit" beim Einsatz, angemessen identifiziert werden. Es gibt verschiedene Formen solche „Faktoren" zu extrahieren. In der Hauptkomponentenanalyse wird zur Reduktion einer Matrix z.B. die Singulärwertzerlegung eingesetzt. Ziel ist es dabei, eine komplexe Matrix mit vielen Variablen in eine Matrix niedriger Ordnung zu überführen und das bei geringstmöglichem Informationsverlust.

Vielfach müssen komplexe Konzepte wie z. B. „Gesundheit" in Unterkonzepte unterschieden werden, da sich der Gegenstand je nach Erkenntnisinteresse nicht ohne eine Unterscheidung von z. B. seelischer und körperlicher „Gesundheit" erfassen lässt. Ausgangspunkt ist also ein Konzept, seine Operationalisierung erfolgt oft mit einer ganzen Vielzahl von Variablen.

Die Faktorenanalyse geht nun den genau umgekehrten Weg: Ausgangspunkt ist eine Vielzahl von Variablen, von denen nicht immer gesichert bekannt ist, in welcher Weise sie zusammenhängen. Mit der Faktorenanalyse wird untersucht, ob Gruppen von Variablen vorhanden sind, hinter denen sich eine Art komplexe „Hintergrundvariable" verbirgt.

Nehmen wir das bereits genannte Beispiel des SF-12 (Short-Form des in der Medical Outcome Study eingesetzten Instruments mit nur noch 12 Items), der zur Messung des allgemeinen Gesundheitszustands eingesetzt wird. Hinter den 12 Fragen sollen sich zwei Konzepte verbergen: Körperliche Gesundheit und Psychische Gesundheit.

Stichwortverzeichnis

Die Angaben verweisen auf die Seitenzahlen des Buches.