

Inhalt

Vorwort zu den „Grundlagen der Sportwissenschaft“	9
Vorwort zu den „Grundlagen der sportwissenschaftlichen Forschungsmethoden und Statistik“	11
Hinweise zur Nutzung des Buches und des online-Kurses	13
1 Grundsätzliches	17
1.1 Bedeutung des Themengebietes	17
1.2 Forschung & Theorien – im Allgemeinen	20
1.3 Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung	23
1.4 Forschungsfragen	26
1.5 Vorgehensweise	28
1.6 Gütekriterien	35
1.7 Verantwortung	37
1.8 Beispiele für dieses Buch	39
2 Zentrale Begriffe	41
2.1 Merkmale	41
2.2 Merkmalsskalen	45
2.3 Operationalisierung	48
2.4 Population, Stichprobe, Einzelfälle	50
2.5 Kausalität	53
2.6 Hypothese	54
2.7 Wahrscheinlichkeit	58
2.8 Statistik	62
2.9 Untersuchungsformen	64
2.10 Forschungsdesigns	71
2.10.1 Experimentelle und quasiexperimentelle Designs	72
2.10.2 Stichprobenziehung	77
2.10.3 Einzelfalluntersuchungen	79
2.11 Forschungsprozess	81
2.11.1 Finden der Forschungsfrage	81
2.11.2 Planungsphase	84

2.11.3	Durchführung	88
2.11.4	Auswertungsphase	91
2.11.5	Veröffentlichung	92
3	Daten und Datenerhebung	95
3.1	Daten	95
3.1.1	Zeitliche Daten	95
3.1.2	Kinematische Daten	96
3.1.3	Dynamische Daten	98
3.1.4	Physiologische Daten	100
3.1.5	Verbale Daten	104
3.1.6	Nonverbale Daten	105
3.2	Datenerhebung	106
3.2.1	Messen	106
3.2.2	Beobachten	108
3.2.3	Erfassung von verbalen Daten	117
3.3	Test und Testen	125
3.3.1	Allgemeines	125
3.3.2	Sportmotorische Tests	128
3.4	Auswahl der Erhebungsinstrumente	130
3.5	Fehlende Daten	132
3.6	Gütekriterien der Datenerhebung	135
4	Datenaufbereitung	145
4.1	Vorbereitende Arbeiten	145
4.2	Graphische Darstellung	147
4.2.1	Häufigkeiten	147
4.2.2	Interaktionsdaten	150
4.2.3	Aufbereitung von bildhaften Daten	153
4.2.4	Kombinierte Darstellungen	155
4.3	Kennwerte	156
4.3.1	Maße der zentralen Tendenz	156
4.3.2	Streuungsmaße	162
4.3.3	z-Werte	165
4.3.4	Populationsparameter	166
4.4	Aufbereitung qualitativer Daten	171

5	Verteilungsfunktionen	177
5.1	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	177
5.2	Normalverteilungen	180
5.3	Diskrete Verteilungen	185
5.3.1	Binomialverteilungen	185
5.3.2	Weitere diskrete Verteilungen	186
5.4	Überprüfung der Verteilung	187
6	Datenanalyse	191
6.1	Abhängigkeit von Stichproben	191
6.2	Unterschiedsprüfung bei 2 Stichproben	193
6.2.1	t-Test für zwei unabhängige Stichproben	193
6.2.2	t-Test für zwei abhängige Stichproben	197
6.2.3	U-Test (Mann-Whitney)	198
6.2.4	Wilcoxon-Test	202
6.2.5	Häufigkeitsvergleiche	204
6.3	Zusammenhangsprüfungen	206
6.4	Komplexe statistische Prüfung	210
6.4.1	Varianzanalytische Verfahren	211
6.4.2	Verteilungsfreie Verfahren	218
6.5	Analyse von verbalen Daten	223
6.5.1	Quantitative Inhaltsanalysen	226
6.5.2	Qualitative Inhaltsanalysen	227
6.6	Gütekriterien der Datenanalyse	233
Anhang I: Daten und Ergebnisse zur fiktiven Untersuchung		239
Anhang II: Formelsammlung		245
Anhang III: Tabellen		248
Anhang IV: Verfahrensübersicht		255
Literaturverzeichnis		258
Personenregister		265
Sachregister		266

2.5 Kausalität

Unter Kausalität wird der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung (Effekt) verstanden. Wenn nur eine Ursache für die Wirkung verantwortlich ist, dann wird dies als monokausal bezeichnet, ansonsten wird von multikausal gesprochen.

Monokausal begründete Wirkungen sind bei sportwissenschaftlichen Untersuchungen eher unwahrscheinlich. Als Ausnahmen sind Sportgeräte-Materialanalysen denkbar. Bew

Wird über eine statistische Prüfung ein Zusammenhang zwischen Merkmalen festgestellt, so ist das eine notwendige jedoch noch keine hinreichende Bedingung für einen kausalen Zusammenhang.

Abb. 2 zeigt Leistungen vom Spring e. V. im „jump-and-reach“-Test (J&R-Test) und beim Sprung auf der Messplattform. Bei einer besseren Leistung im J&R-Test zeigt sich auch eine bessere Leistung auf der Messplattform und umgekehrt. Die schwarze Gerade illustriert die Vorhersage von

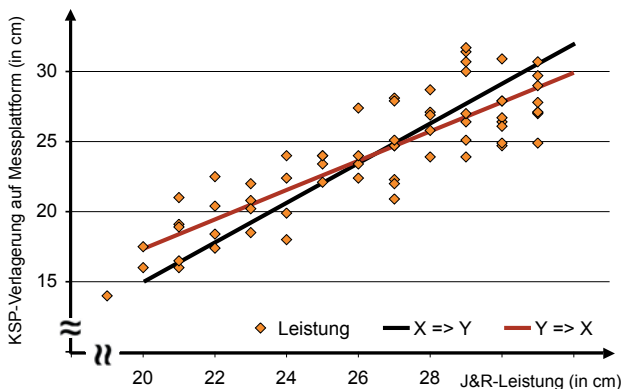


Abb. 2. Zusammenhang zwischen „jump-and-reach“-Leistung und Sprunghöhe auf der Messplattform (in cm)

der J&R-Leistung auf die Leistung auf der Messplattform, die rote Gerade von der Messplatten- zur J&R-Leistung.

6.3

Über eine Ursache-Wirkungsbeziehung kann jedoch anhand der **Korrelation** keine Aussage gemacht werden. Es kann weder gesagt werden, dass die Leistung im J&R-Test die Ursache für die Leistung auf der Messplatte ist noch umgekehrt. Beides ist in diesem Fall auch falsch, da beide Leistungen durch eine dritte Variable „das Konstrukt Sprungkraft“ wesentlich bestimmt werden.

2.6 Hypothese

In einer Hypothese wird eine Annahme über den untersuchten Sachverhalt formuliert.

Wissenschaftliche Hypothesen (inhaltliche, Arbeits-, Forschungshypothesen) müssen die folgenden Eigenschaften erfüllen: Realitätsbezug, Generalisier-, Formalisier- und Falsifizierbarkeit.

Die Hypothesen müssen einen Bezug zu realen und untersuchbaren Sachverhalten haben (Realitätsbezug). Sie müssen über einen Einzelfall bzw. ein einmaliges Ereignis hinausgehen. Diese Generalisierbarkeit kann eine Vielzahl von Personen, Objekten, **Situationen** etc. betreffen.

2.10.3

Hypothesen müssen sich sprachlich in eine „wenn-dann“-Aussage überführen lassen (Formalisierbarkeit). Wissenschaftliche Hypothesen sind nur dann korrekt formuliert, wenn sie **falsifizierbar** (widerlegbar) sind. Damit ist gemeint, dass es formal logisch mindestens eine Aussage gibt, die zur Hypothese im Widerspruch steht (Falsifizierbarkeit; Popper, 1994, S. 36).

www26a

Hypothesen werden formuliert, wenn davon ausgegangen wird, dass die dort getroffenen Annahmen für die meisten der

beobachteten Subjekte, Objekte bzw. Situationen gelten. Ob dies tatsächlich zutrifft, muss durch entsprechende Verfahren geprüft werden.

Es werden Unterschieds-, Zusammenhangs- und Veränderungshypothesen unterschieden.

- *Unterschiedshypothese:* „Kinder, die Sportangst haben, zeigen schlechtere Ergebnisse im Sportunterricht als Kinder ohne Angst.“
- *Zusammenhangshypothese:* „Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Sprungkraft und der Hochsprungleistung.“
- *Veränderungshypothese:* „Durch die Intervention X wird sich die Sportangst verringern.“

Eine falsch formulierte Hypothese ist: „Es gibt ängstliche Kinder, die gut schwimmen.“ Das Problem ergibt sich durch die Existenzaussage „es gibt“. Die Verneinung der Annahme, dass es keine ängstlichen Kinder gebe, die gut schwimmen können, ist nie nachweisbar. „Sport kann einen Herzinfarkt verhindern“, ist ebenfalls falsch formuliert. Das Wort „kann“ ist falsch gewählt, da unabhängig davon, ob ein Sportler einen Infarkt bekommen hat oder nicht, der Satz richtig bleibt.

Für die Trainingsgruppe des Spring e. V. werden exemplarisch die folgenden Hypothesen formuliert:

A: Die Lehrmethoden A und B führen zu unterschiedlichen Lernleistungen beim Fruggel-Flop.

B: Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Leistung im J&R-Test und der erreichten Sprunghöhe auf der dynamometrischen Messplattform.

Für die Prüfung müssen die wissenschaftlichen Hypothesen in prüfbare (statistische) Hypothesen überführt werden. Der erste Schritt auf diesem Weg ist die Formulierung einer Ope-

rationalhypothese (wissenschaftliche Vorhersage, s. auch Abb. 3).

Bew Zur Hypothese A: Um die **Lernleistung** feststellen zu können, ist es erforderlich, die Leistung von dem Beginn der Lernphase zu kennen. Daher wird die übersprungene Höhe vor Beginn des Lehrmethodeinsatzes (Ausgangsleistung) festgestellt. Um Aussagen zur Leistungsveränderung während der Lernphase und danach machen zu können, werden nach jeder der drei Lernphasen (Lernprozessdaten) und nach 7 Tagen (überdauernde Leistung, Behaltensleistung) die übersprungenen Höhe erfasst. Die Lernleistung wird definiert, als die jeweilige Differenz zur Ausgangsleistung.

Im nächsten Schritt wird, wenn eine statistische Prüfung erfolgen soll, das statistische Hypothesenpaar formuliert.

Das statistische Hypothesenpaar besteht aus einer Nullhypothese (H_0) und einer Alternativhypothese (H_1).

Die Alternativhypothese (H_1) postuliert das Vorliegen des Effekts und entspricht damit dem Sinn nach der wissenschaftlichen Hypothese.

Die Nullhypothese (H_0) wird so formuliert, dass sie der Alternativhypothese widerspricht. Postuliert H_1 einen Unterschied, so wird in H_0 von keinem Unterschied ausgegangen.

Die Hypothesen sind so zu formulieren, dass durch sie alle möglichen Ergebnisse abgedeckt werden.

H_1 : Die Leistungen der Gruppen A und B unterscheiden sich ($A \neq B$). H_0 : Die Leistungen von A und B sind gleich ($A = B$).

H_1 : Die Leistungen der Gruppe A sind besser als die der Gruppe B ($A > B$). H_0 : Die Leistungen von A sind gleich oder schlechter als die von B ($A \leq B$).

Bei den Alternativhypothesen werden gerichtete und ungerichtete sowie spezifische und unspezifische Hypothesen unterschieden.

Eine ungerichtete (zweiseitige) Alternativhypothese wird formuliert, wenn keine gesicherten Befunde über die Richtung der vermuteten Unterschiede vorliegen ($H_0: A=B$; $H_1: A \neq B$). Wenn bereits **gesicherte Befunde** vorliegen, die dafür sprechen, dass sich der Unterschied in eine bestimmte Richtung bewegt ($A > B$), dann kann eine gerichtete (einseitige) Hypothese formuliert werden (s. Tab. 6). Wird bei gerichteten Hypothesen auch noch eine Aussage über die Größe des Unterschieds gemacht, dann handelt es sich um eine spezifische Hypothese.

www26b

Im nächsten Schritt wird mit Hilfe von statistischen Verfahren geprüft, ob die in der Untersuchung erfassten Daten eher mit der Alternativ- oder der Nullhypothese zu vereinbaren sind.

Die Hypothesen und damit die Hypothesentypen (un-/gerichtet, un-/spezifisch) müssen vor dem Beginn der Untersuchung festgelegt sein, wenn eine statistische Prüfung durchgeführt werden soll.

Aus dem Hypothesentyp ergeben sich z. B. Konsequenzen hinsichtlich der Interpretation des Ergebnisses des statistischen Verfahrens. Es kann die Situation eintreten, dass das Ergebnis für die gerichtete Alternativhypothese aus Tab. 6 **signifikant** wird, für die ungerichtete hingegen nicht. Die prinzipielle Logik, die dahinter steht, ist, dass in eine gerichtete

2.8

Tab. 6. *Beispiel für eine Null- und Alternativhypothese*

Nullhypothese (H_0)	Alternativhypothese (H_1)	Typ
Angst vor Verletzungen (SAD-Dimension) hat unabhängig von der Lehrmethode keinen Einfluss auf die Lernleistung.	Angst vor Verletzungen hat unabhängig von der Lehrmethode einen Einfluss auf die Lernleistung.	ungerichtet
	Angst vor Verletzungen hat unabhängig von der Lehrmethode einen negativen Einfluss auf die Lernleistung.	gerichtet

Hypothese bereits gesichertes Wissen „hineingesteckt“ werden kann und somit auch schon bei geringeren Unterschieden das Annehmen der Alternativhypothese vertretbar ist.

2.7 Wahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit ist ein Begriff, der im alltäglichen Leben häufig verwendet wird.

Mit dem Begriff Wahrscheinlichkeit wird die Prognose verbunden, ob ein Ereignis eintritt oder nicht.

Es wird davon gesprochen, dass das Spiel gegen die Mannschaft X wahrscheinlich verloren gehen wird, die Prüfung wahrscheinlich bestanden wurde, eine Höhe von 120 cm wahrscheinlich übersprungen werden kann, etc.

Diese subjektiven Wahrscheinlichkeiten sind aufgrund individueller Erfahrungen mehr oder weniger gut abgesichert.

Die Prognose, dass das Spiel gegen die Mannschaft X wahrscheinlich verloren wird, basiert auf der Beobachtung, wie die eigene und die gegnerische Mannschaft in den letzten Spielen abgeschnitten haben und dem Wissen, dass der stärkste Spieler der eigenen Mannschaft ausfällt. Die positive Prüfungsprognose beruht auf dem guten Gefühl, dass die Aufgaben leicht „von der Hand gegangen“ sind.

Die mathematische Beschäftigung mit der Quantifizierung von Wahrscheinlichkeit stand in den Anfängen bei Blaise Pascal und Pierre de Fermat (ab 1654) im engen Zusammenhang mit Vorhersagen bei Glücksspielen (Singh 2000, S. 59 ff.). Ihr Ziel war es, Wahrscheinlichkeiten zu berechnen, mit denen bestimmte Ereignisse bei Glücksspielen eintreten werden. Der Münzwurf (Zufallshandlung, Zufallsexperiment) ist ein bekanntes Beispiel. Aufgrund der Form und der Materialei-



Abb. 13. Dynamometrische Messplattform mit Versuchsperson (Olivier & Rockmann, 2003, S. 38)

40 x 60 cm wiegt ca. 16 kg. Sie kann daher in Sportgeräten, wie Ruderbooten, kaum genutzt werden. Das Gewicht würde die Bootseigenschaften verändern. Messplatten eignen sich zum Einbau in den Boden, z. B. im Absprungbereich beim Weit- oder Hochsprung (s. Abb. 13). Dehnungsmessstreifen sind klein und leicht. Sie können genutzt werden, um die Verformung von Sportgeräten zu analysieren. Ohne deren Materialeigenschaften maßgeblich zu verändern, kann z. B. die Verformung von Abfahrtski, der Ruderblätter oder Stembretter ermittelt werden.

3.1.4 Physiologische Daten

Grundlage der physiologischen Messung ist es, einen Zusammenhang zwischen dem sichtbaren Verhalten und körperinternen Prozessen und Zuständen herzustellen.

Die Messung von physiologischen Merkmalen erfolgt insbesondere in der Sportmedizin, Trainings- und Bewegungswissenschaft sowie in der Sportpsychologie. Es werden physikalische und chemische Messverfahren eingesetzt. Differenziert wird zwischen muskel-, neuro-, herz-kreislauf- und sinnesphysiologischen Messungen.

Die Herzfrequenz kann bei Gesunden durch Ertasten des Pulsschlages (Palpation) erfolgen. Die kontinuierliche Messung während der Bewegung lässt sich über Sportuhren mit

integriertem Frequenzmesser oder Brustgürte mit Oberflächenelektroden realisieren. Ist eine kontinuierliche Langzeitbeobachtung erforderlich, wird häufig ein mobiler Elektrokardiograph eingesetzt, welcher die Aktionsströme des Herzens aufzeichnet (EKG).

Die **Beanspruchung** des kardiopulmonalen Systems wird durch Belastungs-EKG erfasst. Laufbänder oder Fahrräder werden bevorzugt als Geräte eingesetzt, auf denen der Mensch festgelegte körperliche Leistungen erbringen muss. Der Blutdruck kann indirekt unblutig (nicht invasiv) über das Manschettendruckverfahren nach Riva-Rocci (1896) gemessen werden. Auch mobile elektronische Geräte, die an der Innenseite des Handgelenks (Pulsader) befestigt werden, funktionieren nach diesem Prinzip. Die blutige Messung erfolgt über einen Katheter in der Femoral- oder Radialarterie.

Während der Belastung werden nicht nur cardiopmonale Parameter wie Herzfrequenz und Blutdruck, sondern über eine Nase und Mund überdeckende Atemmaske auch respiratorische Größen erfasst. Aus der Differenz des Sauerstoffgehalts von eingeatmeter und ausgeatmeter Luftmenge wird der Sauerstoffverbrauch ermittelt und daraus verschiedene respiratorische Parameter berechnet. Zur Erfassung werden Mischkammersysteme eingesetzt, die die Ausatemluft über definierte Zeiträume oder so genannte „breath by breath“-Systeme. Sie analysieren differenziert die Luft bei jedem Atemzug.

Die Hautleitfähigkeit lässt sich mit zwei an den Fingern angebrachten Elektroden messen. Eine wird unter Spannung gesetzt und die Differenz zwischen beiden registriert.

Im Rahmen der Emotionsforschung wird die Hautleitfähigkeit als ein physiologisches Korrelat für das psychologische Konstrukt Angst erhoben.

Ein Polygraph ist als „Lügendetektor“ ungeeignet. Er misst u. a. Herzfrequenz, Blutdruck und Hautfeuchtigkeit. Von der Erhöhung von Herzfrequenz und Blutdruck bei gleichzeitiger Verringerung des Hautwiderstandes soll auf die Erregung einer Person beim Lügen geschlossen werden. Da es sich hierbei um eine unspezifische physiologische Reaktion handelt (kein kausaler Zusammenhang), ist dies aber nicht möglich.

www314a

Die muskuläre Aktivität wird über **elektromyographische Messungen** (EMG) erfasst. Elektrische Potentialdifferenzen, die bei Muskelaktivität entstehen, werden durch Elektroden auf oder im jeweiligen Muskel abgenommen.

Im Sport werden hierzu Oberflächenelektroden eingesetzt (s. Abb. 14), die auf die Haut aufgeklebt werden. Die Signalübertragung kann entweder über eine feste Verdrahtung oder über Funk (Telemetrie) erfolgen. Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass sich tiefer liegende Muskeln schlecht erreichen lassen. Die Nutzung von Nadelelektroden kann das Problem be-



Abb. 14. Verkabelung mit Oberflächenelektroden für eine EMG-Messung

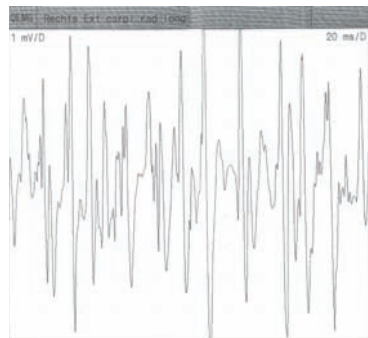


Abb. 15. Nadel-EMG vom Arm: musculus extensor carpi radialis longus