



LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Positions- und carry-over-Effekte bei körperlicher Beanspruchungsmessung

Serial position and carry-over effect in rating of perceived exertion

Bachelor-Arbeit

zur Erlangung des wissenschaftlichen Grades
Bachelor of Science Wirtschaftspsychologie

Vorgelegt von:

Melanie Willner
Matrikelnummer 3013716

Gagelstrauchweg 3e
21220 Seevetal
Melanie.Willner@Stud.Leuphana.de

Erstprüfer: Professor Dr. Friedrich Müller
Zweitprüfer: Professor Dr. Rainer Höger

Hamburg, den 05.07.2013

Zusammenfassung. Die Zusammenführung von einzelnen Eindrücken zu einem Gesamturteil lässt sich überall beobachten. Trotzdem sind die ablaufenden Prozesse größtenteils ungeklärt und gerade die Gewichtung der Eindrücke ist kaum nachvollziehbar.

In dieser Studie wurden 60 Probanden mithilfe eines Fahrradergometers 7,5 Minuten belastet. Jeder Proband absolvierte 3 Stufen über jeweils 2,5 Minuten mit 50, 75 und 100 Watt in unterschiedlicher Reihenfolge. Alle sechs möglichen Reihenfolgen wurden getestet.

Zu jeder der Stufen wurde ein Beanspruchungsurteil erhoben. Zusätzlich wurde nach einem Gesamturteil gefragt. In den Einzelmessungen zeigen sich weder ein Positions- noch ein Carry-Over-Effekt. Trotzdem setzt die erste Beurteilung einen Anker, der sich durch die Beurteilung zieht. Die Gesamturteile der Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, dafür lassen sich in der Gewichtung Tendenzen erkennen. Die höchste Stufe von 100 Watt sowie die letzte Stufe scheinen besonderes Gewicht zu bekommen, wobei der Effekt der 100 Watt-Beurteilung den Recency-Effekt überdeckt.

Abstract. The integration of perceived exertion in a single measure is unknown, when there are various intensities.

60 participants were randomly assigned to 7.5min-sessions pedaling on a bicycle-ergometer. The session was divided into three parts of 2.5minutes. In these sessions the intensities of 50, 75 and 100 Watt were systematically varied. Each of the six possible orders were tested.

In the last seconds of every part the participants were asked to describe the perceived exertion of this single part. After 3 cycles they had to give an over all session scaling.

There was no serial position or carry-over effect in the measurement of the single parts. The first perceived exertion seems to be an additional anchoring procedure. In the integration of the single parts in a session scaling there are no differences between different groups. In the prediction of the session scaling, the intensity of 100 Watt is the most important and is coping-over the recency-effect.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	2
1.1	Begriffsdefinitionen	3
1.2	Positionseffekte	5
1.3	Carry-Over-Effekt	6
1.4	Hypothesen	7
2	Methode	8
2.1	Untersuchungsteilnehmer und Durchführung	8
2.2	Untersuchungsvariablen und Messverfahren	9
3	Auswertung	10
3.1	Gesamturteile in den unterschiedlichen Bedingungen	13
3.2	Ankereffekt der ersten Beurteilung	14
3.3	Carry-Over Effekt	16
3.4	Positionseffekt	17
3.5	Zusammenhang von Pulsfrequenz und Beanspruchungsurteil	18
3.6	Präzision	20
3.7	Vorhersage der Gesamtbeurteilung	23
4	Diskussion	27
5	Bibliographie	32
6	Darstellungsverzeichnis	33
7	Anhang	34
A	Instruktion	34
B	KU-Skala	35
C	Übungsbogen	36
D	Bonferroni zur ANOVA des Carry-Over-Effekts	37
E	Streudiagramme zu Herzfrequenz und Beanspruchungsurteil	40
F	Übersicht über die Beanspruchungsurteile nach Leistung	41
G	Übersicht über die Beanspruchungsurteile nach Reihenfolge	42
8	Erklärung an Eides statt	43

1 Einleitung und Fragestellung

In allen Bereichen der Psychologie führen Menschen viele Einzelurteile zu einem Gesamturteil zusammen. In der Arbeitspsychologie wird die Arbeitsstelle aufgrund von unterschiedlichen Tätigkeiten beurteilt, in der Differentiellen Psychologie werden Mitmenschen beobachtet und mithilfe dieser einzelnen Situationen ein Bild von der Person erstellt. In der Umwelt- und Verkehrspsychologie muss die Beanspruchung durch Verkehrslärm bewertet werden, der mit vielen Einzeleindrücken, mal mehr, mal weniger laut, in ein Beanspruchungsurteil einfließt.

Gibt der Befragte bei der Frage nach der Beanspruchung durch Fluglärm ein mathematisch gemitteltetes Urteil über die letzten zwei Jahre ab? Beurteilt er nur die letzten Tage, Stunden, vielleicht sogar nur Minuten? Empfindet er unterschiedliche Lautstärken als unterschiedlich belastend? Wie groß ist der Faktor durch die Störung der Nachtruhe? Um das von den Befragten abgegebene Gesamturteil wissenschaftlich einordnen zu können, ist es wichtig, möglichst viele der Komponenten des Gesamturteils zu kennen und ihre Bedeutung abzuwägen.

In der Arbeitspsychologie lassen sich beinahe alle Berufe in viele verschiedene Tätigkeiten aufteilen. Arbeiten am Fließband, bei denen die Beschäftigten eine Handbewegung über viele Stunden wiederholen, sind die Ausnahme geworden. Heutzutage stellt der Beruf diverse Anforderungen an den Menschen, die oft völlig unterschiedlich bewertet werden. Für die Arbeitswelt stellen sich daher folgende Fragen: Woher kommt es, dass eine Tätigkeit als anstrengender empfunden wird als eine andere? Welche Arbeitsmodule sind dafür ausschlaggebend und welche Gewichtung haben sie jeweils im Gesamturteil? Wie muss eine Stelle verändert werden, damit sie die passende Beanspruchung für den Arbeitnehmer bietet?

Im arbeitspsychologischen Kontext ist die Bildung eines Gesamturteils bei kontinuierlicher Beanspruchung gut erforscht. Im Gegensatz dazu ist über die Auswirkung von unterschiedlichen Belastungsstufen auf das Gesamturteil nur wenig bekannt. Gerade dieser Bereich ist jedoch von entscheidender Bedeutung, da sich jede Aufgabe in verschiedene unterschiedlich belastende Zwischenschritte aufteilen lässt (Kakarot & Müller, 2013).

1.1 Begriffsdefinitionen

Im Zusammenhang mit dieser Untersuchung wird eine wissenschaftliche Definition und Abgrenzung der Begriffe „psychische Belastung“ und „Beanspruchung“ benötigt, insbesondere da diese im allgemeinen Sprachgebrauch häufig nicht scharf voneinander abgegrenzt und mit einer negativen Wertung verwendet werden. Im Gegensatz dazu bietet die DIN EN ISO 10075-1 eine allgemeingültige, wertfreie und trennscharfe Grundlage.

Die **psychische Belastung** ist demnach „Die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken.“ (DIN EN ISO 10075-1, S.3)

Die **psychische Beanspruchung** wird definiert als „Die unmittelbare (nicht langfristige) Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien.“ (DIN EN ISO 10075-1, S.3)

Die Abhängigkeiten innerhalb dieses Systems werden im Belastungs-Beanspruchungsmodell veranschaulicht. Dieses Modell geht ursprünglich auf eine Forschungsarbeit von 1975 von Rohmert und Rutenfranz zurück, die in ihrem Bericht über die „Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen“ das erste Mal ein solches Konzept vorstellten.

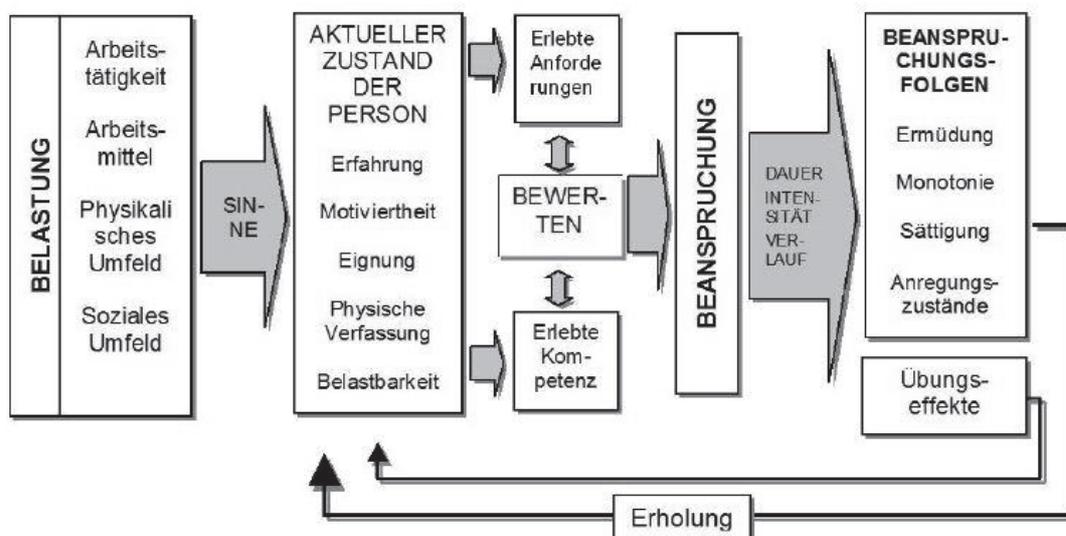


ABBILDUNG 1. BELASTUNGS-BEANSPRUCHUNGS-MODELL (HÖGER, 2012)

Die Abbildung veranschaulicht die Beziehungen von Belastung und Beanspruchung, wie sie auch in der DIN EN ISO 10075-1 vorausgesetzt werden. Dabei werden folgende Vorgänge veranschaulicht:

Die Belastung wirkt als externer Faktor auf den Menschen ein. Sie ist objektiv beschreibbar und in den meisten Fällen auch messbar. Die Belastung wird dabei durch verschiedene Faktoren bestimmt. Die Art der Tätigkeit und die zur Verfügung stehenden Mittel um die Aufgabe auszuführen bilden eine Komponente der Belastung. Extreme Temperaturen, Beleuchtung oder auch starke Winde im Freien können dem physikalischen Umfeld zugerechnet werden. Das soziale Umfeld deckt externe Erwartungen genauso ab wie verschiedene Führungsstile oder das Betriebsklima.

Von diesen Einflüssen nimmt die Person nur einen Teil wahr. Diese treffen dann auf die Person und deren aktuellen Zustand. An dieser Stelle findet stets ein Bewertungsprozess statt. Dabei werden die erlebten Anforderungen mit den erlebten Kompetenzen verglichen. Aus dieser Bewertung folgt dann die individuell wahrgenommene Beanspruchung der Person. Ein Mensch, der an einem Tag in sehr guter psychischer Verfassung eine sehr geringe Beanspruchung empfindet, ist an einem Tag mit sehr schlechter psychischer Verfassung mit der gleichen Belastung möglicherweise überfordert. Zu beachten ist hier, dass es sich im Bewertungsprozess ausschließlich um subjektive Wahrnehmungen handelt, die stark individuell geprägt sind und von außen keinesfalls nachvollziehbar sein müssen.

Je nach Beanspruchungsurteil und Dauer, Intensität und Verlauf der Belastung ergeben sich unterschiedliche Beanspruchungsfolgen, die von Langeweile über produktive Zustände bis hin zur absoluten Überforderungen reichen können. Zusätzlich stellen sich Übungseffekte ein, die wiederum Einfluss auf das Beanspruchungsurteil haben können.

Das Belastungs-Beanspruchungs-Modell fokussiert stark auf die kurzfristigen Folgen von Beanspruchung und Stress. Auch langfristig können sich Stressfolgen besonders in folgenden drei Bereichen zeigen: auf der physiologisch-somatischen Ebene, auf der kognitiv-emotionalen Ebene und auf der Verhaltensebene. Die Forschungsergebnisse zum Zusammenhang von Gesundheit und Stress sind unterschiedlich. Vergleichsweise gut belegt sind die individuellen Folgen von Stress auf der physiologisch-somatischen Ebene, wie zum Beispiel Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sowie auf der kognitiv-emotionalen Ebene mit Depressionen und Angstzuständen (Bamberg, 2007).

So waren im Jahr 2006 nach dem Bericht der Bundesregierung vom 28.12.2007 10,6% der Fehltag auf psychische und Verhaltensstörungen zurückzuführen. Nicht alle davon werden durch Fehlbelastungen am Arbeitsplatz entstanden sein, doch diese Zahl gibt einen ersten Anhaltspunkt um die psychische Beanspruchung von Arbeitnehmern zu erfassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Frage, wie Einzelurteile in einem Gesamturteil zusammenwirken viele Bereiche der Psychologie betrifft und gerade im Bereich von Arbeitsplatz und Leben mit den verschiedensten Industriemissionen von großer gesellschaftlicher Bedeutung ist.

1.2 Positionseffekte

Der Positionseffekt oder auch Stellungseffekt verändert den Messwert abhängig von der Position eines Reizes innerhalb des Experiments. Er ist eine klassische Störvariable und muss bei jedem Versuch berücksichtigt werden. Schon das Durchführen einer Übung vor dem Beginn der Messung verändert das Verhalten der Versuchsperson. Sie hat andere Erwartungen an den Reiz, hat weniger Angst oder stellt Überlegungen zum Experiment an. Speziell bei langen Versuchen spielen Positionseffekte eine besondere Rolle, da hier zusätzlich Faktoren wie Hunger, Ermüdung und Langeweile hinzukommen. Auch Lichtverhältnisse oder Geräuschkulissen wie Vogelzwitschern verändern sich im Laufe des Tages und wirken sich auf die Ergebnisse aus (Huber, 2010).

Zur Gruppe der Positionseffekte sind zusätzlich der Primacy- und der Recency-Effekt zu zählen. Diese treten bei Erinnerungsaufgaben auf und beschreiben das Phänomen, dass die ersten und der letzten präsentierten Items am besten erinnert und besonders stark gewichtet werden. Dies hat vermutlich damit zu tun, dass beim Primacy-Effekt zunächst ein neuer Kontext für das nun kommende hergestellt wird. Der Recency-Effekt erlaubt das verbesserte Abrufen dadurch, dass die Kontexte von Input und Abruf eine größere Ähnlichkeit haben als bei früheren Items (Zimbardo, 2008).

1.3 Carry-Over-Effekt

Der Carry-Over-Effekt bezieht sich nicht auf die absolute Position des Reizes im Versuch, sondern auf die relative Position zu anderen Items. Hierbei beeinflussen die vorangegangenen Situationen die Bewertung der aktuellen Situation. Dieser Mechanismus wird auch Übertragungseffekt genannt.

Sowohl der Positions- als auch der Carry-Over-Effekt sind in Experimenten als Störvariablen in der Regel unerwünscht und können sowohl einzeln als auch kombiniert auftreten. Um sie zu eliminieren werden verschiedene Techniken angewandt.

Positionseffekte können durch vollständiges Ausbalancieren bei wenigen Bedingungen kontrolliert werden. Damit werden alle möglichen Reihenfolgen abgedeckt und der Effekt statistisch über alle Versuchspersonen hinweg ausgeglichen. Bei vielen Bedingungen ist dies aufgrund der benötigten Menge von Versuchspersonen schlicht nicht möglich. So sind bei vier Bedingungen schon 24, bei fünf sogar 120 Reihenfolgen nötig. Bei großen Versuchsdesigns werden Methoden des unvollständigen Ausbalancierens genutzt, dazu gehören unter anderem die Zufallsauswahl, die Spiegelbildmethode und die Methode des lateinischen Quadrates. Besonders praktikabel ist hierbei die Zufallsauswahl, bei der jede Versuchsperson zufällig eine der möglichen Reihenfolgen zugeordnet bekommt.

Carry-Over-Effekte lassen sich schlechter kontrollieren als Positionseffekte. Sobald eine Aufgabe den Schlüssel zur Lösung einer anderen Aufgabe enthält, lässt sich der Effekt, der durch die Positionierung beider Aufgaben zueinander auftritt, nicht ausschalten.

Für die Ausschaltung des Carry-Over-Effektes muss das Versuchsdesign so angepasst werden, dass entsprechende Informationen nicht gegeben werden. Da dies nicht immer möglich sein wird, ist die Alternative jeder Versuchsperson nur einen Reiz zu geben. Sollte auch dies nicht möglich sein, muss zwischen den beiden Reizen möglichst viel Zeit verstreichen und die Versuchsperson durch andere Aufgaben abgelenkt werden. Zusätzlich sollte das Design ausbalanciert werden (Huber, 2010).

Für alle Versuchsdesigns ist die Kenntnis der möglichen Störvariablen wichtig. Deshalb wurde folgendes Experiment als Erweiterung der Untersuchung von Kakarot und Müller (2013) durchgeführt. In diesem Ursprungsexperiment wurden die

Versuchspersonen mit 25, 50, 75, 100 oder 125 Watt über 7,5 Minuten auf dem Fahrrad-Ergometer belastet. Dabei gab es die Bedingung, dass die Leistung jeweils konstant gehalten wurde und je eine Bedingung, in der die Leistung alle 2,5 Minuten auf die nächste Stufe erhöht beziehungsweise verringert wurde. Währenddessen wurde die Pulsfrequenz aufgezeichnet und am Ende des Experiments erhoben, wie hoch die körperliche Beanspruchung gewesen sei. Zur Messung der Beanspruchung wurde die Kategorien-Unterteilungsskala verwendet. Die hier vorliegende Untersuchung weicht nur in der geforderten Leistung und einer mehrfachen Messung der Beanspruchung vom Ursprungsexperiment ab. Ziel der Ergänzung der Ergebnisse durch diese Untersuchung war es, Positions- und Carry-Over-Effekte aufzudecken und einen detaillierteren Einblick in die Gewichtung der einzelnen Stufen im Gesamturteil zu erhalten.

1.4 Hypothesen

Mithilfe der Untersuchung sollten folgende Hypothesen getestet werden:

1. Die verschiedenen Bedingungen unterscheiden sich im Gesamturteil trotz gleicher mittlerer Belastung signifikant voneinander.
2. Die erlebte Beanspruchung der zweiten und dritten Stufe wird signifikant von der Einordnung der ersten Stufe beeinflusst. Es gibt also einen Ankereffekt der ersten Beurteilung.
3. Die vorhergehende Stufe beeinflusst die Beurteilung der nachfolgenden Stufe. Es tritt somit ein Carry-Over-Effekt auf.
4. Es gibt einen Positionseffekt. Das heißt, dass die empfundene Beanspruchung durch eine Stufe von der Position innerhalb der Darbietung abhängt.
5. Die empfundene Beanspruchung ist abhängig von der Pulsfrequenz.
6. Der mathematische Mittelwert entspricht der empfundenen Gesamtbeanspruchung.

2 Methode

2.1 Untersuchungsteilnehmer und Durchführung

Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 60 Wirtschaftspsychologie-Studenten der Leuphana Universität Lüneburg teil. Zwei Drittel davon waren Frauen. Das durchschnittliche Alter betrug 21 Jahre bei einer Standardabweichung von 2,37. Die älteste Person war 31, die jüngste 18 Jahre alt.

Die Einladung zur Teilnahme erfolgte über die E-Mail Verteiler der Wirtschaftspsychologen und über Aushänge. Die Untersuchung wurde im Einzelversuch im Labor durchgeführt und mit einer halben Versuchspersonenstunde entlohnt. Von 69 Terminen kamen 60 tatsächlich zustande. Dies entspricht einer Ausfallquote von 13%.

Die Zuordnung zu den verschiedenen Bedingungen erfolgte zufällig, wobei die ersten 20 Teilnehmer aus organisatorischen Gründen auf die Bedingungen 1 und 2, die späteren 40 auf die Bedingungen 3, 4, 5 und 6 aufgeteilt wurden.

Durchführung

Die Teilnehmer wurden begrüßt und mit einer standardisierten Instruktion aufgeklärt, dass in dem Versuch allein die körperliche Anstrengung und keinesfalls die psychische Anstrengung beurteilt werden solle¹. Anschließend wurde die verwendete Skala mithilfe von erlebten Extremsituationen der Probanden verankert und am passenden Wert auf der vorgelegten Skala notiert. Zur Übung bewerteten die Versuchspersonen einige Bespielsituationen.

Nach dem Anlegen des Brustgurtes für die Pulsmessung (Polar Herzfrequenz Set mit Bluetooth) wurden die Probanden auf ein Fahrrad-Ergometer (Ergo-Fit Cardio 400 Med) gebeten und bekamen die Aufgabe, konstant bei 60 Umdrehungen pro Minute zu treten. Dies wurde auf einem Bildschirm am Lenker des Ergometers angezeigt. In drei Phasen zu je 2,5 Minuten mussten jeweils 50, 75 und 100 Watt in unterschiedlicher Reihenfolge geleistet werden, wobei die mittlere Belastung stets 75W betrug. Die verschiedenen Stufen wurden ohne Unterbrechung absolviert. In den letzten 15 Sekunden der Stufe wurde gefragt, wie viel Anstren-

¹ Für den kompletten Text siehe Anhang A.

gung die Stufe erfordere und dabei die zuvor verankerte Skala in Papierform vorgelegt. Gleichzeitig wurde der Puls notiert. Nach 7,5 Minuten wurde der Brustgurt abgenommen und der Proband gebeten, sich erneut hinzusetzen. Anschließend wurde nach einem Gesamturteil der empfundenen Anstrengung gefragt.

Die Probanden konnten zu keinem Zeitpunkt die Wattzahlen, ihre Pulswerte oder die zuvor abgegebenen Beanspruchungsurteile sehen. Sie bekamen keinerlei Feedback und keine Informationen über die Intensität der folgenden Stufen. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Versuchspersonen sich ausschließlich auf ihre eigene Wahrnehmung der Beanspruchung stützten.

2.2 Untersuchungsvariablen und Messverfahren

In diesem einfaktoriellen Experiment wurde als unabhängige Variable (UV) die Reihenfolge der Stufen variiert. Alle Bedingungen hatten eine mittlere Belastung von 75W. Es wurde ausschließlich die Reihenfolge der drei Stufen 50W, 75W und 100W verändert, so dass sich sechs verschiedene Bedingungen ergaben. Als abhängige Variablen (AV) wurden die empfundene Anstrengung und die Pulsfrequenz erhoben, es handelt sich also um ein multivariates Experiment (Huber, 2010).

Bedingung	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe
1	50	75	100
2	100	75	50
3	50	100	75
4	75	50	100
5	75	100	50
6	100	50	75

TABELLE 1. DEFINITION DER VERSUCHSBEDINGUNGEN

Jeder Bedingung wurden 10 Versuchspersonen zugeordnet. Dies ist über dem Wert von acht Personen pro Gruppe, den Heller (1982) empfiehlt.

Die Messung der empfundenen körperlichen Anstrengung, also der Beanspruchung, erfolgte mithilfe der Kategorien-Unterteilungsskala (Heller, 1982). In den letzten 15 Sekunden wurde die Versuchsperson jeweils gefragt, wie viel Anstrengung die Stufe erfordere. Dabei wurden die Kategorien der Anstrengung zunächst

verbal beschrieben. Dabei konnte zwischen folgenden Kategorien gewählt werden: sehr wenig Anstrengung, wenig Anstrengung, mittlere Anstrengung, viel Anstrengung und sehr viel Anstrengung. Innerhalb dieser Kategorien werden noch einmal 10 Stufen unterschieden, die durch Zahlen ausgedrückt werden. Somit ergibt sich eine Skala mit 50 möglichen Urteilen².

Die Kategorien-Unterteilungsskala ist als Messinstrument gut bewährt, da sie in unterschiedlichen Bereichen sehr gute Ergebnisse liefert. Um absolute, also metrische Urteile zu erhalten, muss die Versuchsperson orientiert sein (Heller, 1982). Das heißt, die Extrempunkte auf der Skala müssen bekannt und verinnerlicht sein. Im vorliegenden Experiment wurde dies durch die Abfrage von erlebten Extremsituationen realisiert. Auch durch den Übungsdurchgang mit Items wie „Wie viel Anstrengung erfordert es, einen 5kg Kartoffelsack vom Boden auf den Küchentisch zu heben?“ wurde die Orientiertheit der Probanden sichergestellt³.

Da schon Witte (1960) davon spricht, dass es bei der Korrelation von physikalischen Werten zu den psychologischen Werten der Kategorienskalen bei fünf Kategorien zu einer Geraden und damit zu einer beinahe optimalen Korrelation kommt, kann eine Einteilung der Skala in gleich große kategoriale Umfänge angenommen werden. Durch die Unterteilung in Skalen innerhalb der Kategorien kann außerdem dem Effekt vorgebeugt werden, dass die Probanden dazu neigen, jeder Kategorie gleich viele der dargebotenen Reize zuzuordnen. Damit liefert diese metrische Skala Werte, die sich besonders gut statistisch auswerten lassen.

Die physische Messung der körperlichen Anstrengung erfolgte mithilfe der Herzfrequenz. Damit sollte getestet werden, ob die Versuchspersonen möglicherweise die Einschätzung auf der Kategorien-Unterteilungsskala nur aufgrund der Herzfrequenz treffen. Die Herzfrequenz eignet sich gut für diese Untersuchung, da sie vergleichsweise einfach zu erheben ist und als direkter und relativ verfälschungssicherer Indikator für die körperliche Belastung gilt.

3 Auswertung

Mithilfe von SPSS wurden die gewonnenen Daten aufbereitet und die Hypothesen Schritt für Schritt geprüft. In der Beanspruchungsbeurteilung ergeben sich 60

² Für die hier verwendete Skala siehe Anhang B.

³ Komplette Zusammenstellung der Übungsituationen siehe Anhang C.

vollständige Datensätze. Bei der Pulsfrequenzmessung waren zwei Datensätze unvollständig und konnten für die Auswertung nicht verwendet werden.

In der grafischen Darstellung nach Leistungsstufen ergibt sich folgendes Bild:

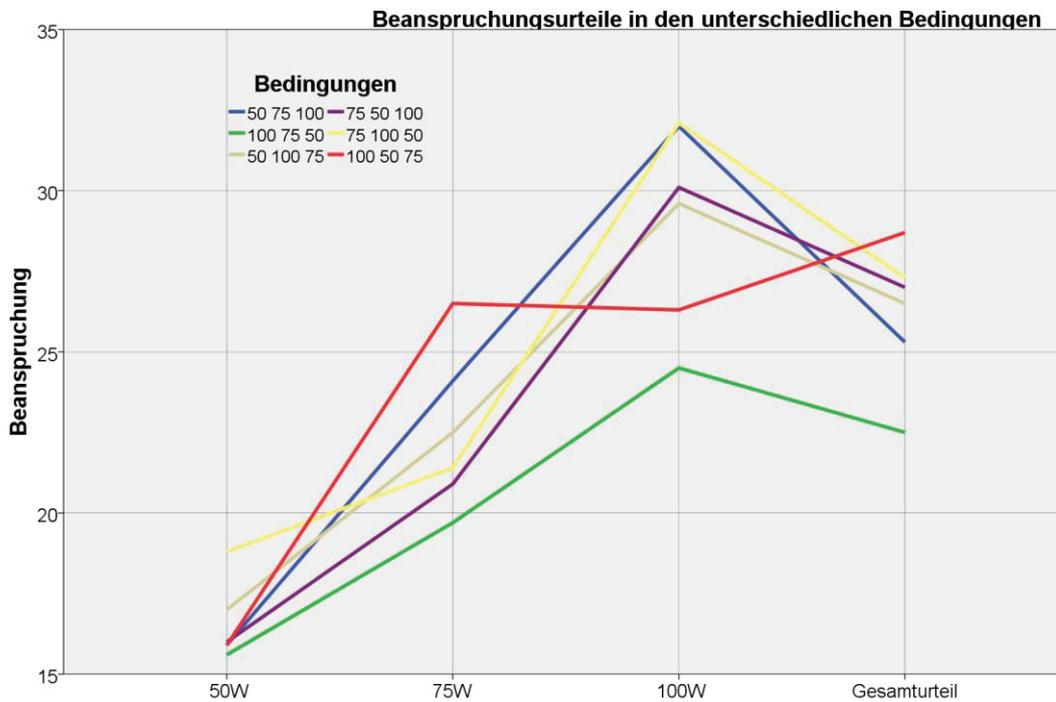


ABBILDUNG 2. KURVENDIAGRAMM BEANSPRUCHUNG UND LEISTUNGSSTUFEN

(Größere Darstellung siehe Anhang F)

Die verschiedenen Bedingungen werden durch die farbigen Graphen kenntlich gemacht. Aufgetragen sind die Mittelwerte der einzelnen Gruppen an den Punkten. Es wird sichtbar, dass bei 50 Watt alle Gruppen sehr ähnliche Beanspruchungsurteile abgeben. Die Abstände vergrößern sich bei 75 und 100 Watt jeweils, kehren beim Gesamturteil dann etwa zur Größenordnung von 75 Watt zurück. Insgesamt zeigt sich der Trend, dass eine höhere Leistungsstufe mehr körperliche Anstrengung erfordert, wobei das Gesamturteil in der Regel zwischen den Urteilen zu 75 und 100 Watt zu liegen scheint.

Die Bedingung in grün (Bedingung 2: 100 – 75 – 50) liegt in allen Beurteilungen unter den anderen Bedingungen. Die Bedingung in rot (Bedingung 6: 100 – 50 – 75) ist die einzige, die im Bereich der Einzelurteile nicht durchgehend steigt. Sie ist zudem die einzige Bedingung, bei der im Mittel das Gesamturteil einen höheren Punktwert erhält als bei der Stufe mit 100 Watt.

Betrachtet man die Beanspruchungsurteile nach Reihenfolge, ergibt sich folgende Grafik:

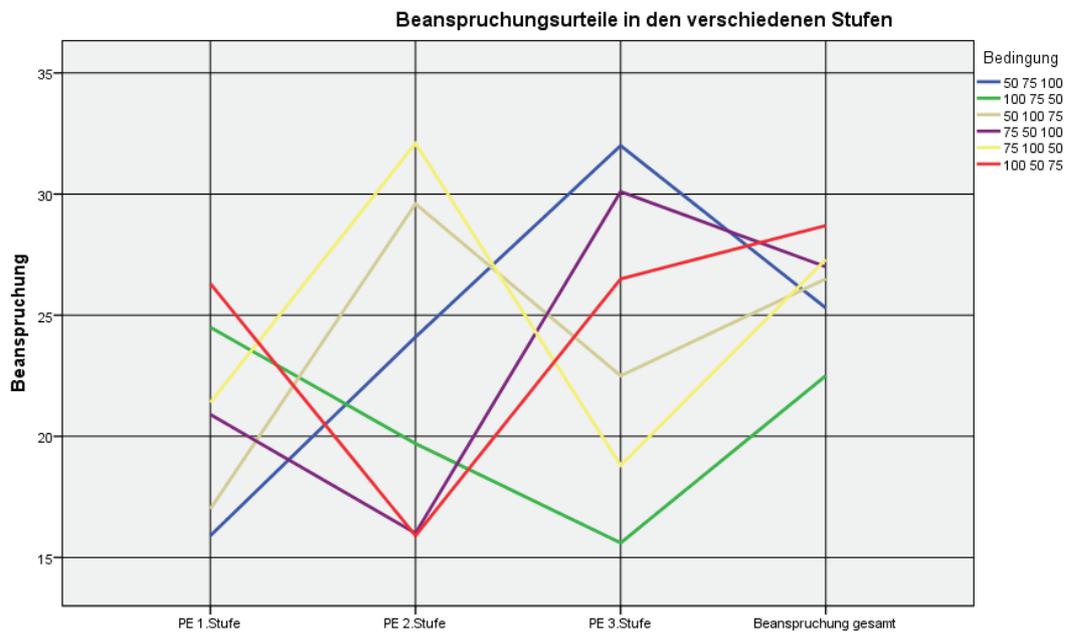


ABBILDUNG 3. KURVENDIAGRAMM BEANSPRUCHUNG UND REIHENFOLGE

(Größere Darstellung siehe Anhang G)

Es werden ebenfalls die verschiedenen Bedingungen durch die farbigen Graphen kenntlich gemacht. Dabei sind die Farbzusordnungen identisch geblieben. Aufgetragen sind die Mittelwerte der einzelnen Gruppen an den Punkten. Bei der Betrachtung ist zu beachten, dass in den drei Stufen jeweils unterschiedliche Leistungen erbracht werden mussten und somit größere Unterschiede zwischen den Gruppen zu erwarten sind als in der vorhergehenden Grafik. Im Vergleich zwischen den Gruppen wird sichtbar, dass die Abstände in der Beurteilung der ersten Stufe und im Gesamturteil geringere Unterschiede aufweisen, als in der zweiten und dritten Stufe. Erst beim Gesamturteil haben alle Bedingungen die gleiche Leistung erbracht, somit sind hier auch die geringsten Unterschiede zwischen den Gruppen abzulesen.

Interessant ist hier, dass aus der Grafik zu erkennen ist, welche zwei Gruppen jeweils welche Leistung erbringen mussten, da diese jeweils nah beieinander liegen. Dieser Effekt scheint bei 50 und 75 Watt deutlich stärker zu sein als bei 100 Watt. Auch in dieser Darstellungsweise fällt auf, dass die grüne Bedingung Nummer 2 (100 – 75 – 50) bei der letzten Stufe und im Gesamturteil nach unten abweicht.

3.1 Gesamturteile in den unterschiedlichen Bedingungen

Zunächst wurde getestet, ob die verschiedenen Bedingungen sich im Gesamturteil trotz gleicher mittlerer Belastung signifikant voneinander unterscheiden. Dafür wurde eine einfaktorielle ANOVA verwendet, bei der als Faktor die Bedingungen und als AV die Gesamturteile der wahrgenommenen Beanspruchung, hier bezeichnet als Percieved Exertion (PE), verwendet wurden (Sedlmeier & Renkewitz, 2007).

Descriptives

Gesamturteil der Beanspruchung

Bedingung	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
50 75 100	10	25,30	4,448	1,407	22,12	28,48	20	32
100 75 50	10	22,50	7,750	2,451	16,96	28,04	11	35
50 100 75	10	26,50	4,223	1,335	23,48	29,52	19	33
75 50 100	10	27,00	6,272	1,983	22,51	31,49	18	36
75 100 50	10	27,30	6,897	2,181	22,37	32,23	19	43
100 50 75	10	28,70	7,732	2,445	23,17	34,23	11	40
Total	60	26,22	6,413	,828	24,56	27,87	11	43

TABELLE 2. DESKRIPTIVE STATISTIK GESAMTURTEILE NACH BEDINGUNGEN

ANOVA

Gesamturteil der Beanspruchung

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	226,883	5	45,377	1,114	,364
Within Groups	2199,300	54	40,728		
Total	2426,183	59			

TABELLE 3. ANOVA DER GESAMTURTEILE NACH BEDINGUNGEN

Die deskriptive Statistik gibt einen kurzen Überblick über die Unterschiede zwischen den Bedingungen. Die Mittelwerte der Gesamtbeurteilungen liegen zwischen 22,5 und 28,7, wobei diese beiden Bedingungen gleichzeitig die höchste Standardabweichung von jeweils etwa 7,75 Punkten aufweisen. Der Gesamtmittelwert liegt bei 26,22, die Standardabweichung bei 6,41. Bei den 60 Probanden streuen die Werte für das Gesamturteil zwischen 11 und 43. Dies zeigt, dass die Skala Unterschiede gut abbilden konnte und die Bandbreite der Skala ausgenutzt wurde. Der Mittelwert von 26,22 trifft etwa die Mitte der Skala bei 25 Punkten. Die angesetzte Beanspruchung liegt somit im mittleren Bereich.

Der Vergleich der Mittelwerte in der Gesamtbeurteilung der Beanspruchung ergibt einen Signifikanzwert von 0,364. Dieser liegt deutlich über dem vorgegebenen

Alpha-Fehler von 0,05, also 5%. Ein Post-Hoc Test wurde nicht durchgeführt, da dieser nur bei vorliegender Signifikanz sinnvoll ist.

Die Verteilung der Gesamtbeurteilungen (PEg) wird zusätzlich im nachfolgenden Diagramm deutlich. Es ist auch hier erkennbar, dass die Mittelwerte der Gruppen sehr nah beieinander liegen und die Bedingungen mit der höchsten beziehungsweise niedrigsten Streuung die größte Spannweite aufweisen. Da das Diagramm die komplette Kategorien-Unterteilungsskala mit den Werten 1-50 abdeckt, gibt die Grafik zusätzlich einen Überblick über die Lage der Werte innerhalb der gesamten möglichen Beurteilungen.

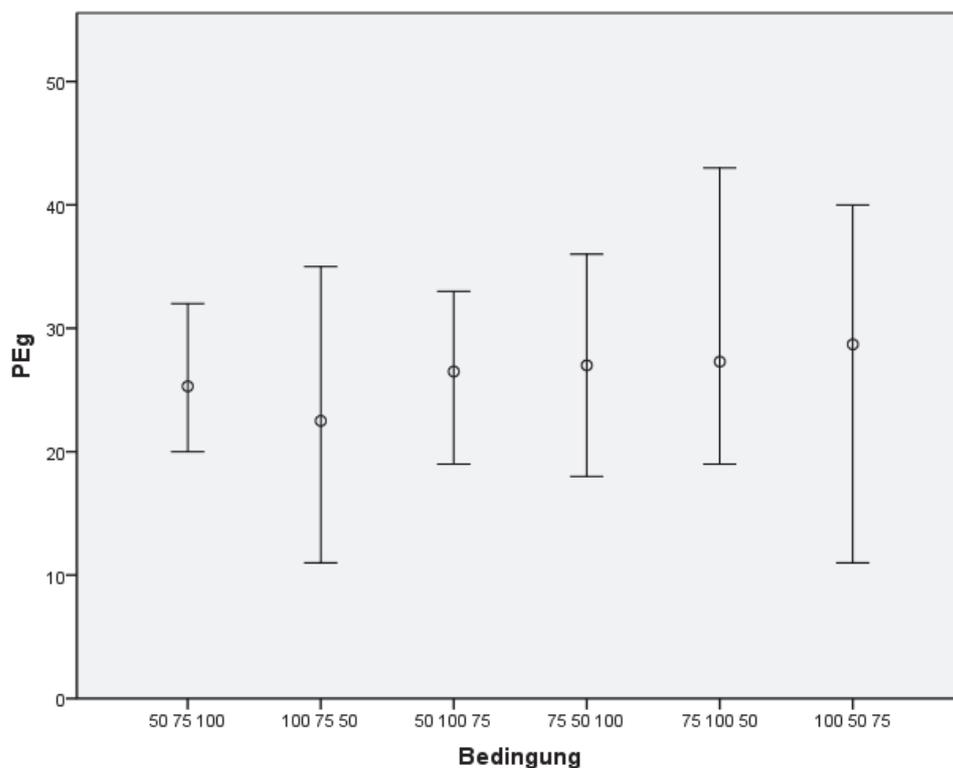


ABBILDUNG 4. SPANNWEITE GESAMTURTEIL NACH BEDINGUNGEN

3.2 Ankereffekt der ersten Beurteilung

Als zweite Hypothese wurde geprüft, ob die erlebte Beanspruchung der zweiten und dritten Stufe signifikant von der Einordnung der ersten Stufe beeinflusst wird. Die erste Bewertung würde somit einen zusätzlichen Anker setzen und die „persönliche Baseline“ bestimmen. Dies setzt voraus, dass die Versuchspersonen sich zumindest an die Größenordnung des ersten Urteils erinnern.

Für diese Untersuchung wurden das zweite und dritte Urteil gemittelt und mit dem ersten Urteil korreliert. Dies war aufgrund des metrischen Skalenniveaus problemlos möglich. Es ergaben sich für die sechs Gruppen folgende Zusammenhänge:

Bedingung	Native Korrelation r	Z-Transformation	Gemittelte Z-Werte
1	0,616	0,719	1,026418785
2	0,844	1,235	
3	0,807	1,118	
4	0,88	1,376	
5	0,499	0,548	
6	0,822	1,163	

TABELLE 4. MITTELUNG DER KORRELATIONEN (Z-TRANSFORMATION)

Da die berechneten Korrelationen nicht intervallskaliert sind, müssen diese zur Bildung des arithmetischen Mittels in eine Intervallskalierung überführt werden. Dafür verwendet man die Z-Transformation. Dort ist der Mittelwert einer Verteilung stets 0 und die Standardabweichung 1. Die Werte der Z-Transformation sind annähernd intervallskaliert und der Wertebereich ist nicht begrenzt. Im Gegensatz dazu bewegt sich der Wertebereich von r stets zwischen -1 und +1. Mithilfe der Z-Transformation geht die Information über absolute Abstände von Werten verloren, man gewinnt jedoch Informationen über relative Abstände und kann unterschiedliche Messwerte und Skalen miteinander vergleichen.

Für die Transformation von Korrelationen in z-Werte nutzt man die Fisher's z-Transformation mit der Formel:

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)$$

Die daraus berechneten Werte sind in der Tabelle oben zu finden. Die so entstandenen z-Werte dürfen nun zur Bildung des arithmetischen Mittels verwendet werden. Für die Rückführung in einen r-Wert wird folgende Formel verwendet:

$$\bar{r} = \frac{e^{2*\bar{z}} - 1}{e^{2*\bar{z}} + 1}$$

Es ergibt sich damit eine Gesamtkorrelation von 0,772. Um die Signifikanz der Korrelation zu testen, wird ein t-Test verwendet. Die vorliegende Korrelation lässt sich mit folgender Formel in die t-Verteilung überführen:

$$t = r * \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

wobei r den Korrelationswert, und n die Anzahl der Messpaare (hier 60) beschreibt.

Die t-Verteilung ist ebenso wie die z-Verteilung eine Verteilung mit Mittelwert 0 und Standardabweichung von 1, sie berücksichtigt jedoch zusätzlich die Stichprobengröße. Die t-Verteilung geht bei sehr großen Stichproben in die z-Verteilung über.

Aus der Transformation der Gesamtkorrelation ergibt sich ein t-Wert von 9,264. Der kritische t-Wert bei einem Alpha von 0,005 mit dem Freiheitsgrad $f = n - 2$, in diesem Test 58, liegt knapp unter 2,660. Damit ist der statistische Zusammenhang von der ersten zu den folgenden Stufen höchst signifikant.

3.3 Carry-Over Effekt

Testet man die verschiedenen Positionsbeurteilungen der Bedingungen gegeneinander, bekommt man zunächst ein signifikantes Ergebnis:

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PE 1.Stufe	Between Groups	825,200	5	165,040	4,020	,004
	Within Groups	2216,800	54	41,052		
	Total	3042,000	59			
PE 2.Stufe	Between Groups	2378,200	5	475,640	15,278	,000
	Within Groups	1681,200	54	31,133		
	Total	4059,400	59			
PE 3.Stufe	Between Groups	2069,350	5	413,870	10,967	,000
	Within Groups	2037,900	54	37,739		
	Total	4107,250	59			

TABELLE 5. ANOVA DER BEURTEILUNG NACH STUFEN

Die Mittelwerte der Beurteilungen der Stufen nach Reihenfolge unterscheiden sich in den unterschiedlichen Bedingungen signifikant. Alle drei Signifikanzwerte liegen unter dem geforderten Niveau von 0,05. Betrachtet man jedoch ergänzend dazu die Einzelvergleiche korrigiert nach Bonferroni⁴, fällt auf, dass die Unterschiede jeweils nur zwischen verschiedenen Wattzahlen in der gleichen Position auftauchen.

3.4 Positionseffekt

Die geprüfte Hypothese besagte: Die empfundene Beanspruchung durch eine Stufe hängt von der Position dieser Stufe innerhalb der Darbietung ab. Um den Positionseffekt zu testen, wurde eine ANOVA für alle 3 Leistungsstufen als AV mit den verschiedenen Bedingungen als Faktor durchgeführt.

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PE 50W	Between Groups	73,133	5	14,627	,416	,835
	Within Groups	1897,800	54	35,144		
	Total	1970,933	59			
PE 75W	Between Groups	301,683	5	60,337	1,988	,095
	Within Groups	1639,300	54	30,357		
	Total	1940,983	59			
PE 100W	Between Groups	476,600	5	95,320	2,146	,074
	Within Groups	2398,800	54	44,422		
	Total	2875,400	59			

TABELLE 6. ANOVA DER LEISTUNGSSTUFEN NACH BEDINGUNGEN

Es wird deutlich, dass die empfundene Beanspruchung bei 100 Watt schon nah an die 5% Grenze kommt, jedoch mit 7,4% höher ist. Auffällig ist hier, dass die Positionierung von 75 Watt und 100 Watt innerhalb der Darbietung in der Größenordnung der 5% Signifikanz liegen, während die Effektstärke bei 50 Watt mit 0,835 extrem stark davon abweicht. Korrigiert man die vorliegende ANOVA mithilfe von Bonferroni, zeigt sich in den einzelnen t-Tests, dass die größten Unterschiede im Einzelvergleich im Signifikanzbereich um 0,4 liegen. Dies ist deutlich über dem geforderten Signifikanzwert von 0,05.

⁴ Siehe Anhang D.

3.5 Zusammenhang von Pulsfrequenz und Beanspruchungsurteil

Um zu überprüfen, ob die Probanden den eigenen Puls als Maß ihrer körperlichen Belastung nutzen, wurde der Puls erhoben und mit dem Beanspruchungsurteil korreliert. Wenn die Pulsfrequenz Einfluss auf die Beanspruchungsurteile hätte, wäre zu erwarten, dass in allen drei Leistungsstufen signifikante Korrelationen auftauchen.

		Correlations	
		Beanspruchung 50W	HR 50W
Beanspruchung 50W	Pearson Correlation	1	,228
	Sig. (2-tailed)		,082
	N	60	59
HR 50W	Pearson Correlation	,228	1
	Sig. (2-tailed)	,082	
	N	59	59

TABELLE 7. KORRELATION VON HERZFREQUENZ UND BEANSPRUCHUNGURTEIL BEI 50W

		Correlations	
		Beanspruchung 75W	HR 75W
Beanspruchung 75W	Pearson Correlation	1	,309*
	Sig. (2-tailed)		,017
	N	60	59
HR 75W	Pearson Correlation	,309*	1
	Sig. (2-tailed)	,017	
	N	59	59

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

TABELLE 8. KORRELATION VON HERZFREQUENZ UND BEANSPRUCHUNGURTEIL BEI 75W

		Correlations	
		Beanspruchung 100W	HR 100W
Beanspruchung 100W	Pearson Correlation	1	,236
	Sig. (2-tailed)		,070
	N	60	60
HR 100W	Pearson Correlation	,236	1
	Sig. (2-tailed)	,070	
	N	60	60

TABELLE 9. KORRELATION VON HERZFREQUENZ UND BEANSPRUCHUNGSRURTEIL BEI 100W

In der Auswertung zeigt sich, dass nur eine der Korrelationen schwach signifikant ist. Bei der Betrachtung der dazugehörigen Streudiagramme stellt sich eine undifferenzierte Punktwolke dar. Als Beispiel sei hier das Streudiagramm zur mittleren Leistungsstufe 75 Watt gezeigt.

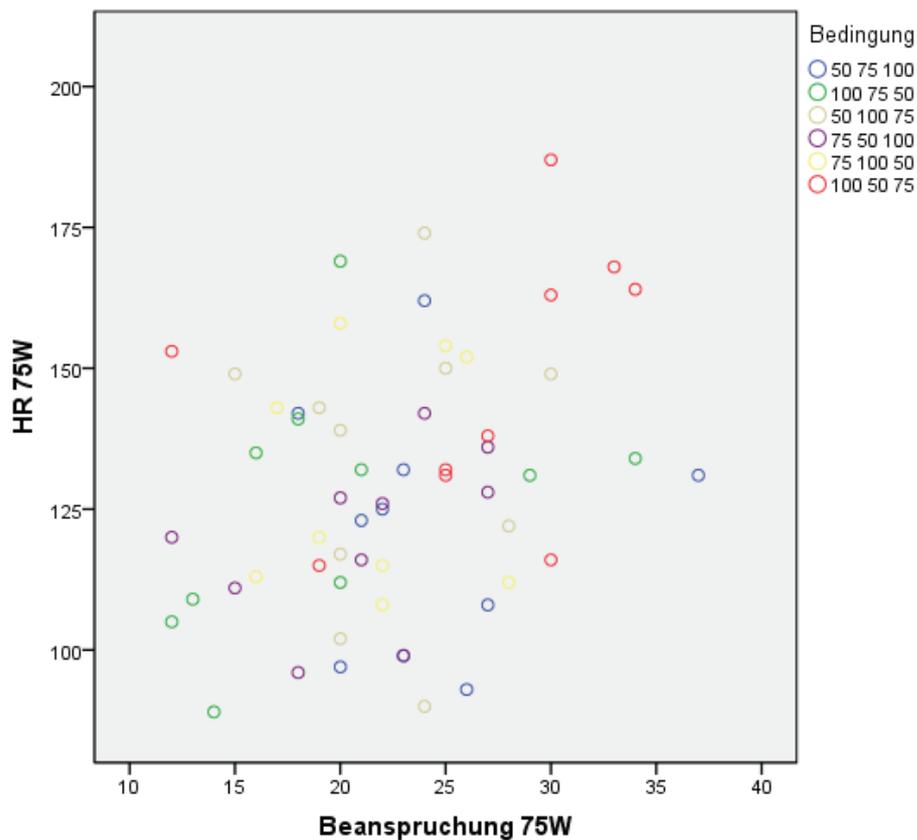


ABBILDUNG 5. STREUDIAGRAMM PULSFREQUENZ UND BEANSPRUCHUNG BEI 75W

(Streudiagramme 50 und 100W im Anhang E)

Dieses Streudiagramm stellt alle 59 Wertepaare bei der Belastung von 75 Watt dar. Die Farben zeigen auch hier die zugehörigen Bedingungen an. An der X-Achse ist die berichtete Beanspruchung aufgetragen, an der y-Achse die dazugehörigen Pulswerte. Es ist eine heterogene Punktwolke zu sehen, deren Form eher an einen Kreis ($r = 0$) als an eine Linie ($r = 1$ oder -1) erinnert. Es lässt sich hier trotzdem das Ergebnis der mathematischen Korrelation bestätigen. Es gibt nur einen schwachen Zusammenhang, der sich durch eine minimale Tendenz der Punktwolke zu einer Geraden von links unten nach rechts oben darstellt. Somit wäre eine Korrelation im niedrigen positiven Bereich zu erwarten. In den einzelnen Bedingungen lassen sich keine besonderen Formationen der Wertepaare zueinander ablesen.

3.6 Präzision

Eine der Hauptfragen dieses Versuches beschäftigte sich mit der Integration der Einzelurteile in ein Gesamturteil. Um einen ersten Eindruck zu erhalten, wurde die Präzision der Probanden berechnet. Dabei wurde der rechnerische Mittelwert der Einzelurteile mit der berichteten Gesamtbeanspruchung verglichen. Berechnet man den Mittelwert der Einzelurteile und korreliert diesen mit dem Gesamturteil, so ergibt sich folgendes Bild:

		Correlations	
		Gesamturteil	Rechnerischer Mittelwert
Gesamturteil	Pearson Correlation	1	,800**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	60	60
Rechnerischer Mittelwert	Pearson Correlation	,800**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

TABELLE 10. KORRELATION VON MITTELWERT UND GESAMTURTEIL

Die Korrelation scheint mit 0,8 auf den ersten Blick recht hoch zu sein. Betrachtet man die Grafik dazu und orientiert sich an der eingezeichneten Linie, die eine Korrelation von +1 darstellt, so wird deutlich, dass die Werte sich daran auszurichten scheinen, aber zum Großteil darüber liegen.

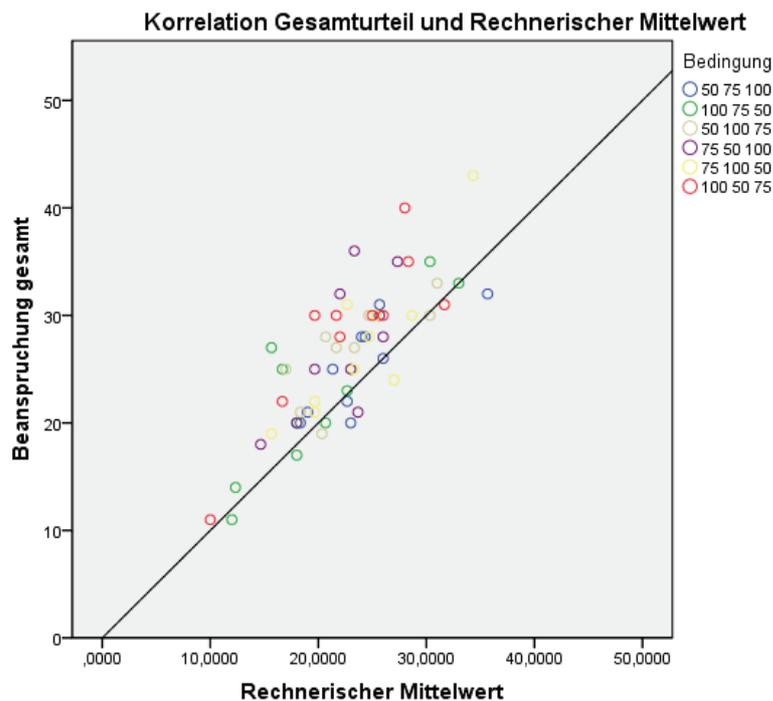


ABBILDUNG 6. STREUDIAGRAMM VON GESAMTURTEIL UND RECHNERISCHEM MITTELWERT

Zieht man den Mittelwert von der Gesamtbeurteilung ab, ergibt sich ein Differenzmaß, das im folgenden Präzision genannt wird. Die deskriptive Statistik dieser Werte ist in der Tabelle 11 dargestellt.

Statistics

Präzision

N	Valid	60
	Missing	0
Mean		3,5000
Std. Error of Mean		,49792
Median		3,3333
Std. Deviation		3,85690
Variance		14,876
Minimum		-3,67
Maximum		12,67
Percentiles	25	1,0833
	50	3,3333
	75	5,3333

TABELLE 11. DESKRIPTIVE STATISTIK DER PRÄZISIONSWERTE

Im Mittel weichen die Probanden also um 3,5 Punkte nach oben vom rechnerischen Mittelwert ab. 18,3% der Versuchspersonen weichen nach unten ab und nur 3 % wählen den rechnerischen Mittelwert. Die Spannweite der Urteile bewegt sich zwischen -3,67 und +12,67. Die Grenzen der Perzentile zeigen, dass die mittleren 50% der Probanden mit ihrer Abweichung zwischen +1 und +5,33 liegen.

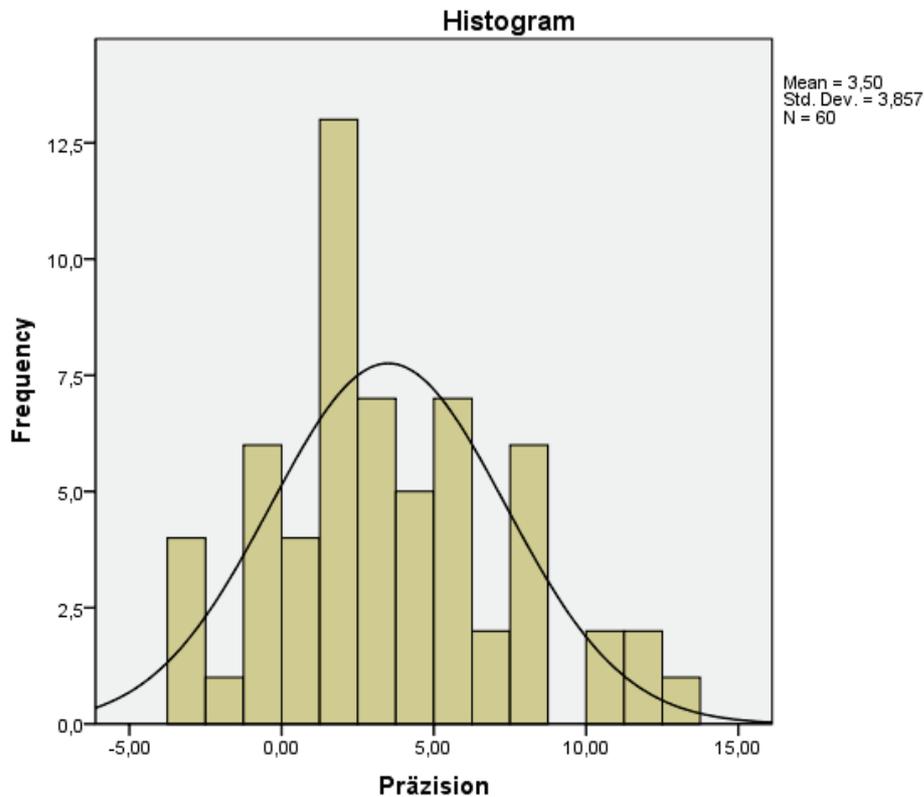


ABBILDUNG 7. HISTOGRAMM DER PRÄZISIONSWERTE

Im Balkendiagramm sind die Präzisionswerte mit ihrer absoluten Häufigkeit dargestellt. Dabei wurden Gruppen gebildet um die Verteilung sichtbar zu machen. Die Breite der Gruppen entspricht jeweils 1,25 Punkten. Das heißt, dass die Gruppe mit der höchsten Häufigkeit bei +1,25 bis +2,5 Punkten liegt. Dort ist ein Schwerpunkt festzustellen. Insgesamt gleichen sich die Messwerte einer Normalverteilungskurve an, deren Hochpunkt beim Mittelwert von 3,5 Punkten liegt.

Die Abweichung der Präzision lässt sich möglicherweise durch eine ungleiche Gewichtung der einzelnen Stufen für die Integration in das Gesamturteil erklären. Dies wurde im nächsten Schritt untersucht.

3.7 Vorhersage der Gesamtbeurteilung

Um die Integration der Einzelurteile in das Gesamturteil vorhersagen zu können, wurde eine lineare multiple Regression durchgeführt. Diese Art der Regression scheint sinnvoll, da die Verteilung der Punktwolke im Streudiagramm der Beanspruchungsurteile zum mathematischen Mittelwert einen eher linearen als einen Kurvenverlauf beschreibt. Dies macht einen linearen Zusammenhang der Urteile wahrscheinlich.

Betrachtet man die verschiedenen Anpassungslinien nach Gruppen sortiert, lässt sich keine übergreifende Systematik feststellen, wobei beide Gruppen, die mit 50 Watt begonnen haben, nah beieinander liegen.

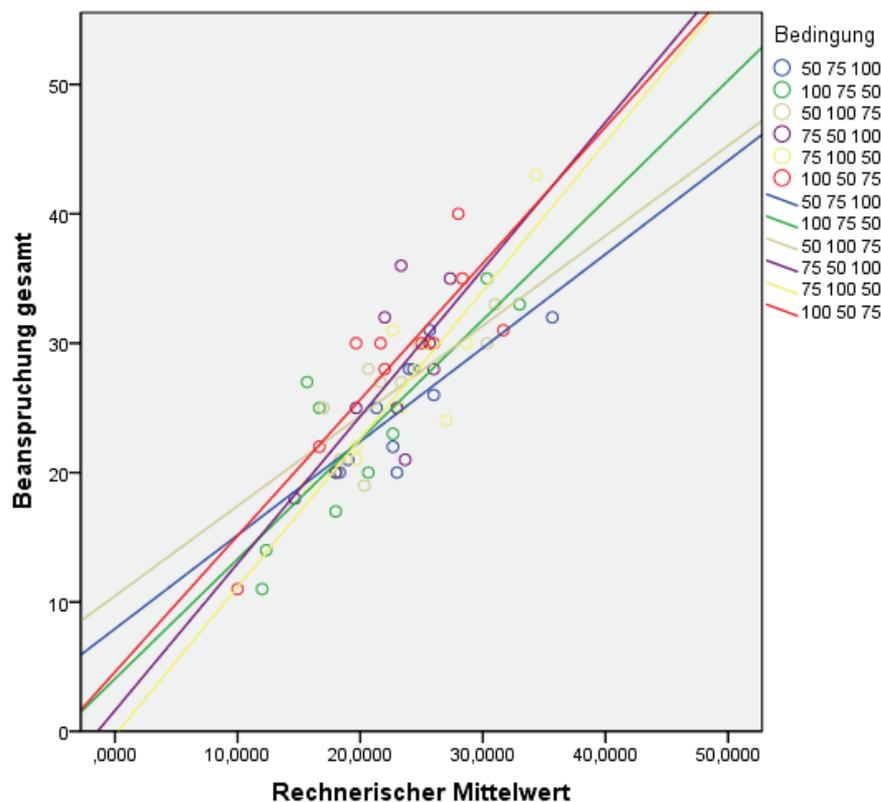


ABBILDUNG 8. STREUDIAGRAMM GESAMTURTEIL UND MITTELWERT NACH BEDINGUNGEN

In der Berechnung des Gesamturteils mithilfe der Prädiktoren nach Leistungsstufen ergeben sich die in Tabelle 12 und 13 dargestellten Werte:

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,739 ^a	,545	,538	4,360	,545	69,600	1	58	,000
2	,784 ^b	,614	,601	4,052	,069	10,153	1	57	,002
3	,802 ^c	,643	,624	3,931	,029	4,579	1	56	,037

a. Predictors: (Constant), Beanspruchung 100W

b. Predictors: (Constant), Beanspruchung 100W, Beanspruchung 75W

c. Predictors: (Constant), Beanspruchung 100W, Beanspruchung 75W, Beanspruchung 50W

TABELLE 12. GÜTE DER LINEAREN REGRESSION DES GESAMTURTEILS NACH LEISTUNG

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6,475	2,432		2,662	,010
	Beanspruchung 100W	,678	,081	,739	8,343	,000
2	(Constant)	3,780	2,414		1,566	,123
	Beanspruchung 100W	,473	,099	,515	4,758	,000
	Beanspruchung 75W	,385	,121	,345	3,186	,002
3	(Constant)	4,226	2,350		1,798	,078
	Beanspruchung 100W	,390	,104	,425	3,754	,000
	Beanspruchung 75W	,276	,128	,247	2,155	,036
	Beanspruchung 50W	,268	,125	,242	2,140	,037

a. Dependent Variable: Beanspruchung gesamt

TABELLE 13. LINEARE REGRESSION DES GESAMTURTEILS NACH LEISTUNG

Die höchste Güte der Modelle hat mit einem R von 0,802 die letzte Regression. Dieses bietet somit die beste Vorhersage und sollte dementsprechend verwendet werden. Die B-Werte des dritten Modells werden in die Formel eingesetzt, die somit lautet:

Beanspruchung gesamt

$$= 0,39 * PE\ 100W + 0,276 * PE\ 75W + 0,268 * PE\ 50W + 4,226$$

Betrachtet man hierzu den Determinationskoeffizienten R^2 mit einem Wert von 0,643 wird jedoch deutlich, dass die Güte der Vorhersage mittelmäßig ist. Es werden nur 64,3% der Varianz der Werte durch dieses Modell erklärt. Die restlichen 35,7% werden von Prädiktoren bestimmt, die in diesen Datensätzen nicht erfasst worden sind. Die Vorhersagewerte korrelieren mit den tatsächlichen Werten im Bereich von 0,8.

Nimmt man zur Vorhersage nicht die unterschiedlichen Leistungsstufen, sondern die Reihenfolge in der Darbietung als Prädiktoren, verändert sich die Güte nur unwesentlich.

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,635 ^a	,404	,393	4,994	,404	39,270	1	58	,000
2	,737 ^b	,544	,528	4,406	,140	17,515	1	57	,000
3	,807 ^c	,651	,632	3,891	,107	17,104	1	56	,000

a. Predictors: (Constant), PE 3.Stufe

b. Predictors: (Constant), PE 3.Stufe, PE 1.Stufe

c. Predictors: (Constant), PE 3.Stufe, PE 1.Stufe, PE 2.Stufe

TABELLE 14. GÜTE DER LINEAREN REGRESSION DES GESAMTURTEILS NACH REIHENFOLGE

Model		Coefficients ^a				
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	14,374	1,997		7,199	,000
	PE 3.Stufe	,488	,078	,635	6,267	,000
2	(Constant)	8,943	2,188		4,087	,000
	PE 3.Stufe	,413	,071	,537	5,812	,000
	PE 1.Stufe	,346	,083	,387	4,185	,000
3	(Constant)	4,627	2,196		2,107	,040
	PE 3.Stufe	,381	,063	,496	6,025	,000
	PE 1.Stufe	,307	,074	,344	4,176	,000
	PE 2.Stufe	,258	,062	,334	4,136	,000

a. Dependent Variable: Beanspruchung gesamt

TABELLE 15. LINEARE REGRESSION DES GESAMTURTEILS NACH REIHENFOLGE

Bei der Aufschlüsselung nach Stufen ergibt sich im dritten Modell mithilfe der B-Werte die Formel:

Beanspruchung gesamt

$$= 0,307 * PE 1 + 0,258 * PE 2 + 0,381 * PE 3 + 4,627$$

Nutzt man alle 6 möglichen Prädiktoren gemeinsam für eine Regressionsanalyse, dann fallen alle 3 Positionsprädiktoren heraus und ausschließlich die Belastungsstufen dienen als Prädiktor für das Kriterium der Gesamtbeanspruchung

Eine erstaunlich gute Prognose lässt sich für die Bedingung 3 aufstellen. Dieser Gruppe wurde die Reihenfolge 50W, 100W, 75W zugeordnet. Mit einer Korrelation von 0,926, einem R^2 von 0,857 und einem Standardfehler von 1,692 ist hier die Vorhersage mithilfe der Leistungs-Prädiktoren deutlich besser als im Gesamtmodell. Hier können ganze 85,7% der Varianz durch die beobachteten Faktoren aufgeklärt werden. Auffällig ist, dass in dieser Bedingung ausschließlich das Beanspruchungsurteil zur zweiten Stufe von 100 Watt zur Berechnung herangezogen wird, während die Urteile zu 50 Watt und 75 Watt genauso wie die Reihenfolgen-Prädiktoren keine weitere Aufklärung bringen. Für die Prognose in der Bedingung 3 ergibt sich folgende Formel:

$$Beanspruchung gesamt = 1,004 * PE 100W - 3,23$$

4 Diskussion

Interpretation der Befunde zu den Einzelurteilen

Aus den statistischen Daten lassen sich unterschiedliche Schlussfolgerungen ziehen. In der Interpretation der Ergebnisse ergibt sich:

Die Gesamturteile der verschiedenen Gruppen sind sehr ähnlich. Der Signifikanzwert von 0,364 spricht dafür, dass es in diesem Versuch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gibt.

Bei der Untersuchung des Anker-Effektes ist der statistische Zusammenhang von der ersten zu den folgenden Stufen auf 0,5% Niveau signifikant. Es kann also ein Ankereffekt der ersten Beurteilung festgestellt werden.

Bei der Betrachtung des Carry-Over-Effekts kann zunächst ein höchst signifikantes Ergebnis festgestellt werden. In den Einzelvergleichen zeigt sich jedoch, dass die Signifikanzen ausschließlich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Leistungsstufen beschreiben, jedoch keine Unterschiede der Positionen der Leistungsstufen. Die Stufe 50 Watt wird also nicht anders bewertet, wenn vorher 100 Watt statt 75 Watt dargeboten werden. Es ist kein Carry-Over Effekt nachweisbar.

Die Prüfung des Positionseffektes zeigt bei 100 Watt mit 0,074 einen Signifikanzwert nahe an der 5% Grenze, dieser ist jedoch zu hoch um die Hypothese bestätigen zu können. Somit muss auch diese Hypothese verworfen werden. Auch bei 75 und 50 Watt muss Nullhypothese angenommen werden. Auffällig ist hier, dass die Positionseffekte von 75W und 100W zumindest grob in der Größenordnung der 5% Signifikanz liegen, während die Effektstärke bei 50W mit 0,835 extrem stark davon abweicht. Es scheint also eine Tendenz zu geben, dass die höheren Stufen eher einem Positionseffekt unterliegen als die niedrigen Stufen. Zudem wäre es möglich, dass ein gewisses Grundniveau an Belastung notwendig ist, um einen Positionseffekt zu erzeugen. Wie hoch genau dieses Niveau ist, müsste durch weitere Studien geklärt werden.

Die Korrelation von Pulsfrequenz zu Beanspruchungsurteil zeigt ein äußerst heterogenes Streudiagramm (Siehe 3.5 und Anhang E). In den berechneten Korrelationen ist nur die Leistungsstufe 75 Watt schwach signifikant. Die mathematische Korrelation würde einen nicht-linearen Zusammenhang nicht aufdecken. Dass die-

ser vorliegt, ist jedoch aufgrund der Erscheinungsform der Streudiagramme höchst unwahrscheinlich.

Es ist nicht plausibel, dass die Probanden nur bei einer Stufe ihren Puls als Anhaltspunkt verwenden, bei den anderen beiden jedoch nicht. Der Zusammenhang ist bei allen drei Leistungsstufen gering. Eine mögliche Erklärung wäre ein kaum messbarer Zusammenhang von Herzfrequenz und Beanspruchungsurteil, der dazu führt, dass bei 50 und 100 Watt keine signifikante Korrelation gemessen werden kann, bei 75 Watt jedoch schon. Als alternative Interpretation würde ein Fehler 1.Art (Sedlmeier und Renkewitz, 2007) in Betracht kommen, das heißt, dass die Signifikanz fälschlicherweise einen Unterschied zur Zufallskorrelation nahe legt. Diese Wahrscheinlichkeit ist in diesem Test mit dem α von 0,05, also 5% angegeben.

Beide Interpretationen legen nahe, dass die Probanden zusätzlich andere Indikatoren als die Pulsfrequenz beurteilen, wenn sie nach ihrer empfundenen körperlichen Beanspruchung gefragt werden. Hier ergibt sich die Frage, ob die Beanspruchung ein rein psychisches Maß ist oder sich durch andere physische Indikatoren bestimmen lässt.

Integration in das Gesamturteil

Die Integration der Beanspruchungs-Einzelwerte in das Gesamturteil zeigt zunächst, dass das subjektive Gesamturteil der Beanspruchung in der Regel vom rechnerischen Gesamturteil nach oben abweicht, im Mittel um 3,5 Punkte. Die Probanden empfinden die Gesamtaufgabe also anstrengender als die Summe der einzelnen Abschnitte vermuten ließe. Mögliche Ursache könnte eine ungleiche Gewichtung der Einzelaufgaben sein. Eine Alternative wäre das Auftreten der sogenannten „memory-experience gap“. Sie beschreibt den Befund, dass die Gesamtbeurteilungen von Emotionen intensiver eingeschätzt werden als der Mittelwert es vermuten lassen würde (Miron-Shatz et al., 2009 nach: Kakarot & Müller, 2013).

Bei der Berechnung einer Regressionsgleichung zur Vorhersage des Gesamturteils zeigt sich eine starke Gewichtung der Beurteilung von 100 Watt Belastung.

Bei der Berechnung des Faktors Gesamturteil mithilfe der Positionsurteile, erscheint die dritte und damit letzte Belastung als maßgeblich. Zusätzlich erhält die erste Stufe etwas mehr Gewicht als die zweite. Dies bedeutet, dass für die Integration in das Gesamturteil tendenziell die letzte Belastungsstufe etwas stärker gewichtet wird, also eine Tendenz zum Recency-Effekt erkennbar wird. Auch ein Primacy-Effekt wird sichtbar, dieser ist jedoch extrem schwach.

In einer kombinierten Regressionsgleichung mit allen sechs Prädiktoren werden die Positionseffekte von den Effekten der unterschiedlichen Leistungsstufen überlagert, sodass die Verwendung der drei Reihenfolge-Prädiktoren keinen Erkenntnisgewinn bringt. Dort, dass der Stufe 100 Watt die größte Bedeutung für das Gesamturteil zukommt, während 50 und 75 Watt zu etwa gleichen Teilen in das Gesamturteil einfließen.

In der besonders guten Vorhersage für die Bedingung 3 (50 – 100 – 75 W) zeigt sich dass, obwohl die 100 Watt-Stufe an der 2. Position, also der Position mit der tendenziell niedrigsten Gewichtung steht, sie trotzdem für das Gesamturteil entscheidend ist. Dies bestätigt die Befunde der Regressionsanalyse.

Bezug zur Ursprungsuntersuchung

Diese Studie reiht sich ein in eine Gruppe von Studien zur wahrgenommenen Beanspruchung, in denen keine signifikanten Effekte der Reihenfolge der Stimuli auf die Gesamtbeurteilung gefunden werden konnte. Wie bei Skinner et al. (1973) lässt sich auch in den hier gefundenen Ergebnissen feststellen, dass die Bedingung 2, bei der die Belastung in absteigender Reihenfolge auftrat, etwas niedriger in der Gesamtbeanspruchung bewertet wird als die restlichen Stufen (Müller et al., 1995; Skinner, Hutsler, Bergsteinová, and Buskirk, 1973 nach: Kakarot & Müller, 2013).

Die Vermutungen von Kakarot und Müller (2013) konnten bestätigt werden. Die Beurteilung der Belastung durch die Stufe 100 Watt fließt in diesem Versuchsdesign maßgeblich in die Gesamtbeurteilung ein. Dies bestätigt die Befunde vorheriger Studien, die bei der Schmerzempfindung eine hohe Bewertung der letzten und der intensivsten Erlebnisse nahelegten (Kahneman, Fredrickson, Schreiber, & Redelmeier, 1993; Fredrickson & Kahneman, 1993; Redelmeier & Kahneman, 1996; Redelmeier, Katz, & Kahneman, 2003; Schneider, Stone, Schwartz, & Broderick, 2011 nach: Kakarot & Müller, 2013).

Im Rahmen dieser Untersuchung wäre es sinnvoll zusätzlich konstante Bedingungen zu testen und höhere Stufen als 100 Watt einzuführen. Dabei sollten weiterhin auch die Einzelurteile erhoben werden, um eine möglichst breite Datenbasis zur Analyse zu schaffen.

Störvariablen

Als Störvariablen müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Die Teilnehmer hatten unterschiedliche Trainingszustände und waren unterschiedlichen körperlichen Belastungen ausgesetzt, bevor sie zu dem Versuch antraten. Dies hat-

te sowohl Einfluss auf die Beanspruchungsurteile wie auch auf die Pulsfrequenzen. Mithilfe der persönlichen Einordnung der Ankerpunkte auf der Skala wurde versucht, die unterschiedlichen Trainingszustände zu kontrollieren. Für die bessere Einordnung der Pulsfrequenzen wäre es möglich, zusätzlich den Ruhepuls zu erheben und mit Differenzmaßen oder Verhältnissen zu arbeiten. Damit könnte es möglich sein, den Trainingszustand der Probanden aus der Analyse herauszunehmen und die Verfälschung durch diesen Faktor auszuschließen.

Zusätzlich haben einige Versuchspersonen ihre Beanspruchung spontan mithilfe der Skala eingestuft, während andere intensiv über ihre Beurteilung der vorangegangenen Stufen nachdachten und dann versuchten, ihr Gesamturteil mathematisch herzuleiten. Um diese Erinnerungseffekte auszuschalten, sollten in Folgeversuchen die Erinnerungen an die früheren Urteile möglichst abgeschwächt oder überdeckt werden. Möglich wäre hier beispielsweise der Einsatz von Rechenaufgaben.

Aufgrund der Charakteristik der Stichprobe ist fraglich, in wie weit die gewonnenen Erkenntnisse auf die gesamte Bevölkerung übertragen werden können. Die Stichprobe liefert ausschließlich Informationen über junge Erwachsene im Bachelorstudium der Wirtschaftspsychologie. Somit müssten die Ergebnisse, um eine Übertragbarkeit zu gewährleisten, noch an anderen Stichproben verifiziert werden. Die gefundenen Tendenzen, gerade der Primacy- und der Recency-Effekt sind jedoch in der allgemeinen Psychologie gut erforscht und scheinen in der gesamten Bevölkerung durchgehend aufzutreten. Es ist also davon auszugehen, dass eine repräsentative Stichprobe der Gesamtbevölkerung keine signifikant anderen Ergebnisse erbringt.

Ausblick

Für weitere Forschungen stellt sich die Frage, ob sich auch mit mehr Einzelreizen eine Tendenz zur stärkeren Gewichtung von erstem und letztem Urteil finden lässt. Interessant wäre weiterhin, ob die höchste Belastung stets am stärksten in das Gesamturteil eingeht, oder ob der Einfluss ab einer bestimmten Leistungsanforderung wieder zurückgeht. Ein weiterer Forschungsbereich ergibt sich in der Integration von Flow-Erleben in das Gesamturteil. Da sich das Flow-Erleben in einem für die Versuchsperson optimalen Beanspruchungsgrad einstellt, könnte dies die Gesamtbeurteilung der Beanspruchung sinken lassen, obwohl eine hohe Leistung erbracht wird.

Insgesamt bietet diese Studie erste Anhaltspunkte für die Integration von einzelnen Modulen in ein Gesamturteil, jedoch wird auf diesem Gebiet noch viel

Forschungsarbeit vonnöten sein. Fraglich bleibt zum Beispiel in wie weit die hier für den arbeitspsychologischen Bereich gewonnenen Daten ebenfalls auf andere Bereiche übertragen werden können, ob sich also ähnliche Regeln in der Beurteilung von Lärmbelästigung oder psychischer Belastung finden lassen. Zusätzlich wurden die Daten über einen sehr kurzen Zeitraum von wenigen Minuten erhoben. Es wäre zu vermuten, dass speziell die Positionseffekte bei langfristigen Untersuchungen deutlicher zutage treten.

5 Bibliographie

- Bamberg, E. (2007). Belastung, Beanspruchung, Stress. In: Schuler, H.; Sonntag, K.(Hrsg.). *Handbuch der Psychologie. Band 6. Handbuch der Arbeits- und Organisationspsychologie*. Göttingen(u.a.): Hogrefe. S.141-148.
- Deutscher Bundestag (2007). *Bericht der Bundesregierung über den Stand von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit und über das Unfall- und Berufskrankheitengeschehen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2006*. Drucksache 16/7704 vom 28.12.2007.
- DIN EN ISO 10075-1:2000 (2000). Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung.
- Heller, O. (1982). Theorie und Praxis des Verfahrens der Kategorienunterteilung (KU). In O. Heller (Hrsg.), *Forschungsbericht 1981*. (o.O): (o.V.).
- Huber, O. (2010). *Das psychologische Experiment: Eine Einführung*. Bern: Huber.
- Kakarot, N.; Müller, F.(2013). Integration of Perceived Exertion associated with successive time periods of varying intensity in a single measure. Unpubliziertes Manuskript.
- Rohmert, W.; Rutenfranz, J. (1975): *Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen*. Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn: Referat für Öffentlichkeitsarbeit.
- Sedlmeier, P.; Renkewitz F. (2007). *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie*. München (u.a.): Pearson Studium.
- Witte, W. (1960). Über Phänomenskalen. *Psychologische Beiträge*, S.645-672.
- Zimbardo, P. (2008). *Psychologie*. München (u.a.): Pearson Studium.

Bildquellen:

- Höger, R. (2012). *Vorlesungsreihe Arbeitssicherheit und –gesundheit*. 4. Vorlesung: Belastung und Beanspruchung. Folie 4.

6 Darstellungsverzeichnis

Tabellen

Tabelle 1.	Definition der Versuchsbedingungen.....	9
Tabelle 2.	Deskriptive Statistik Gesamturteile nach Bedingungen.....	13
Tabelle 3.	Anova der Gesamturteile nach Bedingungen	13
Tabelle 4.	Mittelung der Korrelationen (Z-Transformation).....	15
Tabelle 5.	ANOVA der Beurteilung nach Stufen	16
Tabelle 6.	ANOVA der Leistungsstufen nach Bedingungen.....	17
Tabelle 7.	Korrelation von Herzfrequenz und Beanspruchungsurteil bei 50W	18
Tabelle 8.	Korrelation von Herzfrequenz und Beanspruchungsurteil bei 75W	18
Tabelle 9.	Korrelation von Herzfrequenz und Beanspruchungsurteil bei 100W... ..	19
Tabelle 10.	Korrelation von Mittelwert und Gesamturteil	20
Tabelle 11.	Deskriptive Statistik der Präzisionswerte	21
Tabelle 12.	Güte der linearen Regression des Gesamturteils nach Leistung.....	24
Tabelle 13.	Lineare Regression des Gesamturteils nach Leistung	24
Tabelle 14.	Güte der linearen Regression des Gesamturteils nach Reihenfolge ..	25
Tabelle 15.	Lineare Regression des Gesamturteils nach Reihenfolge	26
Tabelle 16.	Bonferroni zur ANOVA des Carry-Over-Effekts.....	39

Abbildungen

Abbildung 1.	Belastungs-Beanspruchungs-Modell (Höger, 2012)	3
Abbildung 2.	Kurvendiagramm Beanspruchung und Leistungsstufen.....	11
Abbildung 3.	Kurvendiagramm Beanspruchung und Reihenfolge.....	12
Abbildung 4.	Spannweite Gesamturteil nach Bedingungen	14
Abbildung 5.	Streudiagramm Pulsfrequenz und Beanspruchung bei 75W	19
Abbildung 6.	Streudiagramm von Gesamturteil und rechnerischem Mittelwert	21
Abbildung 7.	Histogramm der Präzisionswerte.....	22
Abbildung 8.	Streudiagramm Gesamturteil und Mittelwert nach Bedingungen	23
Abbildung 9.	Streudiagramm von Herzfrequenz und Beanspruchung bei 50W	40
Abbildung 10.	Streudiagramm von Herzfrequenz und Beanspruchung bei 100W....	40
Abbildung 11.	Kurvendiagramm Beanspruchungsurteile nach Leistung (Groß)	41
Abbildung 12.	Kurvendiagramm Beanspruchungsurteile nach Reihenfolge (Groß) ..	42

7 Anhang

A Instruktion

Begrüßung.

In diesem Versuch geht es nur um körperliche Anstrengung. Es geht nicht um psychischen Stress oder Anspannung. Bitte konzentriere dich also rein auf die empfundene körperliche Anstrengung. Diese wollen wir anhand der folgenden Skala messen.

[KU-Skala wird vorgelegt]

Hier erfordert der Wert 1 sehr wenig körperliche Anstrengung und der Wert 50 sehr viel körperliche Anstrengung. Dazwischen findest du verschiedene Kategorien, die dir bei der Beurteilung helfen sollen.

Wenn du nun an deinen Alltag denkst, dann erlebst auch du immer wieder körperlich sehr anstrengende Situationen. Nenne mir bitte die körperlich anstrengendste Situation, die du in deinem Alltag erlebt hast. Wie viel Anstrengung erfordert die Tätigkeit? [Wert und Situation werden auf der Skala eingetragen]

Nenne mir bitte eine Tätigkeit mit sehr geringer körperlicher Anstrengung. Wie viel Anstrengung erfordert die Tätigkeit? [Wert und Situation werden auf der Skala eingetragen. Es erfolgt ein intensives Nachfragen, wenn Sitzen mit einem Wert von 1 definiert wurde. In der Regel korrigierten die Probanden dann auf 3 oder 4. Die Tätigkeit „Schlafen“ wurde nicht akzeptiert, da diese nicht aktiv erlebt wird.]

Hast noch Fragen zu der Skala?

Dann ordne bitte die folgenden Tätigkeiten mithilfe der Skala ein.

[Vorlage des Übungsbogens]

[Bei Rückgabe des Übungsbogens kurze Plausibilitätskontrolle, ob Skala tatsächlich verstanden wurde.]

B KU-Skala

Körperliche Anstrengung

	52
	51
sehr viel Anstrengung (E)	50
	49
	48
	47
	46
	45
	44
	43
	42
	41
viel Anstrengung (D)	40
	39
	38
	37
	36
	35
	34
	33
	32
	31
mittlere Anstrengung (C)	30
	29
	28
	27
	26
	25
	24
	23
	22
	21
wenig Anstrengung (B)	20
	19
	18
	17
	16
	15
	14
	13
	12
	11
sehr wenig Anstrengung (A)	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1
0	

C Übungsbogen

Beispielsituationen Skalierung körperlicher Anstrengung

Nummer: _____

Bezeichnung der Teiltätigkeit	Körperliche Anstrengung	
	Kategorie A - E	Zahl
An einem warmen Sommerabend auf dem Balkon im Liegestuhl liegen und vor sich hin dösen.		
Einen vollen Bierkasten im Treppenhaus ein Stockwerk nach oben tragen.		
Einen 5 kg Kartoffelsack vom Boden auf den Küchentisch heben.		
Ein wuchtiges Sofa zu zweit in engem Treppenhaus in den dritten Stock tragen. Du gehst voran.		

D Bonferroni zur ANOVA des Carry-Over-Effekts

Multiple Comparisons

Bonferroni

Dependent Variable	(I) Bedingung	(J) Bedingung	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
PE 1.Stufe	50 75 100	100 75 50	-8,600	2,865	,061	-17,40	,20
		50 100 75	-1,100	2,865	1,000	-9,90	7,70
		75 50 100	-5,000	2,865	1,000	-13,80	3,80
		75 100 50	-5,500	2,865	,903	-14,30	3,30
		100 50 75	-10,400*	2,865	,009	-19,20	-1,60
	100 75 50	50 75 100	8,600	2,865	,061	-,20	17,40
		50 100 75	7,500	2,865	,172	-1,30	16,30
		75 50 100	3,600	2,865	1,000	-5,20	12,40
		75 100 50	3,100	2,865	1,000	-5,70	11,90
		100 50 75	-1,800	2,865	1,000	-10,60	7,00
	50 100 75	50 75 100	1,100	2,865	1,000	-7,70	9,90
		100 75 50	-7,500	2,865	,172	-16,30	1,30
		75 50 100	-3,900	2,865	1,000	-12,70	4,90
		75 100 50	-4,400	2,865	1,000	-13,20	4,40
		100 50 75	-9,300*	2,865	,030	-18,10	-,50
	75 50 100	50 75 100	5,000	2,865	1,000	-3,80	13,80
		100 75 50	-3,600	2,865	1,000	-12,40	5,20
		50 100 75	3,900	2,865	1,000	-4,90	12,70
		75 100 50	-,500	2,865	1,000	-9,30	8,30
		100 50 75	-5,400	2,865	,973	-14,20	3,40
75 100 50	50 75 100	5,500	2,865	,903	-3,30	14,30	
	100 75 50	-3,100	2,865	1,000	-11,90	5,70	
	50 100 75	4,400	2,865	1,000	-4,40	13,20	
	75 50 100	,500	2,865	1,000	-8,30	9,30	
	100 50 75	-4,900	2,865	1,000	-13,70	3,90	
100 50 75	50 75 100	10,400*	2,865	,009	1,60	19,20	
	100 75 50	1,800	2,865	1,000	-7,00	10,60	
	50 100 75	9,300*	2,865	,030	,50	18,10	
	75 50 100	5,400	2,865	,973	-3,40	14,20	
	75 100 50	4,900	2,865	1,000	-3,90	13,70	
PE 2.Stufe	50 75	100 75 50	4,400	2,495	1,000	-3,26	12,06

	100	50 100 75	-5,500	2,495	,477	-13,16	2,16
		75 50 100	8,100*	2,495	,030	,44	15,76
		75 100 50	-8,000*	2,495	,034	-15,66	-,34
		100 50 75	8,200*	2,495	,027	,54	15,86
	100 75	50 75 100	-4,400	2,495	1,000	-12,06	3,26
	50	50 100 75	-9,900*	2,495	,003	-17,56	-2,24
		75 50 100	3,700	2,495	1,000	-3,96	11,36
		75 100 50	-12,400*	2,495	,000	-20,06	-4,74
		100 50 75	3,800	2,495	1,000	-3,86	11,46
	50 100	50 75 100	5,500	2,495	,477	-2,16	13,16
	75	100 75 50	9,900*	2,495	,003	2,24	17,56
		75 50 100	13,600*	2,495	,000	5,94	21,26
		75 100 50	-2,500	2,495	1,000	-10,16	5,16
		100 50 75	13,700*	2,495	,000	6,04	21,36
	75 50	50 75 100	-8,100*	2,495	,030	-15,76	-,44
	100	100 75 50	-3,700	2,495	1,000	-11,36	3,96
		50 100 75	-13,600*	2,495	,000	-21,26	-5,94
		75 100 50	-16,100*	2,495	,000	-23,76	-8,44
		100 50 75	,100	2,495	1,000	-7,56	7,76
	75 100	50 75 100	8,000*	2,495	,034	,34	15,66
	50	100 75 50	12,400*	2,495	,000	4,74	20,06
		50 100 75	2,500	2,495	1,000	-5,16	10,16
		75 50 100	16,100*	2,495	,000	8,44	23,76
		100 50 75	16,200*	2,495	,000	8,54	23,86
	100 50	50 75 100	-8,200*	2,495	,027	-15,86	-,54
	75	100 75 50	-3,800	2,495	1,000	-11,46	3,86
		50 100 75	-13,700*	2,495	,000	-21,36	-6,04
		75 50 100	-,100	2,495	1,000	-7,76	7,56
		75 100 50	-16,200*	2,495	,000	-23,86	-8,54
PE 3.Stufe	50 75	100 75 50	16,400*	2,747	,000	7,96	24,84
	100	50 100 75	9,500*	2,747	,016	1,06	17,94
		75 50 100	1,900	2,747	1,000	-6,54	10,34
		75 100 50	13,200*	2,747	,000	4,76	21,64
		100 50 75	5,500	2,747	,755	-2,94	13,94
	100 75	50 75 100	-16,400*	2,747	,000	-24,84	-7,96
	50	50 100 75	-6,900	2,747	,226	-15,34	1,54
		75 50 100	-14,500*	2,747	,000	-22,94	-6,06
		75 100 50	-3,200	2,747	1,000	-11,64	5,24
		100 50 75	-10,900*	2,747	,003	-19,34	-2,46

50 100	50 75 100	-9,500*	2,747	,016	-17,94	-1,06
75	100 75 50	6,900	2,747	,226	-1,54	15,34
	_ 75 50 100	-7,600	2,747	,116	-16,04	,84
	75 100 50	3,700	2,747	1,000	-4,74	12,14
	100 50 75	-4,000	2,747	1,000	-12,44	4,44
75 50	50 75 100	-1,900	2,747	1,000	-10,34	6,54
100	100 75 50	14,500*	2,747	,000	6,06	22,94
	_ 50 100 75	7,600	2,747	,116	-,84	16,04
	75 100 50	11,300*	2,747	,002	2,86	19,74
	100 50 75	3,600	2,747	1,000	-4,84	12,04
75 100	50 75 100	-13,200*	2,747	,000	-21,64	-4,76
50	100 75 50	3,200	2,747	1,000	-5,24	11,64
	_ 50 100 75	-3,700	2,747	1,000	-12,14	4,74
	75 50 100	-11,300*	2,747	,002	-19,74	-2,86
	100 50 75	-7,700	2,747	,105	-16,14	,74
100 50	50 75 100	-5,500	2,747	,755	-13,94	2,94
75	100 75 50	10,900*	2,747	,003	2,46	19,34
	_ 50 100 75	4,000	2,747	1,000	-4,44	12,44
	75 50 100	-3,600	2,747	1,000	-12,04	4,84
	75 100 50	7,700	2,747	,105	-,74	16,14

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

TABELLE 16. BONFERRONI ZUR ANOVA DES CARRY-OVER-EFFEKTS

E Streudiagramme zu Herzfrequenz und Beanspruchungsurteil

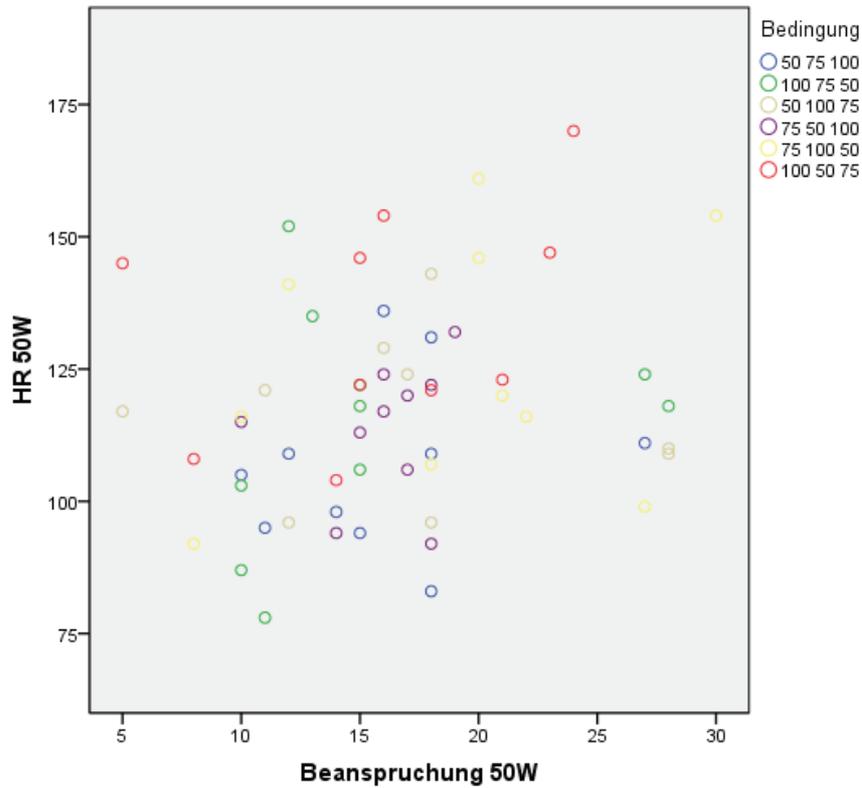


ABBILDUNG 9. STREUDIAGRAMM VON HERZFREQUENZ UND BEANSPRUCHUNG BEI 50W

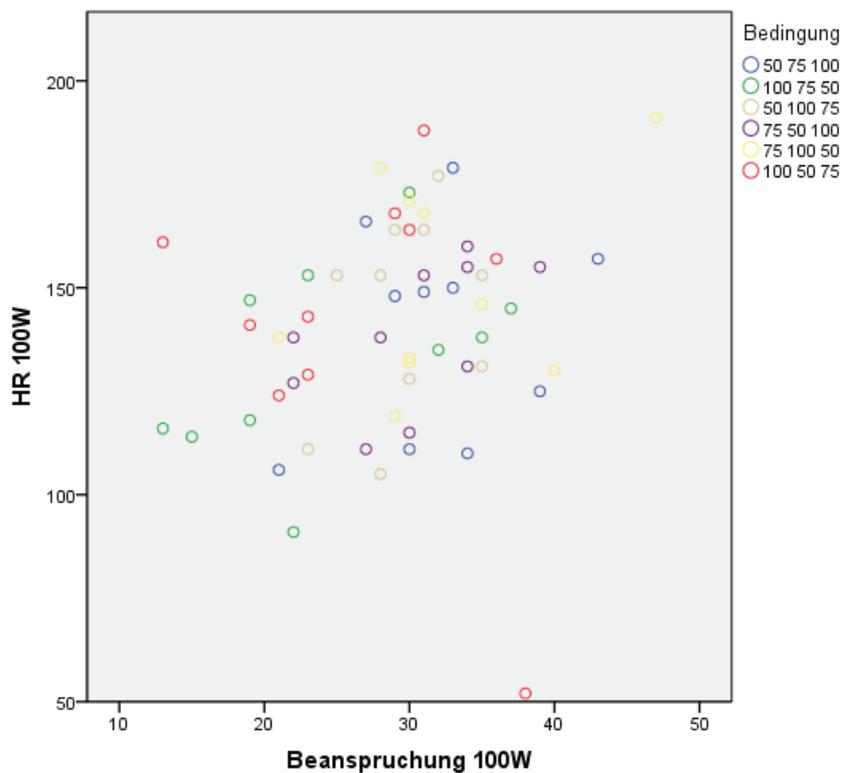


ABBILDUNG 10. STREUDIAGRAMM VON HERZFREQUENZ UND BEANSPRUCHUNG BEI 100W

F Übersicht über die Beanspruchungsurteile nach Leistung

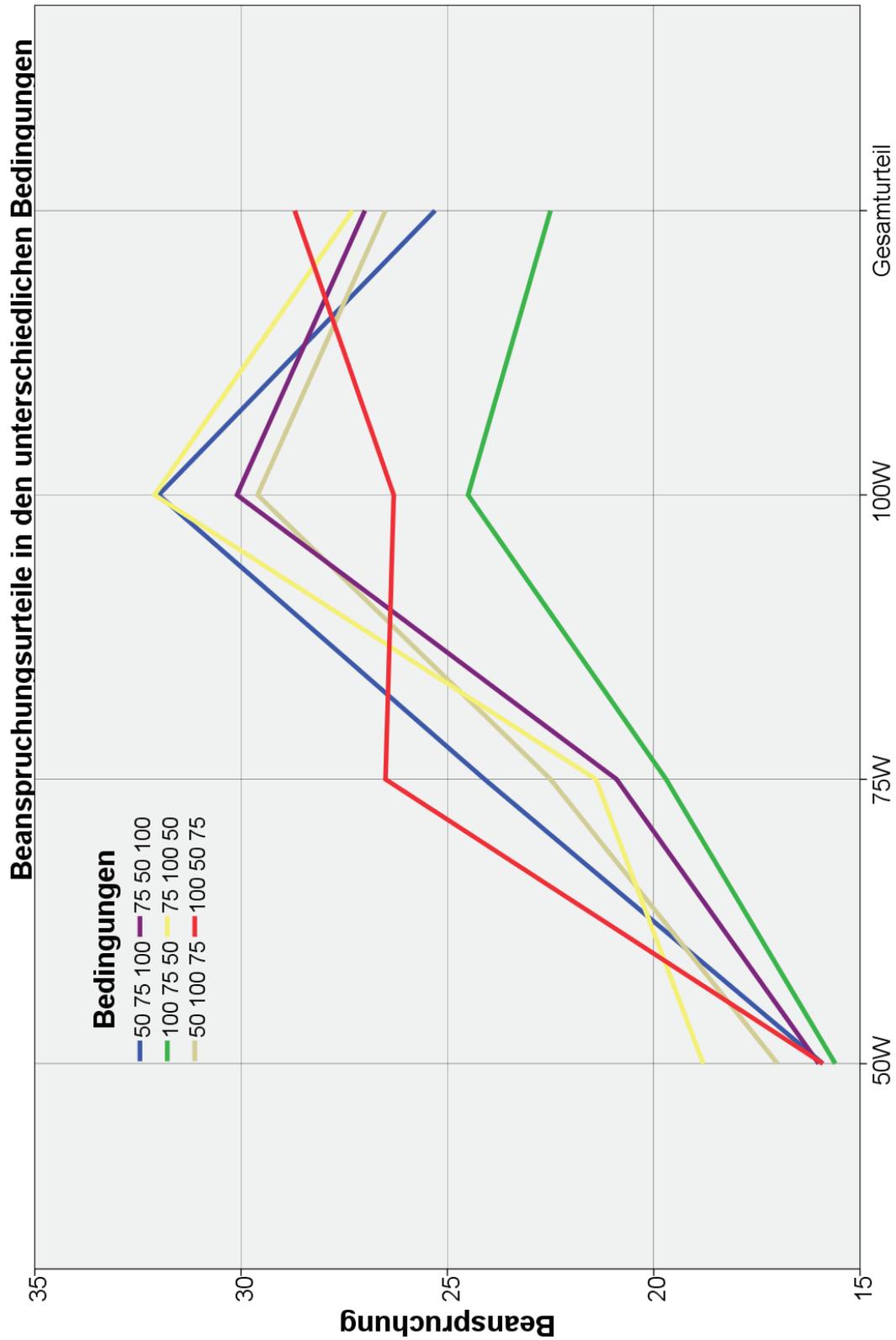


ABBILDUNG 11. KURVENDIAGRAMM BEANSPRUCHUNGURTEILE NACH LEISTUNG (GROß)

G Übersicht über die Beanspruchungsurteile nach Reihenfolge

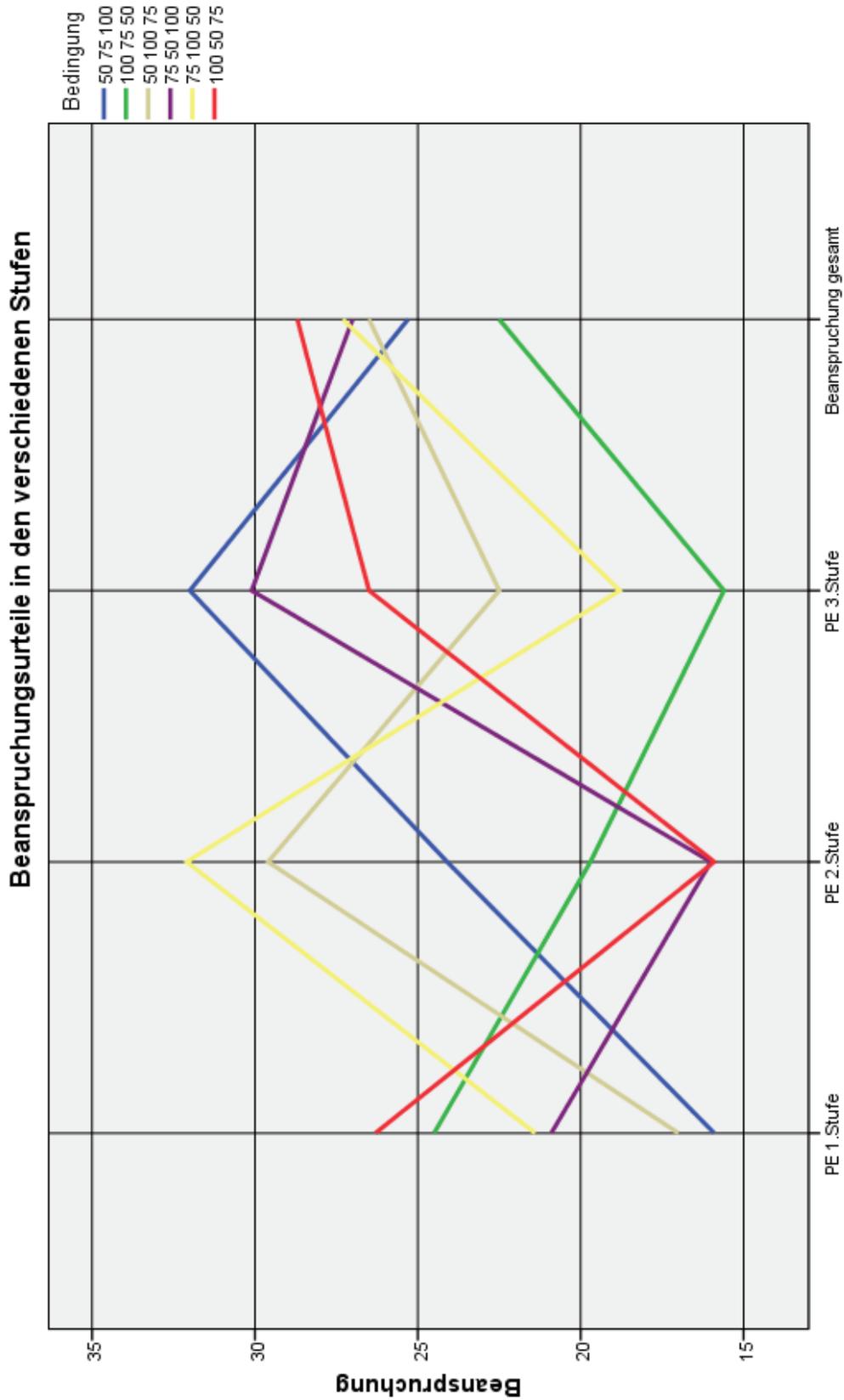


ABBILDUNG 12. KURVENDIAGRAMM BEANSPRUCHUNGURTEILE NACH REIHENFOLGE (GROß)

8 Erklärung an Eides statt



Zentrales Prüfungsamt

Anlage 5

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden, alle Stellen der Arbeit, die wortwörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht wurden und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen hat.“

Hamburg, den 05.07.2013

Melanie Willner