



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Bewegungsanalyse an der Beinpresse anhand von
Weg- und Kraftsensoren im gesundheitsfördernden
Bereich.“

Verfasserin

Maria Waltersam, Bakk. rer. nat.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Baca

Vorwort

In der folgenden Arbeit wird die Beinpresse als Trainingsgerät im Gesundheitssport näher betrachtet. Da das Krafttraining im Gesundheitssport an Bedeutung zunimmt, ist es wichtig, die unterschiedlichen Kraftübungen an die Anforderung des Gesundheitssports anzupassen. Im Rahmen des „Mobile Motion Advisors“ soll ein System entwickelt werden, das den Trainierenden eine Rückmeldung über die Bewegungsausführung geben soll. Das Thema wurde mir von der Abteilung für Biomechanik, Bewegungswissenschaft und Sportinformatik zur Verfügung gestellt. Im Laufe der Arbeit wurde von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung die Messkette, um die Daten auf dem Computer zu empfangen, fertig gestellt und ein Programm entwickelt, das die Signale filtert.

Bedanken möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung für Biomechanik, Bewegungswissenschaft und Sportinformatik, die das Entstehen dieser Diplomarbeit erst ermöglicht haben. Es ist ein großer Anreiz, an einem Projekt mitzuarbeiten, bei dem ein Realitätsbezug besteht. Weiters möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung bedanken, die mich bei Fragen und Anliegen immer freundlich unterstützt haben. Mein Dank gilt außerdem den Probandinnen und Probanden, die sich zur Verfügung gestellt haben und die Durchführung der Messungen ermöglicht haben. Schlussendlich möchte ich allen, die mich im Laufe meines Studiums unterstützt und positiv bestärkt haben, danken.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, mit Hilfe von Weg- und Kraftsensoren den Verlauf der Übung an der Beinpresse zu untersuchen und auszuwerten.

Zu Beginn werden auf der Basis einer umfassenden Literaturrecherche die körperliche Gesundheit des Menschen, Faktoren der Gesundheit, Parameter des körperlichen Zustandes und Vorbeugung von Krankheiten erläutert sowie ihre Modelle und die Möglichkeiten der Gesundheitsförderung erarbeitet. Der Stellenwert von Bewegung und Sport im Allgemeinen und von Krafttraining im Speziellen in Bezug auf Gesundheit wird thematisiert. Des Weiteren geht es um die Erarbeitung eines möglichen gesundheitsfördernden Krafttrainings sowie dessen Anwendung bei der Versuchsdurchführung an der Beinpresse.

Die Untersuchung des Bewegungsverlaufs an der Beinpresse erfolgt mit Hilfe von an dem Gerät angebrachten Sensoren sowie einer Videoaufzeichnung. 15 Probanden haben sich zur Verfügung gestellt, die Übung an der Beinpresse durchzuführen, und erlaubt, dass ihre Bewegungsabläufe aufgezeichnet werden. Das auf diese Weise gewonnene Datenmaterial der Sensoren wird im Anschluss qualitativ mit der Videoaufzeichnung verglichen, die einzelnen Versuchsdurchgänge der Gewährspersonen analysiert sowie im Sinne des gesundheitsfördernden Sports ausgewertet.

Nach der Auswertung der Daten aus der Versuchsreihe werden Muster für die Messwerte der Sensoren aufgestellt, die auf eine richtige Ausführung an der Beinpresse im Sinne der Gesundheitsförderung schließen lassen. Diese Parameter sollen in weiterer Folge die Grundlage für ein neuronales Netz bilden, um den Trainierenden eine Rückmeldung über ihre Bewegungsausführung an der Beinpresse geben zu können.

Abstract

The aim of this thesis is to examine and evaluate the leg press exercise with the help of path and force sensors.

Through an extensive literature research the meaning of physical health and the possibilities of health-promotion are worked out. The importance of physical activity and sports in general and strength training in particular in association with health-promotion are made subject of discussion. In addition a version of an health-promoting strength training schedule should be developed and used for the experiment of the leg press.

The examination of the leg press exercise is made by sensors, which are attached to the leg press, and by video recording. 15 female and male healthy subjects volunteered to participate in this study and permitted the recording of their movements. The data of the sensors is afterwards compared with the video recording footage and analysed in terms of health promoting physical activity.

After the evaluation of the test series patterns for the data of the sensors are developed, that indicate a proper movement on the leg press machine for health promotion. Furthermore these features will be the basis for an artificial neural network. This network will then be able to provide feedback to the athlete.

Inhalt

Vorwort	I
Zusammenfassung	II
Abstract	III
Inhalt.....	IV
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung	1
1.2 Hinführung zur Fragestellung	1
1.3 Methode der Bearbeitung	2
1.4 Gliederung der Arbeit	2
2 Gesundheit.....	4
2.1 Gesundheitsmodelle.....	6
2.1.1 Risikofaktorenmodelle.....	6
2.1.2 Das Salutogenesemodell	6
2.1.3 Subjektive Gesundheitsvorstellungen	7
2.1.4 Systemisches Anforderungs-Ressourcen-Modell	8
2.2 Gesundheitsförderung.....	9
2.2.1 Schutzfaktoren und Ressourcen	11
2.3 Prävention	12
2.3.1 Stressoren und Risikofaktoren.....	13
2.4 Bewegung	13
2.4.1 Aerobe Aktivität.....	15
2.4.2 Muskelkräftigende Aktivitäten	15
2.4.3 Knochenkräftigende Aktivitäten.....	16
2.4.4 Körperliche Aktivität und Gesundheit.....	16
3 Gesundheitssport und gesundheitsfördernde Bewegungen.....	19

3.1	Krafttraining.....	22
3.1.1	Arbeitsweise der Muskulatur.....	23
3.1.2	Methoden des Krafttrainings.....	24
3.1.3	Krafttraining im Gesundheitssport.....	25
3.2	Wirkungen von Krafttraining auf den menschlichen Organismus.....	28
3.2.1	Muskulatur.....	28
3.2.2	Knochen.....	28
3.2.3	Bänder, Sehnen und Knorpel.....	29
3.2.4	Herz-Kreislauf-System.....	30
3.2.5	Anpassungen auf neurologischer Ebene.....	30
3.2.6	Beeinflussung des Kohlenhydratstoffwechsels durch Krafttraining...	30
3.2.7	Immunsystem.....	31
3.2.8	Verdauungssystem.....	31
3.2.9	Wirkungen auf das aktuelle und habituelle psychische Befinden.....	31
4	Anatomie des Knies.....	34
4.1	Inkongruenz der Gelenkpartner.....	34
4.2	Äußere Form und Aufbau der Knochen in Gelenknähe.....	35
4.3	Druckübertragende Fläche.....	35
4.4	Reibungseigenschaften der Gelenksoberflächen.....	36
4.5	Bänder im Kniegelenk.....	36
4.6	Beteiligte Muskulatur.....	38
4.6.1	Musculus gluteus maximus.....	38
4.6.2	Ischiocrurale Muskelgruppe.....	39
4.6.3	Musculus quadriceps femoris.....	40
4.6.4	Musculus gastrocnemius.....	41
5	Beinpresse.....	42
5.1.1	Kniewinkel und Fußposition.....	43

5.1.2	Bewegungsbeschreibung.....	44
6	Mobile Motion Advisor.....	45
6.1	Neuronale Netze.....	47
7	Untersuchung.....	49
7.1	Daten.....	49
7.2	Information und Einverständniserklärung	50
7.3	Erhebung der persönlichen Daten.....	52
7.4	Technische Umsetzung.....	53
7.5	Datenverarbeitung.....	55
8	Datenauswertung.....	57
8.1	Einzelauswertung	59
8.1.1	Probandin 1.....	60
8.1.2	Proband 2	64
8.1.3	Probandin 3.....	68
8.1.4	Probandin 4.....	72
8.1.5	Proband 5	75
8.1.6	Probandin 6.....	79
8.1.7	Proband 7	83
8.1.8	Proband 8	86
8.1.9	Proband 9	90
8.1.10	Proband 10.....	93
8.1.11	Proband 11	96
8.1.12	Probandin 12	100
8.1.13	Proband 13.....	104
8.1.14	Probandin 14	108
8.1.15	Probandin 15.....	112
9	Parameter der Auswertung.....	117

9.1	Kraft.....	117
9.2	Geschwindigkeit	117
9.3	Weg.....	118
10	Schlussfolgerung	119
	Literaturverzeichnis	122
	Verzeichnis der Abbildungen.....	124
	Verzeichnis der Tabellen	128
	Anhang.....	129
	Erklärung.....	129
	Lebenslauf.....	130

1 Einleitung

Die folgende Arbeit behandelt die Beinpresse und ihren Einsatz im gesundheitsfördernden Bereich. Im Rahmen des Projekts „Mobile Motion Advisor“ wurden an der Beinpresse im Konditionsraum 3 des Zentrums für Sportwissenschaft und Universitätssport Weg- und Kraftsensoren angebracht. Ziel des „Mobile Motion Advisors“ ist es, dem Trainierenden eine Rückmeldung über die durchgeführte Übung zu geben. Die Einleitung soll die Ziele und Fragestellungen in dieser Arbeit vorstellen, die angewendeten Forschungsmethoden beschreiben und einen Überblick über die Kapitel geben.

1.1 Zielsetzung

Diese Arbeit beinhaltet unterschiedliche Ziele. Ein Ziel ist es, die Wirkungen von Krafttraining auf die Gesundheit zu beschreiben. Ein weiteres Ziel ist es, ein Krafttraining an der Beinpresse für den gesundheitsfördernden Bereich zusammen zu stellen. Außerdem und vor allem sollen für die an der Beinpresse angebrachten Sensoren Muster gefunden werden, die für die Entwicklung einer Rückmeldung an die Trainierenden wichtig sind. Durch die Messwerte der Sensoren an der Beinpresse sollen demnach Aussagen über die Qualität der Bewegungsausführung gemacht werden. Die Erkenntnisse dieser Arbeit sollen weiterführend für die Entwicklung des „Mobile Motion Advisors“ dienen.

1.2 Hinführung zur Fragestellung

Die Arbeit behandelt zunächst das Thema der Gesundheit sowie der gesundheitsfördernden Bewegung wobei die unterschiedlichen Gesundheitsmodelle gegenüber gestellt werden. Die Gesundheitsförderung wird hierbei von ihren unterschiedlichen Seiten betrachtet und mit der Prävention verglichen. Allerdings wird die Prävention nicht ausführlich behandelt, da dies den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würde. Es wird von dem Gesichtspunkt der Gesundheitsförderung, also der Stärkung der Schutzfaktoren und Ressourcen ausgegangen.

Die leitenden Fragestellungen im Theorieteil der Arbeit sind: Welche Rolle spielt Bewegung für die Gesundheit? Welche Arten des Krafttraining finden im gesundheitsfördernden Bereich Anwendung und wann kommen diese zum Einsatz?

Anschließend soll die Frage geklärt werden, welche Belastung während der Durchführung der Beinpressbewegung in den Gelenken auftreten und welche Muskulatur beansprucht wird.

Die Hauptfrage, die sich durch die ganze Arbeit zieht, beschäftigt sich mit den Bewegungsmustern, die anhand von Weg- und Kraftsensoren an der Beinpresse zu erkennen sind.

1.3 Methode der Bearbeitung

Der theoretische Teil der Arbeit wird aufgrund einer hermeneutischen Literaturrecherche bearbeitet und mit den Fragestellungen der Arbeit verknüpft. Der praktische Teil wurde einerseits mit Hilfe statistischer Methoden ausgewertet, andererseits mit Hilfe einer qualitativen Videoanalyse bewertet.

1.4 Gliederung der Arbeit

Hier sollen die Inhalte der einzelnen Kapitel kurz dargestellt werden.

In Kapitel 2 wird die Gesundheit näher betrachtet. Es werden verschiedene Aspekte der Gesundheit beschrieben und Faktoren, wovon Gesundheit abhängig ist, ausgearbeitet. Außerdem wird die Rolle der Bewegung für die Gesundheit näher betrachtet.

Im dritten Kapitel werden der Gesundheitssport und die gesundheitsfördernden Bewegungen näher betrachtet und vor allem der Stellenwert sowie die Wirkungen von Krafttraining im gesundheitsfördernden Bereich untersucht.

In Kapitel 4 werden die anatomischen Strukturen des Knies beschrieben sowie die an der Bewegung beteiligten Bänder und Muskeln behandelt.

In Kapitel 5 wird die Beinpresse sowie die Bewegung an der Beinpresse genau beschrieben.

In Kapitel 6 wird der „Mobile Motion Advisor“ näher beschrieben und die Funktionsweise eines neuronalen Netzes erklärt.

Im siebenten Kapitel werden der Untersuchungsaufbau, der Ablauf der Untersuchung und die Datenerhebung beschrieben.

In Kapitel 8 werden die Daten ausgewertet und interpretiert. Bei jedem Probanden werden die Bewegungen anhand der Videoanalyse beschrieben und die ausgewerteten Parameter dargestellt. Zum Schluss werden die einzelnen Merkmale ausgearbeitet.

In Kapitel 9 werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und Kapitel 10 werden die weiteren Möglichkeiten und Grenzen des „Mobile Motion Advisors“ dargestellt.

2 Gesundheit

Da diese Arbeit die gesundheitsfördernde Anwendung der Beinpresse thematisiert, wird zu Beginn der Begriff „Gesundheit“ näher betrachtet. Es ist wichtig den Begriff „gesund“ hier zu definieren, da das Begriffsfeld im alltäglichen Gebrauch ein weites ist. Es werden daher Konzepte, Dimensionen und Modelle der Gesundheit erarbeitet, um danach auf die Möglichkeiten der Gesundheitsförderung näher eingehen zu können.

Um das Krafttraining an der Beinpresse den Parametern der Gesundheitsförderung anzupassen, werden anschließend die Wirkungen von Bewegung und Sport auf die Gesundheit dargestellt.

Der Begriff der Gesundheit ist ein individueller, der sich im Lauf der kulturellen Entwicklung gebildet und sich den Lebensumständen des Einzelnen anpasst. Dem zu Folge kann die Gesundheit als Komponente des Körperkonzepts angesehen werden. Das bedeutet, dass die eigene Gesundheit von jedem Einzelnen individuell bewertet und ihr ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit geschenkt wird. Außerdem werden ihrem Erhalt externe oder interne Kontrollüberzeugungen zugeschrieben, und dementsprechend herrscht mehr oder weniger Angst um die eigene Gesundheit. Auch Scriven (2010, S. 4) betont die Individualität des Gesundheitskonzepts sowie die Abhängigkeit von Lebensumständen wie kulturellen und beruflichen Umgebungen und Einflüssen der Zeit. Nach Bürklein (2007, S. 5) sei Gesundheit außerdem nicht als Zustand zu sehen, sondern als Prozess. Dieser sei von vielfältigen Faktoren abhängig und kann von jeder Person selbst aktiv beeinflusst und gesteuert werden.

Die Gesundheit kann in unterschiedliche Ebenen eingeteilt werden, wobei die geläufigsten die physische und die psychische sind.

Die Definition der Weltgesundheitsorganisation (2009, S. 1) „Die Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen“, zeigt auf, dass zu den psychischen und physischen Ebenen auch noch die soziale Gesundheit hinzutritt. Aufgrund der hier angeführten, engen Definition gebe es allerdings vermutlich nur wenige Menschen, die einen Zustand des vollkommenen Wohlbefindens auf allen

drei Ebenen aufweisen, also als gesund im engen Sinn anzusehen seien (Bürklein 2007, S. 5).

Die drei oben genannten Ebenen, von denen Gesundheit abhängig ist, präzisiert Scriven (2010, S. 6) weiterführend in sechs Dimensionen und beschreibt diese folgendermaßen:

- Physische Gesundheit: Sie ist vermutlich die offensichtlichste Dimension der Gesundheit und betrifft die mechanischen Funktionen des Körpers.
- Psychische Gesundheit: Die geistige Gesundheit betrifft die Fähigkeit, klar und schlüssig zu denken. Sie kann getrennt von der emotionalen und sozialen Gesundheit betrachtet werden, obwohl der Zusammenhang zwischen diesen drei Dimensionen sehr eng ist.
- Emotionale Gesundheit: Die emotionale Gesundheit betrifft die Fähigkeit Gefühle wie Angst, Freude, Trauer und Wut zu erkennen und angemessen auszudrücken. Emotionale oder auch seelische Gesundheit bedeutet auch mit Stress, Spannung, Depression und Angst umgehen zu können.
- Soziale Gesundheit: Die Fähigkeit zwischenmenschliche Beziehungen einzugehen bzw. aufrechtzuerhalten wird als soziale Gesundheit bezeichnet.
- Spirituelle Gesundheit: Die spirituelle Gesundheit kann einerseits mit religiösem Glauben und Praktiken in Zusammenhang gebracht werden, andererseits bezieht sich die spirituelle Gesundheit auch auf persönliche Überzeugungen, Verhaltensprinzipien und, auf welchen Wegen zu innerer Ruhe und Zufriedenheit mit sich selbst gefunden werden kann.
- Gesellschaftliche Gesundheit: Die bis jetzt genannten Dimensionen haben nur mit dem Individuum selbst zu tun. Die Gesundheit einer Person ist allerdings untrennbar mit allem verbunden, was diese Person umgibt. Es ist unmöglich, in einer kranken Gesellschaft, die nicht die notwendigen Ressourcen für die Befriedigung körperlicher und emotionaler Bedürfnisse zur Verfügung stellt, gesund zu bleiben.

Aufgrund der unterschiedlichen Dimensionen, der individuellen Ausprägungen und der Wechselwirkungen zwischen ihnen muss ein ganzheitliches Verständnis von Gesundheit zugrunde gelegt werden (Schauder & Koch, 2006, S. 34).

In der folgenden Arbeit wird im Speziellen auf die Gesundheit des Einzelnen eingegangen. Die Arbeit fokussiert sowohl das gesundheitsfördernde Krafttraining als auch die Wirkungen, das es auf physische, psychische und soziale Funktionen hat.

2.1 Gesundheitsmodelle

Hier werden unterschiedliche Modelle der Gesundheitsförderung dargestellt, um den Zusammenhang zwischen Gesundheit und Krankheit näher zu betrachten.

2.1.1 Risikofaktorenmodelle

Die Risikofaktorenmodelle gehören zu den pathogenetischen Modellen, die die Entstehung und Entwicklung einer Krankheit beschreiben. Nach Becker (2006, S. 34f.) werden Variablen bzw. Risikofaktoren gesucht, die für eine Krankheit verantwortlich sein können. Vom Ausprägungsgrad der Risikofaktoren hängt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Krankheit ab. Die Modelle basieren auf epidemiologischen Studien, die weit verbreitete physische Krankheiten untersuchten und somit auf Entstehungsbedingungen und Präventionsmöglichkeiten schließen können. Ist der individuelle Ausprägungsgrad mehrerer Risikofaktoren bekannt, kann das individuelle Erkrankungs- und Mortalitätsrisiko berechnet werden.

Risikofaktorenmodelle haben bei der Krankheitsbehandlung und Prävention große Bedeutung, die ganzheitliche Sicht von Gesundheit fehlt allerdings, da die Schutzfaktoren ausgeblendet werden.

2.1.2 Das Salutogenesemodell

Die Risikofaktorenmodelle wurden Mitte des 20. Jahrhunderts durch Modelle erweitert, die von einem Zusammenhang zwischen Stress und Gesundheit ausgehen (Reimann & Hammelstein, 2006, S. 13).

Im Salutogenesemodell des Medizinsoziologen Aaren Antonovsky wird davon ausgegangen, dass, weil Individuen ständig Risiken und Belastungen ausgesetzt sind, die Krankheits- und Risikoorientierung in Frage zu stellen ist. Nach

Antonovsky (zit. nach Altgeld & Kolip, 2004, S. 41) laute die entscheidende Frage, was Menschen trotz Risiken und Belastungen gesund hält – und nicht, was sie krank machte. Das salutogenetische Modell sieht das menschliche Befinden als Kontinuum zwischen den Polen Gesundheit und Krankheit. Die Position auf dem Kontinuum hängt von Qualität und Zahl der Risiken sowie von den sozialen und personalen Schutzfaktoren und deren Potenzial, die Wirkung von Risiken zu mildern, ab.

2.1.3 Subjektive Gesundheitsvorstellungen

Subjektive Gesundheitsvorstellungen spiegeln gesellschaftliche, kulturelle und schichtspezifische Einflüsse wider und werden äußerst stark durch eigene biografische Erfahrungen beeinflusst. Deshalb sei es nach Becker (2006, S. 38) vor allem in der Beratung und Planung von Interventionsmaßnahmen sehr wichtig, die subjektiven Gesundheitsvorstellungen der einzelnen Person zu explorieren und einzubeziehen.

Die subjektiven Gesundheitsvorstellungen bilden nach Becker (2006, S. 38) komplexe kognitive Strukturen, die das gesundheitsbezogene Alltagswissen von medizinischen Laien betreffen. Diese Vorstellungen beeinflussen das Gesundheitshandeln und die Aufgeschlossenheit für bestimmte Arten von Präventionsmaßnahmen.

Die subjektiven Konzepte von Gesundheit beziehen sich auf die Definition und Veränderung von Gesundheit, also auf das, was Menschen unter Gesundheit verstehen. Für medizinische Laien, die sich nicht viel mit dem Gesundheitsthema beschäftigen, spielen vor allem das Befinden, die Leistungsfähigkeit und die Funktionalität sowohl auf körperlicher als auch auf geistiger Ebene eine große Rolle.

Die subjektiven Theorien von Gesundheit umfassen die Annahmen darüber, welche Bedingungen die Gesundheit positiv oder negativ beeinflussen. Große Bedeutung wird im Allgemeinen den psychosozialen Faktoren (Belastungen, soziale Beziehungen, Einstellungen) und der Lebensweise (Ernährung, Bewegung, Schlaf) zugemessen.

Becker (2006, S. 38) stellt außerdem vier Typen der subjektiven Gesundheitstheorien vor, die hier zusammengefasst werden:

1. Risiken, Belastungen und Umweltfaktoren gefährden die Gesundheit.
2. Die Erhaltung und Stärkung externer oder interner Ressourcen erhält die Gesundheit, ihre Schwächung gefährdet sie.
3. Gesundheit kann erhalten werden, indem Risiken ausgeglichen werden oder indem ein Gleichgewicht zwischen körperlichen, psychischen und sozialen Kräften geschaffen wird.
4. Gesundheit verschwindet, wenn eine Krankheit schicksalhaft eintritt.

Diese vier Typen zeigen, dass die internale Kontrollüberzeugung von verschiedenen Personen sehr unterschiedlich ausfallen kann. Manche Personen versuchen aufgrund ihrer persönlichen Gesundheitsmodelle die eigene Gesundheit aktiv zu beeinflussen, andere sind davon überzeugt, dass es keine Möglichkeiten der Beeinflussung gibt.

2.1.4 Systemisches Anforderungs-Ressourcen-Modell

Dem systemischen Anforderungs-Ressourcen-Modell liegt wie dem oben beschriebenen Salutogenesemodell ein Kontinuum zwischen Gesundheit und Krankheit zugrunde. Auf diesem Kontinuum bewegt sich eine Person in Richtung Gesundheit oder Krankheit einerseits gemäß dem Ausmaß ihrer Widerstandsressourcen und Schutzfaktoren, andererseits auch gemäß den Anforderungen. Diese Anforderungen sind bei den meisten Stressbewältigungsmodellen externen Ursprungs. Beim systemischen Anforderungs-Ressourcen-Modell werden nach Reimann und Hammelstein (2006, S. 23) die internen Anforderungen und die daraus resultierenden Emotionen auch als Einflussfaktoren auf den Gesundheitszustand miteinbezogen. Außerdem wird eine Unterscheidung zwischen aktueller und habitueller körperlicher Gesundheit getroffen.

Die aktuelle körperliche Gesundheit ist der Gesundheitszustand, in dem sich eine Person momentan befindet. Er ist davon abhängig, ob eine Person Belastungen und Anforderungen ausgesetzt ist, die das Risiko einer Erkrankung erhöhen können.

Die habituelle körperliche Gesundheit ist der körperliche Gesundheitszustand, der über mehrere Jahre gemittelt wird. Sie ist abhängig von der Effektivität der Begegnung interner und externer Anforderungen unter Zuhilfenahme interner und externer Ressourcen.

Im systemischen Anforderungs-Ressourcen-Modell wird das Individuum als ein System betrachtet, das aus vielen über- und untergeordneten Systemen besteht, wobei sich die unterschiedlichen Systeme gegenseitig bedingen und beeinflussen.

Als interne psychische und physische Anforderungen werden psychische Unter- und Überforderung in verschiedenen Lebensbereichen wie Arbeit, Familie, Ausbildung, Freizeit und Unter- bzw. Überforderung der physischen Systeme durch Missbrauch von Drogen, Alkohol oder anderen schädlichen Stoffen, falsche Ernährung und Bewegungsmangel gezählt.

Zu externen physischen und psychischen Anforderungen gehören Gestaltungsfreiräume und Kontrollmöglichkeiten des Arbeits- oder Ausbildungsplatzes sowie die Einflussmöglichkeit auf soziale und ökologische Umweltbedingungen.

2.2 Gesundheitsförderung

Hier werden das Wirkungsprinzip, die Ziele und die Aspekte der Gesundheitsförderung beschrieben, um in weitere Folge die möglichen Schutzfaktoren und Ressourcen zu behandeln. Außerdem wird die Rolle des Krafttrainings für die Gesundheitsförderung behandelt.

Das Wirkungsprinzip der Gesundheitsförderung baut auf der dynamischen Abfolge von Gesundheitsstadien auf und folgt mit seinen Annahmen der Wahrscheinlichkeitslogik. Faktoren, die als Voraussetzung für die Verbesserung der Gesundheit identifiziert werden, dienen als Schutzfaktoren beziehungsweise Ressourcen und sollen gestärkt und gefördert werden. Ziel der Interventionsform „Promotion“ ist es, den ursprünglich zu erwartenden Gesundheitszustand zu beeinflussen, um ein höheres Niveau der Gesundheitsqualität zu erreichen (Hurrelmann, Klotz und Haisch, 2004, S. 13).

„Gesundheitsförderung zielt auf einen Prozess, allen Menschen ein höheres Maß an Selbstbestimmung über ihre Gesundheit zu ermöglichen und sie damit zur Stärkung ihrer Gesundheit zu befähigen.“ So lautet die Definition der Weltgesundheitsorganisation (1986, S. 1) für Gesundheitsförderung.

Diese Befähigung soll durch die Steigerung der individuellen Kompetenzen und darauf folgendes selbstbestimmtes Handeln gelingen. Im Zusammenhang mit dieser Zielstellung implementierte die WHO den Terminus „Empowerment“ oder „Developing Personal Skills“. Gesundheitsförderung versucht, dass sowohl Einzelpersonen als auch spezielle Zielgruppen befähigt werden, ihre Gesundheitschancen zu nutzen (Bürklein, 2007, S. 12).

Auf die speziellen Zielgruppen ist besondere Aufmerksamkeit zu richten, weil damit Bevölkerungsgruppen gemeint sind, die aufgrund verschiedener soziologischer und psychologischer Faktoren Risikogruppen darstellen. Beispielsweise lassen sich in Abhängigkeit von gesellschaftlicher Schicht typische Verteilungsmuster erkennen. Die Erkrankungs- und Sterblichkeitsrate ist umso geringer, je höher Bildung, berufliche Position und Einkommen sind. Angehörige höherer sozialer Schichten profitieren darüber hinaus deutlich stärker von Präventionsmaßnahmen und weisen ein geringeres Risikoverhalten auf. In diesen bestimmten sozialen Systemen werden gezielte Strategien und Maßnahmen zur Gesundheitsförderung entwickelt, die die spezifischen Normen und Wertvorstellungen berücksichtigen, um die Gesundheit dieser Gruppen positiv zu beeinflussen (Bürklein, 2007, S. 12).

Bei der Gesundheitsförderung gehe es nach Bürklein (2007, S. 11) um eine Promotionsstrategie, bei der Menschen durch die Verbesserung ihrer Lebensbedingungen eine Stärkung der gesundheitlichen Entfaltungsmöglichkeiten erfahren sollen.

Um sich abzeichnende Entwicklungen von Morbidität und Mortalität bei einzelnen oder ganzen Bevölkerungsgruppen zu beeinflussen, soll durch die Gesundheitsförderung gezielt interveniert werden.

Durch die Gesundheitsförderung sollen folgende Aspekte berücksichtigt werden (Bürklein, 2007, S. 12):

- Verbesserung von individuellen Fähigkeiten der Lebensbewältigung
- Förderung der
 - ökonomischen
 - kulturellen
 - sozialen
 - bildungsmäßigen und
 - hygienischen Bedingungen der Lebensgestaltung von Bevölkerungsgruppen

2.2.1 Schutzfaktoren und Ressourcen

Schutzfaktoren und Ressourcen sollen dazu beitragen, dass trotz äußerer körperlicher und psychischer Beanspruchungen keine negative Verschiebung auf dem Gesundheit – Krankheit – Kontinuum entsteht.

Die Schutzfaktoren lassen sich nach Hurrelmann, Klotz und Haisch (2004, S. 13) in folgende Gruppen zusammenfassen:

1. Soziale und wirtschaftliche Faktoren, insbesondere die Verbesserung der Bedingungen am Arbeitsplatz und der sozio-ökonomischen Lebenslage.
2. Umweltfaktoren, insbesondere Verbesserung der Luft- und Wasserqualität und der Wohnbedingungen sowie der sozialen Netzwerke (Familie, Freunde).
3. Faktoren des Lebensstils, insbesondere Förderung von angemessener Bewegung, Ernährung, Spannungsbewältigung und reduziertem Konsum von legalen und illegalen Drogen.
4. Psychologische Faktoren, insbesondere erhöhte Kontrollüberzeugung, Selbstwirksamkeit, Eigenverantwortung und Schutzmotivierung.
5. Zugang zu gesundheitsrelevanten Leistungen und Institutionen, insbesondere zur Krankheitsversorgung, Pflege, Rehabilitation und Gesundheitsberatung, aber auch zu Bildungs- und Sozialeinrichtungen, Transport- und Freizeitorganisationen.

Die Faktoren des Lebensstils sind hier besonders hervorzuheben, da die angemessene Bewegung und ihr Zusammenhang mit Gesundheit in dieser Arbeit behandelt wird.

Bürklein (2007, S. 6) zeigt in der unten dargestellten Tabelle 1 die möglichen körperlichen, geistigen und sozialen Schutzfaktoren auf, die für den Einzelnen relevant sind.

Tabelle 1: Möglichkeiten der individuellen Gesundheitserhaltung (Bürklein, 2007, S. 6)

Körperlich	Geistig	Sozial
Sport treiben	Schlaf	Pflege des Freundeskreises
Gesunde Ernährung	Entspannung	Mitarbeit bei einem Sportverein
Körperpflege	Tagesplanung	Familie
Präventive Untersuchungen	Weiterbildung	

2.3 Prävention

Ein Grund für präventive Maßnahmen liegt dann vor, wenn bereits krankhafte Symptome auftreten, und Maßnahmen ergriffen werden um den Symptomen entgegen zu wirken. Ihr Ziel ist es, Risiken zu minimieren oder auszuschalten. Ihr liegt das Risikofaktorenmodell zugrunde. (Altgeld & Kolip, 2004, S. 41)

Zahlreiche Präventionsmaßnahmen haben nach Bürklein (2007, S. 6) entweder das Ziel, individuelle Risikofaktorenprofile zu vermindern, oder Risikofaktoren zu vermeiden, weil sie biomedizinisch als eindeutige Frühstadien einer Erkrankung gesehen werden.

Die meisten Risikofaktoren bereiten im Vorfeld keine Schmerzen und sind nicht besonders auffällig. Ihr Zusammentreffen jedoch kann verheerende gesundheitliche Folgen haben. Das Gesamtrisiko ergibt sich nämlich nicht aus der Summe der einzelnen Risikofaktoren, sondern aus deren Potenzen.

Seit Mitte der 1980er Jahre können die beiden Begriffe Gesundheitsförderung und Krankheitsprävention nach Altgeld und Kolip (2004, S. 42) nicht mehr völlig getrennt voneinander benutzt werden. Viele Interventionsmaßnahmen beinhalten sowohl Präventionselemente als auch Elemente der Gesundheitsförderung.

Obwohl sich die Blickrichtungen und Strategien unterscheiden, sollen die beiden Modelle nicht konkurrieren, sondern einander ergänzen.

2.3.1 Stressoren und Risikofaktoren

Nach Bürklein (2007, S. 6) sind alle Faktoren, die bei einer Person zunächst negative Anpassungen auslösen, psychophysische Stressoren und Risikofaktoren. Sie können pathologisch, wie beispielsweise Bakterien oder Viren, psychosozial, wie beispielsweise emotionaler Stress durch Arbeitsüberforderung oder soziale Isolation, bedingt sein.

Banzer (2003 zit. nach Bürklein, 2007, S. 6) definiert Risikofaktoren als „einen oder mehrere die Wirkung verstärkende Faktoren, die in einem gesicherten direkten oder indirekten Zusammenhang mit dem Auftreten bestimmter Erkrankungen oder Gesundheitsstörungen stehen.“

Nach Hurrelmann, Klotz und Haisch (2004, S. 12) können die Risikofaktoren in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. Genetische, physiologische und psychische Dispositionen, zu denen beispielsweise Arterienverengungen, Neubildungen bzw. Tumore und psychische Überlastungen zählen.
2. Behaviorale Dispositionen, zu denen Verhaltensweisen wie Nikotinkonsum, fettreiche Ernährung und wenig Bewegung zählen.
3. Regionale umweltbezogene Dispositionen, zu denen erhöhte Strahlenbelastung durch Uranerze, Mangel an Selen und Ozonbelastung zählen.

Alle hier angeführten Beispiele können nach heutigem Erkenntnisstand im Zeitverlauf zu Erkrankungen führen.

2.4 Bewegung

Wie oben gezeigt gehört körperliche Bewegung zu den Schutzfaktoren und Ressourcen der Gesundheit. Sie zählt neben gesunder Ernährung, Spannungsbewältigung und reduziertem Konsum von legalen und illegalen

Drogen zu den Faktoren des Lebensstils. Hier sollen die Arten gesundheitsfördernder Bewegung und deren Wirkungen beschrieben werden.

Das U.S. Department of Health and Human Services (2008, S. 7) hat in seinem Schreiben über gesundheitsfördernde Bewegungen den Sport als jene Form der körperlichen Bewegung beschrieben, die geplant, strukturiert, wiederholt und mit dem Ziel, die Gesundheit oder die Fitness zu verbessern, ausgeführt wird. Obwohl Sport zur körperlichen Bewegung zählt, wird nicht jede körperliche Aktivität als Sport angesehen.

Es wurden viele Studien durchgeführt, die die Rolle von körperlicher Aktivität aller Alters- und Bevölkerungsgruppen untersucht haben. Diese Studien haben die Bedeutung von körperlicher Aktivität für viele Gesundheitszustände untersucht. In Abbildung 1 wird gezeigt, welche Krankheiten und Symptome durch körperliche Aktivität beeinflusst werden können.

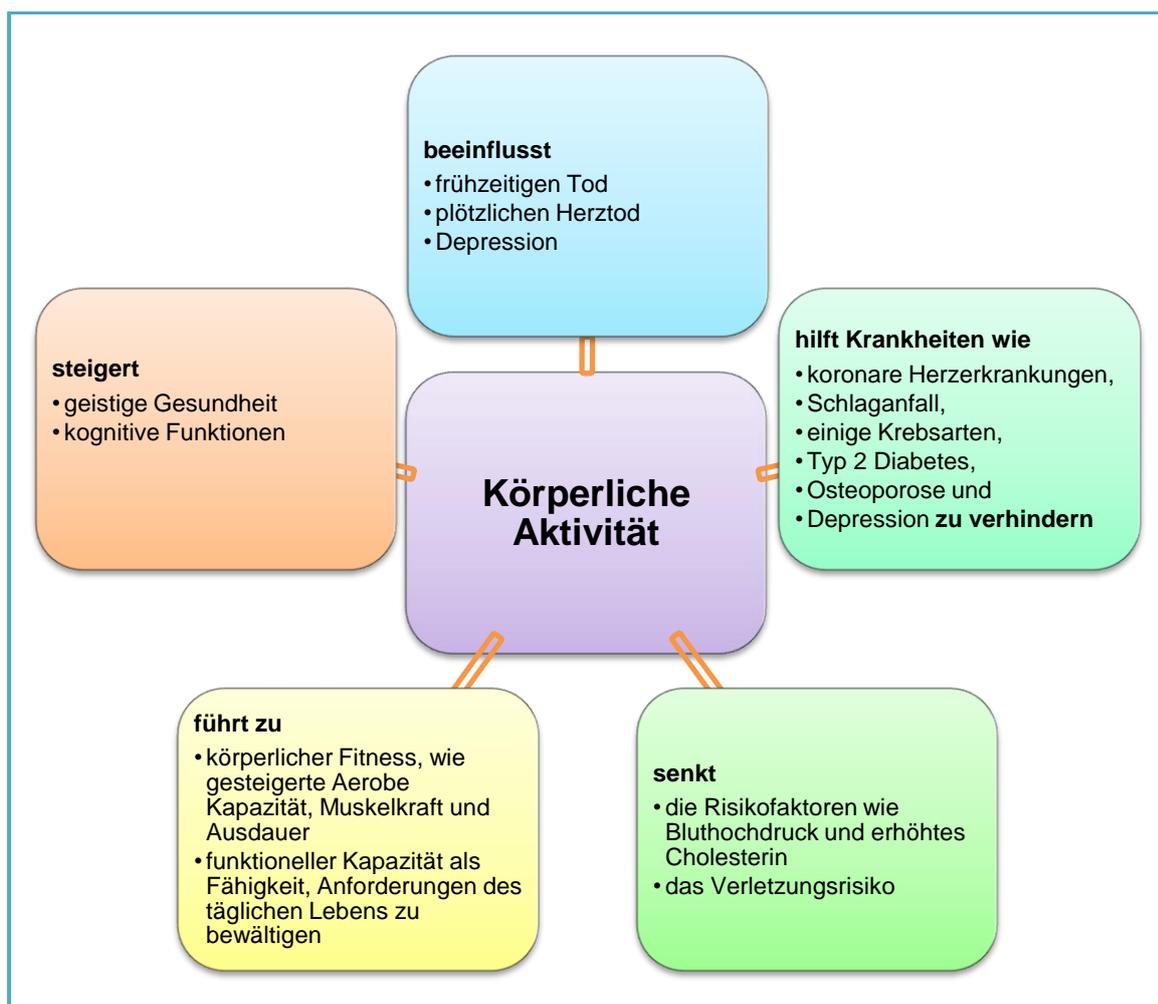


Abbildung 1: Einfluss körperlicher Aktivität auf Krankheiten und Symptome (U.S. Department of Health and Human Services, 2008, S. 7)

Um die Frage zu klären, wie viel körperliche Aktivität notwendig ist, um den Gesundheitszustand zu verbessern, teilt das U.S. Department of Health and Human Services (2008, S. 8) körperliche Bewegung in aerobe Aktivität, muskelkräftigende Bewegung und knochenkräftigende Bewegung ein.

2.4.1 Aerobe Aktivität

Bei dieser körperlichen Aktivität, die auch als Ausdauersport oder Herz-Kreislauf-Sport bezeichnet werden kann, werden die Hauptmuskelgruppen des Körpers in einer zyklischen Form über einen bestimmten Zeitraum bewegt. Aerobe Aktivität führt dadurch zu einem schnelleren Herzschlag. In diese Aktivitätsgruppe zählen zum Beispiel zügiges Gehen, Laufen, Radfahren, Springschnur springen und Schwimmen.

Drei bedeutende Komponenten für das Ausmaß der Gesundheitsförderung bei Ausführung aerober Aktivität sind:

- Die Intensität, mit der die Aktivität durchgeführt wird. Unterschieden wird in mittlere Intensität, die beim zügigen Gehen auftritt, und in höhere Intensität, die beim Laufen auftritt.
- Die Häufigkeit der Durchführung aerober Aktivitäten pro Woche.
- Die Dauer der Durchführung der Bewegung.

Obwohl diese Komponenten wichtig für ein Aktivitätsprofil sind, ist für die Gesundheitswirksamkeit vor allem die Gesamtzeit der aeroben Aktivität ausschlaggebend.

2.4.2 Muskelkräftigende Aktivitäten

Diese Art der körperlichen Aktivität beinhaltet Krafttraining und Gewichtstraining, bei dem die Muskeln gegen eine gewisse Kraft oder ein gewisses Gewicht arbeiten müssen. Es werden diverse Bewegungen durchgeführt, um die unterschiedlichen Muskelgruppen zu trainieren. Die einzelnen Bewegungen werden öfters wiederholt. Um den Widerstand zu gewährleisten, werden Gewichte, elastische Bänder oder das eigene Körpergewicht eingesetzt.

Auch muskelkräftigende Übungen haben drei Komponenten, die für die Gesundheitswirksamkeit wichtig sind:

- Die Intensität, die durch den Prozentsatz vom individuellen Maximum bestimmt wird.
- Die Häufigkeit des Muskelkrafttrainings.
- Die Wiederholungen der einzelnen Übungen.

Die Effekte des Muskelkrafttrainings treten nur in den beanspruchten Muskeln auf. Daher ist es wichtig, dass die Beinmuskulatur, die Hüftmuskulatur, die Rückenmuskulatur, die Bauchmuskulatur, die Brustmuskulatur, die Schultermuskulatur und die Armmuskulatur, also alle Hauptmuskelgruppen des Körpers, beansprucht werden.

2.4.3 Knochenkräftigende Aktivitäten

Diese Art der Aktivität erzeugt in den Knochen den Reiz zum Knochenwachstum und zur Stärkung der Knochen. Diese Reize werden durch Stoßbelastungen ausgelöst, wie sie beim Hampelmann Springen, Laufen, zügigem Gehen und Kraftübungen mit Gewichten vorkommen. Aus den Beispielen ist zu erkennen, dass Knochen kräftigende Aktivitäten sowohl aerobe Aktivitäten als auch muskelkräftigende Aktivitäten sein können.

2.4.4 Körperliche Aktivität und Gesundheit

Es gibt mittlerweile schon viele Studien, die die positive Wirkung von regelmäßiger körperlicher Bewegung belegen. Hier werden die Wirkungen von körperlicher Aktivität aufgezählt, die ein Beratungsausschuss des U.S. Department of Health and Human Services (2008, S. 9) veröffentlicht hat:

Für Erwachsene und ältere Personen sind folgende Wirkungen körperliche Aktivitäten bei starker Beweislage zu beobachten:

- Geringeres Risiko eines frühzeitigen Todes
- Geringeres Risiko für koronare Herzkrankheiten
- Geringeres Schlaganfallrisiko

- Geringeres Risiko eines erhöhten Blutdrucks
- Geringeres Risiko normabweichender Blutwerte
- Geringeres Risiko an Typ 2 Diabetes zu erkranken
- Geringeres Risiko metabolisches Syndrom zu haben
- Geringeres Risiko an Dickdarmkrebserkrankung
- Geringeres Risiko an Brustkrebserkrankung
- Gegen Übergewicht
- Gewichtsreduktion, vor allem in Kombination mit reduziertem Kalorienkonsum
- Verbesserte kardiorespiratorische und muskuläre Fitness
- Sturzprophylaxe
- Geringeres Depressionsrisiko
- Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten

Bei mittlere bis starke Beweislage sind folgende Wirkungen von körperlicher Bewegung zu beobachten:

- Bessere funktionale Gesundheit
- Reduzierte abdominale Adipositas

Bei mittlerer Beweislage sind folgende Wirkungen von körperlicher Bewegung nachweisbar:

- Geringeres Risiko von Hüftfrakturen
- Geringeres Risiko an Lungenkrebserkrankungen
- Geringeres Risiko an Endometriumkarzinomerkrankung
- Halten des Körpergewichts nach Gewichtsreduktion
- Verbesserte Knochendichte
- Verbesserte Schlafqualität

Die oben genannte Liste zeigt, wie wichtig körperliche Bewegung ist, vor allem in einer Gesellschaft, deren Alltag zunehmend von Bewegungsmangel gekennzeichnet ist.

3 Gesundheitssport und gesundheitsfördernde Bewegungen

Die Frage, was als gesundheitsfördernder Sport bzw. als Bewegung mit Gesundheitswirksamkeit zu sehen ist, soll in diesem Kapitel deutlich werden. Im Speziellen wird Krafttraining als Teil eines ausgeglichenen Bewegungsprogramms behandelt und die Wirkungen von Krafttraining auf den Organismus beschrieben.

Körperliche Aktivität ist nach Murphy, Dugdill und Crone (2009, S. 4) jede körperliche Bewegung, die von der Skelettmuskulatur ausgeht und mit erhöhtem Energieverbrauch zusammenhängt. Sie wird durch den Belastungsumfang, die Belastungsdauer, Belastungshäufigkeit, Belastungsintensität und Belastungsart gemessen. Es ist daher ein vielseitiges und komplexes Verhalten mit breitem Spektrum, das sowohl Aktivitäten des täglichen Lebens, als auch berufliche Aktivitäten, aktive Fortbewegung, Freizeitaktivitäten und verordnete Interventionen einbezieht. Training wird als körperliche Aktivität gesehen, die eine geplante, strukturierte und wiederholte körperliche Bewegungen beinhaltet, um eine oder mehrere Komponenten der körperlichen Fitness zu verbessern oder zu erhalten.

Es gibt viele Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegungen. Im Folgenden werden die Empfehlungen von Haskell, Lee, Pate, Powell, Blair, Franklin, Macera, Heath, Thompson und Bauman (2007, S. 1425), vom U.S. Department of Health and Human Services (2008, S. 21) und vom Bundesministerium für Gesundheit, Gesundheit Österreich GmbH und Geschäftsbereich Fonds Gesundes Österreich (2010, S. 30) zusammengefasst.

Diese später aufgelisteten Empfehlungen gelten für gesunde Erwachsene zwischen 18 und 65 Jahren, und für Personen, bei denen chronische Krankheiten nicht durch körperliche Bewegung erklärt werden können. Während einer Schwangerschaft und nach der Geburt müssen eventuell besondere Vorkehrungen zur Gesundheitsförderung getroffen werden. Die derzeitigen Empfehlungen zielen darauf ab, Gesundheit von Erwachsenen durch regelmäßige körperliche Aktivität zu fördern, das Risiko von chronischen Krankheiten zu vermindern und die Lebenserwartung zu erhöhen.

Um die Gesundheit zu fördern und zu erhalten, sollten alle gesunden Erwachsenen entweder 30 min an fünf Tagen der Woche aerobe körperliche Bewegung mittlerer Intensität machen oder 20 min an drei Tagen der Woche aerober körperlicher Bewegung höherer Intensität nachgehen. Es können die intensive und moderate aerobe körperliche Aktivität auch kombiniert werden, um die Vorgaben zu erfüllen.

Um die Gesundheit und die körperliche Unabhängigkeit zu fördern, profitieren Erwachsene außerdem von Aktivitäten, die die Muskelkraft und Ausdauer fördern. Dazu sollte mindestens 2 Mal wöchentlich an nicht hintereinander liegenden Tagen ein Krafttraining durchgeführt werden. Es sollte 8-10 Übungen beinhalten, wobei jede Übung 8-12 Mal wiederholt werden soll. Die Belastungsintensität soll so gewählt werden, dass danach keine weitere Wiederholung mehr möglich ist.

Erwachsene über 65 Jahren und Erwachsene mit chronischen Krankheiten wie Arthritis sollten ebenfalls entweder 5 Mal wöchentlich 30 Minuten moderater aerober Bewegung nachgehen oder 3 Mal wöchentlich 20 Minuten intensiveres aerobes Herz-Kreislauftraining durchführen.

Zusätzlich sollten 2-3 Mal wöchentlich 8-10 Kräftigungsübungen mit 10-15 Wiederholungen durchgeführt werden. Krafttraining wird als wichtig für alle Erwachsenen, im Speziellen aber für ältere Erwachsene gesehen, weil es dem Verlust von Muskelmasse und Knochendichte vorbeugt und die funktionale Gesundheit unterstützt.

Für Erwachsene mit hoher Sturzgefahr ist die Durchführung zusätzlichen Gleichgewichtstrainings empfehlenswert.

Die zwei Gründe, warum auch moderates Herz-Kreislauftraining empfohlen wird, liegen einerseits bei dem medizinischen Risiko, das bei primär sitzenden Personen besteht, und andererseits in den Verhaltensmustern, weshalb es schwer sein wird, eine inaktive Person zu intensivem Training zu motivieren.

Krafttraining soll dem Verlust von Muskelmasse im Alter entgegenwirken. Nach Ehsam und Gutzwiller (2006, S. 15) sei dieser aber nur zu 50% dem Alterungsprozess zuzuschreiben. Die verbleibende Hälfte sei – abgesehen eventuell bestehender Krankheiten – durch jahrelange Inaktivität begründet.

Würde mittels Krafttraining interveniert werden, würde 50% weniger Kraftverlust bei alternden Menschen auftreten.

Um die Wirkungen von Krafttraining für die Gesundheit zu untersuchen, ist es wichtig, zwischen Trainingseffekten und Gesundheitseffekten zu unterscheiden. Ehrsam und Gutzwiller (2006, S. 17) definieren Trainingseffekte als „funktionelle und/oder morphologische Anpassungen im Organismus, die höhere Leistungen ermöglichen. Die Trainingseffekte sind sehr unterschiedliche, je nachdem, welcher der fünf Konditionsfaktoren trainiert wird, die das Spektrum der menschlichen Leistungsfähigkeit ausmachen: aerobe und anaerobe Kapazität, Kraft, Beweglichkeit und Koordinationsfähigkeit“; und Gesundheitseffekte als „funktionelle und/oder morphologische Anpassungen im Organismus, die präventiver oder therapeutischer Art sein können: präventiv im Sinne des verminderten Gesundheitsrisikos durch Beeinflussung von Risikofaktoren oder/und genetisch bedingter Krankheitsdisposition, therapeutisch im Sinne der Besserung vorhandener Krankheiten“.

Diese Unterscheidung ist wichtig, weil viele Bewegungsaktivitäten relativ niedriger Intensität bereits Gesundheitseffekte auslösen können, aber trotzdem keine Steigerung der Leistungsfähigkeit bewirken. Wenn Trainingseffekte zustande kommen, ergeben sich allerdings fast immer Gesundheitseffekte.

Nach Gabriel, Wick und Puta (2007, S. 33) seien die Garanten für individuelle Bewegungs- und Handlungskompetenz im Wesentlichen die folgenden drei Komponenten:

- Ausdauertraining,
- Kraft- und Beweglichkeitstraining und
- Koordinationstraining.

Ausdauertraining soll in diesem Zusammenhang zur Senkung von atherosklerotisch wirksamen Blutfetten, zur Anhebung gefäßschützender Fettanteile, zur Schlaganfallprophylaxe, zur Verbesserung der Insulinsensitivität, zur Stärkung des Immunsystems, zu vegetativem Stressabbau und zu Stimmungsverbesserung führen.

Außerdem stellt Ausdauertraining die Grundvoraussetzung für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit aller Sinne und Organsysteme des Menschen, einer gesteigerten Vitalität sowie der damit verbundenen geringeren Krankheitsinzidenz dar.

Kraft- und Beweglichkeitstraining soll im Rahmen des Gesundheitssports Haltung prophylaxe im Sinne einer optimalen Sicherung der Wirbelsäule, Arthroseprävention, Osteoporoseprophylaxe, Sturzprophylaxe, zentralnervöse Aktivierung und Stimmungsaufhellung bewirken.

Krafttraining ist für den Erhalt der Selbstständigkeit, Mobilität und Unabhängigkeit unabdingbar, da dadurch die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben vor allem älterer Menschen ermöglicht wird.

Koordinationstraining ist in der Prävention für die Ausbildung von Reflexmustern, die Optimierung aller wahrnehmenden Systeme, die Psychoregulation und die Reaktionsschnelligkeit als Alterskompetenz zur Verletzungs- und Unfallprophylaxe bedeutend.

Im Folgenden wird auf das Krafttraining in der Prävention näher eingegangen, da die Methoden und Maßnahmen im Krafttraining für den Praxisteil von Bedeutung sind.

3.1 Krafttraining

Kraft als körperliche Fähigkeit bezeichnet (Gabriel, Wick und Puta, 2007, S. 93) die Eigenschaft, Widerstände zu überwinden bzw. diese zu halten. Im sportwissenschaftlichen Sinne wird in

- die Maximalkraft, als größtmögliche muskelspezifische Kraft,
- die Kraftausdauer, als Fähigkeit Kraftleistungen über einen längeren Zeitraum ermüdungsfrei zu vollbringen und
- die Schnellkraft, als Fähigkeit in möglichst kurzer Zeit eine situationsadäquate Kraftleistung zu erreichen unterschieden.

3.1.1 Arbeitsweise der Muskulatur

Nach Olivier, Marschall und Büsch (2008, S. 94) wird die aktive Krafterzeugung gegen einen Widerstand als Muskelaktion bezeichnet. Die Innervation eines oder mehrerer Muskeln ist entweder mit einer Körperbewegung oder mit der Aufrechterhaltung einer stabilen Körperposition verbunden.

Es werden

- konzentrische: überwindende,
- exzentrische: nachgebende und
- isometrische: statische Muskelaktionen unterschieden.

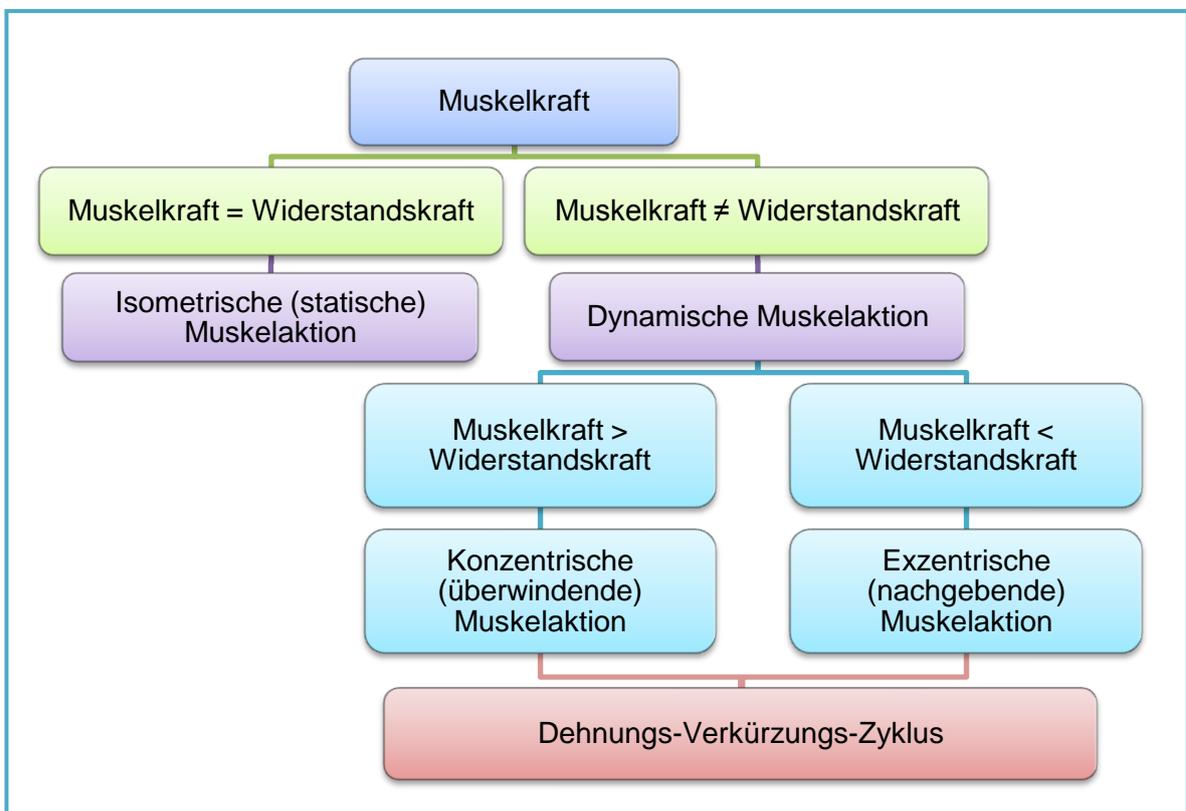


Abbildung 2: Arbeitsweise der Muskulatur (Fry & Newton, zit. nach Olivier, Marschall & Büsch, 2008, S. 95)

Die unterschiedlichen Arbeitsweisen, die in Abbildung 2 dargestellt sind, werden als Muskelaktionen bezeichnet. Bei einer isometrischen Muskelaktion bleibt die Muskellänge konstant, da die aufgebrachte Muskelkraft und die Widerstandskraft gleichgroß sind. Bei der konzentrischen Muskelaktion wird der Muskel gegen einen Widerstand verkürzt, weil die Widerstandskraft geringer als die aufgebrachte Muskelkraft ist. Die exzentrische Muskelaktion ist dadurch gekennzeichnet, dass

die Widerstandskraft größer als die aufgebrachte Muskelkraft ist. Dadurch verlängert sich der Muskel gegen einen Widerstand.

3.1.2 Methoden des Krafttrainings

Das Krafttraining setzt sich nach Olivier, Marschall und Büsch (2008, S. 120) aus den Variablen Beanspruchungsintensität, Wiederholungszahl, Serienzahl, Pausenlänge, Kraftentwicklung und Bewegungsgeschwindigkeit zusammen. Die wichtigste Variable für die Gestaltung eines Krafttrainings ist die Beanspruchungsintensität, die als zu bewegende Last beschrieben wird.

Im Trainingsplan wird das Gewicht als Prozentsatz vom Ein-Wiederholungs-Maximum (EWM) oder vom Mehr-Wiederholungs-Maximum (MWM), die Anzahl der Bewegungsausführungen als Wiederholungszahl, die Anzahl der Serien einer Übung und die Pausenlänge zwischen den Serien festgelegt. Außerdem werden Angaben zur willentlichen Kraftentwicklung und zur Bewegungsgeschwindigkeit gemacht.

Die Maximalkraft kann entweder durch die Verbesserung der neuromuskulären Koordination oder durch die Vergrößerung der Muskelmasse gesteigert werden.

Trainingsmethode zur Verbesserung der neuromuskulären Koordination (Olivier, Marschall und Büsch, 2008, S. 122)

Durch diese Trainingsmethode werden funktionale bzw. neuromuskuläre Anpassungen ausgelöst. Die Beanspruchungsintensität liegt hier zwischen 90 und 100% des EWM, damit eine maximale Rekrutierung und Frequenzierung der motorischen Einheiten erreicht wird.

Trainingsmethode zur Vergrößerung der Muskelmasse (Olivier, Marschall und Büsch, 2008, S. 123)

Bei einem Hypertrophietraining werden im Idealfall Lasten zwischen 60 und 95% des EWM bis zur Erschöpfung bewegt. Ein Training dieser Art hat zusätzlich einen positiven Effekt für die Kraftausdauer. Umgekehrt hat ein Kraftausdauertraining auch einen positiven Effekt auf die Maximalkraft.

Trainingsmethode zur Verbesserung der Schnellkraft (Olivier, Marschall und Büsch, 2008, S. 124)

Die Schnellkraft kann mit der Methode zur Verbesserung der neuromuskulären Koordination, der Methode zur Verbesserung der Muskelleistung und der Methode zur Verbesserung der Reaktivkraft trainiert werden. Allerdings hat Schnellkrafttraining für die Gesundheitsförderung einen unbedeutenden Stellenwert und wird daher in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

Trainingsmethode zur Verbesserung der Kraftausdauer (Olivier, Marschall und Büsch, 2008, S. 127)

Die Kraftausdauer wird durch relativ konstante und variable Muskelkräfte, die über eine längere Dauer aufrechterhalten werden sollen, trainiert.

Beim Kraftausdauertraining kommt es, im Gegensatz zu anderen Krafttrainingsformen, zu hohen Wiederholungszahlen zwischen 25 und 40. Die Belastungsintensität wird mit 50 bis 60% des EWM angegeben. Die Pausen werden mit 30-60s zwischen den Serien relativ kurz gehalten, um die anaerobe Energiebereitstellung zu verbessern.

3.1.3 Krafttraining im Gesundheitssport

Im gesundheitsorientierten Krafttraining liegt das Hauptaugenmerk nach Geiger (2003, S. 52) auf dem gesamten Bewegungsapparat und dessen Steuerung durch das periphere und zentrale Nervensystem. Die oben erwähnten Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegungen geben ein Krafttraining vor, das nach der Einteilung von Olivier, Marschall und Büsch (2008, S. 123) einem Hypertrophietraining entsprechen würde.

In den folgenden Darstellungen und Tabellen wird aber deutlich, dass nicht nur ein Training zur Vergrößerung der Muskelmasse in Frage kommt, sondern auch ein Kraftausdauertraining.

		Stufe 3	
		Muskelaufbauorientiertes Gesundheitstraining	
Stufe 1		Stufe 2	
Anpassungs- und Gewöhnungstraining		Kraftausdauerorientiertes Gesundheitstraining	
<ul style="list-style-type: none"> • Intensität: <30% • Wiederholungen: 15-20 • Sätze: 1-3 • Pause: 3-5 Min. • Häufigkeit: 1-2x / Woche langsame bis zügige Ausführung		<ul style="list-style-type: none"> • Intensität: 40-50% • Wiederholungen: 15-20 • Sätze: zunächst 2-3 später: 3-5 • Pause: 2-3 Min. • Häufigkeit: 2x / Woche zunächst langsame, später zügige Ausführung	
4-6 Wochen		Anfänger 4-6 Monate	höheres Alter: auf Dauer
		Gesundheits- und Fitnesstraining mit hoher Effektivität Anschlussstraining an Stufe 2 Fortgeschrittene auf Dauer	

Abbildung 3: Stufenplan eines gesundheitsorientierten Krafttrainings (Geiger, 2003, S. 63)

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, wird von Geiger (2003, S. 63) das gesundheitsorientierte Krafttraining in drei Stufen aufgeteilt. Zum Einstieg wird ein Anpassungstraining für 4-6 Wochen durchgeführt, während dem die technischen und koordinativen Voraussetzungen geschaffen werden. Danach wird ein Kraftausdauertraining für 4-6 Monate empfohlen. Menschen höheren Alters und Personen mit Herz-Kreislauf- oder Lungenkrankheiten sollen diese Stufe auf Dauer beibehalten. Die größten Kraftzuwächse sind beim muskelaufbauorientierten Gesundheitstraining zu erwarten.

Auch Boeckh-Behrens und Buskies (2006, S. 260) schlagen, wie in Tabelle 2 ersichtlich, für gesundheitsorientiertes Fitness-Krafttraining eine kraftausdauerorientierte Variante und eine muskelaufbauorientierte Variante vor.

Tabelle 2: Belastungsdosierung im gesundheitsorientierten Fitness-Krafttraining (Boeckh-Behrens & Buskies, 2006, S. 260)

Gesundheitsorientiertes Fitness-Krafttraining		
Belastungsdosierung	Kraftausdauerorientierte Variante	Muskelaufbauorientierte Variante
Wiederholungen/ Intensität	ca. 15-20 und mehr (nicht bis zur möglichen Wiederholung pro Satz notwendig) subjektives Belastungsempfinden im Satz „mittel“ bis „schwer“	ca. 6-15 (nicht bis zur letzten möglichen Wiederholung pro Satz notwendig) subjektives Belastungsempfinden im Satz „mittel“ bis „schwer“
Sätze (Serien)	Anfänger: ca. 1-2 Fortgeschrittene: ca. 3-5	Anfänger: ca. 1-3 (wird erst nach mehrwöchigem Training der kraftausdauerorientierten Variante empfohlen) Fortgeschrittene: ca. 3-5 und mehr
Pause	nach subjektivem Empfinden	nach subjektivem Empfinden
Bewegungsausführung Krafteinsatz	technisch korrekt kontinuierlich, ruhig regelmäßige Atmung	technisch korrekt kontinuierlich, ruhig regelmäßige Atmung
Trainingshäufigkeit	mindestens 1x pro Woche	mindestens 2x pro Woche
Trainingseffekte	Verbesserung der Maximalkraft (geringer) Verbesserung der Kraftausdauer Muskelaufbau/Zunahme der Muskelmasse (geringer) Körperformung Fettabbau	Verbesserung der Maximalkraft (stärker) Verbesserung der Kraftausdauer Muskelaufbau/Zunahme der Muskelmasse (stärker) Körperformung Fettabbau

Die zwei Trainingsvorschläge von Geiger (2003, S. 63) und Boeckh-Behrens und Buskies (2006, S. 260) sind sehr ähnlich und zeigen, dass sowohl die Verbesserung der Kraftausdauer als auch das Hypertrophietraining im Gesundheitssport ihren Platz haben.

3.1.3.1 Bewegungsgeschwindigkeit

Die Bewegungsgeschwindigkeit ist in dieser Arbeit ein wichtiges Thema, weil sie aufgrund der Sensorendaten berechnet werden kann. In den angeführten Quellen wird die Bewegungsgeschwindigkeit im Anfängerbereich mit langsam, ruhig und kontinuierlich beschrieben. In der Studie von Rana, Chleboun, Gilders, Hagerman, Herman, Hikida, Kushnick, Staron und Toma (2008, S. 120) wird die Zeit für die Streckung von traditionellem Krafttraining mit ein bis zwei Sekunden jeweils für die konzentrische und die exzentrische Phase angegeben. In der Untersuchung wird

sowohl die Bewegungsgeschwindigkeit, als auch die Zeit für die Beugung und die Streckung ausgerechnet.

3.2 Wirkungen von Krafttraining auf den menschlichen Organismus

Es ist wichtig zu betonen, dass der aktive mit dem passiven Bewegungsapparat eine funktionelle Einheit bildet. Die Muskulatur, welche die Gelenke umgibt, sollte deshalb nach Zimmermann (2000, S. 69) harmonisch entwickelt sein, damit die Funktion des passiven Halte- und Bewegungsapparats gesichert werden kann. Aufgrund dieser Fakten ist die Funktionsfähigkeit der passiven Strukturen stark von der Leistungsfähigkeit der Gesamtkörpermuskulatur abhängig. Bei Abweichungen von einer physiologischen Körperhaltung oder bei fehlender muskulärer Absicherung der Gelenke können vorzeitig Verschleißerscheinungen oder Schädigungen der Gelenke bzw. der Wirbelsäule auftreten.

3.2.1 Muskulatur

Die Muskulatur hat nach Goebel und Stephan (2006, S. 59) ein hohes Adaptationspotenzial, weil sich die Hälfte aller kontraktilen Proteine innerhalb einer Woche ab- und wiederaufbaut. Geschädigte Proteinstrukturen können dadurch rasch ersetzt werden, was auch das schnelle Anpassungsvermögen der Muskulatur auf Krafttrainingsreize erklärt.

Krafttraining bewirkt einen Zuwachs an Muskelmasse. Durch Proteineinlagerung werden die vorhandenen Myofibrillen dicker, und zusätzlich werden neue gebildet. Das führt zu einer Zunahme des Muskelquerschnitts und der Maximalkraft.

Dieser Effekt kann sowohl beim Hypertrophietraining, als auch bei der Kraftausdauerermethode erzielt werden.

3.2.2 Knochen

Nach Goebel und Stephan (2006, S. 60) reagieren auch die Knochen auf Zug- Druck- und Biegebelastungen, die durch ein Krafttraining auftreten, mit Adaptationsmechanismen. Die Osteoblasten werden ab einem wiederholten Auftreten eines Stimulus von einem Zehntel der Knochenbruchlast angeregt. Nach

acht bis zwölf Wochen regelmäßiger Stimulation werden von den Osteoblasten Kollagenfasern in die belasteten Knochen eingelagert. Durch deren Mineralisierung können nach vier bis sechs Monaten Zuwächse im Knochenmineralgehalt festgestellt werden.

Auch der Knochenumfang nimmt unter entsprechender Reizstimulation zu. Der Knochen wird hauptsächlich von der Knochenhaut gebildet. Durch eine Zunahme der Knochendicke sinkt die Wahrscheinlichkeit eines Knochenbruchs, weil die Fläche, auf der sich die am Knochen angreifende Kraft verteilt, größer und die pro Quadratzentimeter angreifende Kraft geringer wird. Die Ansätze und Ursprünge von Sehnen am Knochen werden ebenfalls dicker und belastbarer.

3.2.3 Bänder, Sehnen und Knorpel

Auch Sehnen, Bänder und Knorpel sind nach Zimmermann (2000, S. 87) zu belastungsabhängigen positiven biologischen Reaktionen fähig.

Bänder und Sehnen stellen die Verbindung zwischen den arbeitenden Muskeln und den Knochen dar. Diese Verbindungen gewinnen durch Krafttraining ebenfalls an Festigkeit. Durch die Muskelkontraktionen während des Krafttrainings treten Dehnreize auf, die den Stoffwechsel verbessern und eine lokale Ausschüttung von Wachstumshormonen bewirken. Die Zellneubildung und -differenzierung führt zu einer festeren Gewebestruktur. Allerdings kann eine Zunahme der Sehnenfestigkeit erst nach acht bis zwölf Wochen festgestellt werden. Eine Zunahme der Sehnendicke ist nur durch langfristiges Krafttraining möglich (Goebel und Stephan, 2006, S. 61).

Bei hyalinen Knorpeln kann eine akute Dickenzunahme auf muskuläre Mehrbelastung durch Flüssigkeitsaufnahme bereits nach zehn Minuten beobachtet werden. Allerdings geht diese nach 30-60 minütiger Erholungsphase wieder zurück. Regelmäßige Belastungen bewirken eine Hypertrophie und die Erhöhung der Stoffwechselaktivität der Knorpelzellen (Zimmermann, 2000, S. 89).

3.2.4 Herz-Kreislauf-System

Während des Hypertrophietrainings kommt es nach Zimmermann (2000, S. 104) zu keinem nennenswerten Anstieg der maximalen Sauerstoffaufnahmekapazität, wodurch auch keine Verbesserung der Herz-Kreislauffunktion zu erwarten ist.

Kraftausdauerorientiertes Training kann allerdings zu einem Anstieg der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme führen, was als Zeichen der Funktionsverbesserung des Herz-Kreislauf-Systems zu werten ist.

3.2.5 Anpassungen auf neurologischer Ebene

Bei der Entwicklung von Kraft spielt das zentrale Nervensystem neben der Muskulatur und den passiven Strukturen des Bewegungsapparates eine wichtige Rolle. Vor allem zu Beginn eines Krafttrainings ist hauptsächlich das zentrale Nervensystem für die Verbesserung des Kraftniveaus zuständig. Durch eine bessere intramuskuläre Koordination, also die erhöhte Frequentierung der Zielmuskulatur, und durch eine bessere intermuskuläre Koordination, also ein besseres Zusammenspiel mit den Synergisten und Fixatoren, kann ein Kraftzuwachs erzielt werden, ohne dass eine Muskelhypertrophie notwendig ist (Goebel und Stephan, 2006, S. 61).

3.2.6 Beeinflussung des Kohlenhydratstoffwechsels durch Krafttraining

Diverse Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels im fortgeschrittenen Lebensalter können nach Zimmermann (2000, S. 124) neben falscher Ernährung mangelnder körperlicher Aktivität zugeschrieben werden. Die damit verbundene Abnahme an Muskelmasse und Zunahme an Körperfett führt zu einer Veränderung der Körperzusammensetzung. Die insulinvermittelte Glucoseverwertung findet hauptsächlich durch die Muskulatur statt. Aufgrund dieser Tatsache ist davon auszugehen, dass zunehmender Bewegungsmangel und muskuläre Atrophie mitverantwortlich für das Entstehen der Insulinresistenz und der verminderten Glukosetoleranz im Alter sind.

3.2.7 Immunsystem

Durch körperliche Belastung werden vielfältige Regulationsmechanismen im Körper ausgelöst, die das Immunsystem direkt oder indirekt beeinflussen. Es kommt nach Goebel und Stephan (2006, S. 63) zu einer Veränderung des Metabolismus und des Redoxhaushaltes, zu einer Ausschüttung von Stresshormonen und zu inflammatorischen Reaktionen. Infolgedessen kommt es zu einer Immunantwort, wodurch die Leukozyten akut zunehmen. Allerdings ist das Verhalten des Immunsystems unter sportlichen Bedingungen noch nicht vollständig erforscht. Es liegen nicht gesicherte Vermutungen vor, dass aufgrund von regelmäßigem Krafttraining eine Funktionsverbesserung des Immunsystems eintritt. Dazu kommt, dass Alter, Ernährungsweise, Stresslevel und saisonale Umweltbedingungen die Immunfunktion zusätzlich beeinflussen.

3.2.8 Verdauungssystem

Durch Krafttraining wird nach Goebel und Stephan (2006, S. 63) die Aufenthaltsdauer des Speisebreis im Darm verkürzt und hilft somit, Symptomatiken bzw. Erkrankungen wie Verstopfung, Divertikulose, Hämorrhoiden und Darmkrebs zu verhindern. Körperliche Inaktivität dagegen verlängert die Aufenthaltsdauer des Speisebreis und begünstigt die genannten Erkrankungen und Symptomatiken.

3.2.9 Wirkungen auf das aktuelle und habituelle psychische Befinden

Neben körperlichen Funktionen und Strukturen werden nach Zimmermann (2000, S. 144) durch systematische Muskelaktivität, wie Krafttraining, auch psychonervale Funktionen und Strukturen beeinflusst. Wie auch bei anderen fitnessorientierten, nicht wettkampfmäßig betriebenen sportlichen Aktivitäten kann auch angemessen dosiertes Krafttraining das akute psychische Befinden durch Zunahme positiver und Abnahme negativer Gefühlszustände günstig beeinflussen. Es liegen mehrere Erklärungsmodelle für diese krafttrainingsinduzierten akuten Befindensänderungen vor, allerdings gibt es noch keine gesicherten wissenschaftlichen Ergebnisse dazu.

Auch die habituelle psychische Befindlichkeit steht unter dem Einfluss von regelmäßigem Krafttraining. Diese Wirkung wird begründet durch:

- Das wiederholte Erleben positiver aktueller Befindensänderungen im Sinne kumulativer Wirkungen, die längerfristig eine günstigere generelle psychoemotionale Verfassung bewirken.
- Die merklichen Verbesserungen der physischen Leistungsfähigkeit und körperlichen Erscheinung durch Krafttraining, wodurch das Körperkonzept, das globale Selbstkonzept bzw. Selbstwertgefühl gefördert und dadurch das relativ stabile psychische Befinden positiv beeinflusst wird.

In Tabelle 3 sind die Wirkungen von Krafttraining auf den Organismus zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Anpassungen des menschlichen Organismus an Krafttraining (Goebel & Stephan, 2006, S. 65)

Morphologische Ebene	
1. Muskulatur	<ul style="list-style-type: none"> • Dicke Myofibrillen ↑ • Anzahl Myofibrillen ↑ • Länge der Muskelfasern ↑ • Anzahl der Muskelfasern ↔ (↑) • Bindegewebe ↑ • Anteil Bindegewebe ↔ • Anzahl Kapillargefäße ↑ ↔ • Dichte Kapillargefäße ↔ ↓ • Zellgehalt Myoglobin ↓ • Anzahl Mitochondrien ↔ • Dichte Mitochondrien ↓ • Größe motorische Endplatte ↑ • Anzahl Acetylcholinrezeptoren ↑
2. Knochen	<ul style="list-style-type: none"> • Kollagenfasern ↑ • Knochenmineralgehalt ↑ • Knochenumfang ↑ • Druckfestigkeit Knorpel ↑
3. Bänder und Sehnen	<ul style="list-style-type: none"> • Festigkeit ↑
Neurologische Ebene	
1. Intramuskuläre Koordination	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenzierung ↑ • Rekrutierung bei Aufgaben gleicher relativer Intensität (Desynchronisation) ↓ • Rekrutierung bei Aufgaben maximaler Intensität ↑
2. Intermuskuläre Koordination	<ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung Synergisten ↑ • Aktivierung Fixatoren ↑ • Aktivierung Antagonisten ↓ • Inhibitorische Signale ↓
Weitere Körpersysteme und Fähigkeitsbereiche	
1. Herz-Kreislauf-System	<ul style="list-style-type: none"> • Maximale kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit ↔ • Kardiovaskuläre Belastung bei Aufgaben gleicher relativer Intensität ↓ • Kardiovaskuläre Belastung in Ruhe ↓ ↔ • Herzschlagvolumen ↑ ↔
2. Immunsystem	<ul style="list-style-type: none"> • Leukozytenzahl ↑ (akut) • Immunologische Leistungsfähigkeit ↔ (?)
3. Verdauungssystem	<ul style="list-style-type: none"> • Darmtransitzeit ↓
4. Ausdauerleistungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidative Kapazität der Muskulatur ↔ ↓ (↑) • Körperliche Leistungsfähigkeit in submaximalen Bereichen ↑
5. Alltagsaktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit zur Ausführung ↑

4 Anatomie des Knies

Um die Bewegungen und Belastungen im Kniegelenk bei der Beinpressbewegung analysieren zu können, werden in diesem Kapitel der Aufbau und die Funktion des Kniegelenks näher betrachtet.

Die Gelenkkörper des Kniegelenks werden von den Condyli femoris, den Condyli tibiae und von der Patella gebildet. Als Getriebe Gelenk ist das Kniegelenk das größte Gelenk im menschlichen Körper. Es kann gestreckt und gebeugt werden, wobei in gebeugtem Zustand der Unterschenkel nach innen und außen rotiert werden kann (Platzer, 2009, S. 206).

4.1 Inkongruenz der Gelenkpartner

Beim Kniegelenk passen, wie bei den meisten anderen Gelenken, die Gelenkpartner in ihrer Oberflächenform nicht zusammen – sie sind inkongruent. Es passen weder die Oberflächen von Femur und Tibia noch die Oberflächen von Femur und Patella exakt aufeinander, sie sind sogar grob unterschiedlich.

Durch die Inkongruenz der Oberflächen kann es eigentlich nur zu punkt- oder linienförmigen Berührungen kommen. Da sich aber Knorpeln und Knochen verformen können, kommt es in den Gelenken unter Belastung zu flächenförmigen Kontakten. Die Kontaktflächen sind aber klein, wodurch sich hohe Druckwerte auf dem belasteten Anteil der Gelenkoberfläche ergeben. Zwischen Femur und Tibia sind aus diesem Grund die weichen Menisken eingelagert. Durch sie wird die kraftübertragende Fläche vergrößert und der Druck begrenzt (Brinckmann, Frobin, & Leivseth, 2000, S. 91).

Der mediale Meniskus ist halbmondförmig und seine Ansatzstellen sind relativ weit voneinander entfernt. Er ist an der Beinrückseite breiter als vorne und ist durch die Verwachsung mit dem Ligamentum collaterale tibiale viel weniger beweglich als der laterale Meniskus. Bei der Außenrotation des Unterschenkels wird er am stärksten verlagert und gezerrt, entlastet wird er bei der Innenrotation des Unterschenkels.

Der laterale Meniskus ist nahezu kreisförmig und seine Ansatzstellen liegen dicht beieinander. Er ist überall etwa gleich breit und beweglicher als der mediale Meniskus, da er mit dem Ligamentum Collaterale fibulare nicht verwachsen ist. Durch seine größere Beweglichkeit ist er bei den verschiedenen Bewegungen geringer belastet (Platzer, 2009, S. 208).

Wird das Kniegelenk belastet, ergeben sich Kräfte, die das eingelagerte, weiche und verformbare Gewebe nach außen drücken. Die Zugspannungen, die sich in den Menisken bilden, halten den Kräften das Gleichgewicht (Brinckmann, Frobin, & Leivseth, 2000, S. 91).

4.2 Äußere Form und Aufbau der Knochen in Gelenknähe

Femur und Tibia haben wie alle Röhrenknochen in Gelenknähe einen vergrößerten Durchmesser. Die dadurch vergrößerte Gelenksfläche wird allerdings aufgrund der Inkongruenz der Gelenksflächen nicht als Ganzes zur Kraftübertragung genutzt, sondern nur ein Teilbereich belastet (Brinckmann, Frobin, & Leivseth, 2000, S. 91 f.; Wirhed, 2001, S. 56).

Der gelenknahe Anteil von Femur und Tibia ist mit einer dünnen Kortikalis überzogen und mit Spongiosa ausgefüllt. Beim mittleren Anteil der Knochen ist die Kortikalis bis zu 1 cm dick und der Innenraum praktisch hohl. Die dünnere Kortikalisschicht und der spongiöse Knochen unterhalb der Gelenkoberfläche bewirken eine stärkere elastische Verformbarkeit als die Kortikalis höherer Schichtdicke. Durch die mögliche Verformung können kurzzeitige Kraftspitzen elastisch gedämpft werden. Gleichzeitig wird die zur Kraftübertragung genutzte Fläche momentan vergrößert und der Druck auf der Gelenkoberfläche reduziert (Brinckmann, Frobin, & Leivseth, 2000, S. 92; Wirhed, 2001, S. 56).

4.3 Druckübertragende Fläche

Die druckübertragenden Flächen erstrecken sich niemals über das gesamte Tibiaplateau. Es werden immer nur Teilbereiche der Gelenksfläche belastet, aber dafür mit hohen, lokalen Druckbelastungen. Durch die Veränderung der Kniegelenksstellung werden unterschiedliche Teilbereiche belastet, was einen

Wechsel von Be- und Entlastung bewirkt. (Brinckmann, Frobin & Leivseth, 2000, S. 92).

4.4 Reibungseigenschaften der Gelenksoberflächen

Das Kniegelenk und auch alle anderen, mit Knorpeln überzogenen Gelenke können als reibungsfrei angesehen werden, da der Haftreibungskoeffizient und der Reibungskoeffizient in Bewegung sehr kleine Werte annehmen. Für die Funktion des Gelenks ist dies essenziell, da bei nennenswerten Reibungskräften unter hohen Belastungen keine Bewegung möglich wäre (Brinckmann, Frobin & Leivseth, 2000, S. 93).

4.5 Bänder im Kniegelenk

Der Zusammenhalt und die Führung der Bewegung im Kniegelenk werden durch die Bänder und die Gelenkkapsel bewirkt. Um den komplizierten Aufbau des Kniegelenks zu stabilisieren, wird das Kniegelenk von diversen Bändern abgesichert.

Durch das Ligamentum patellae wird die Quadrizepssehne fortgesetzt und gelangt von der Patella zur Tuberositas tibiae.

Das Ligamentum Collaterale tibiale ist in die Membrana fibrosa der Kapsel eingebaut und mit dem medialen Meniskus fest verwachsen. Als dreieckiges plattes Band zieht es sich vom Epicondylus medialis bis zur Margo medialis tibiae.

Das Ligamentum collaterale fibulare ist rund und weder mit der Kapsel noch mit dem lateralen Meniskus verwachsen. Es entspringt am Epicondylus lateralis und setzt am Caput fibulae an (Platzer, 2009, S. 206).

Das vordere Kreuzband zieht von der Area intercondylaris anterior tibiae zur Innenfläche des Condylus lateralis femoris. Seine lateral entspringenden Fasern ziehen weiter in dorsaler Richtung als die medialen.

Das hintere Kreuzband ist stärker als das vordere Kreuzband und zieht von der lateralen Fläche des medialen Femurkondylus zur Area intercondylaris posterior (Platzer, 2009, S. 208).

Um die Funktion der Bänder näher zu beschreiben, werden zunächst die Bewegungen im Knie näher betrachtet.

Das Kniegelenk kann gestreckt und gebeugt werden, wobei in gebeugtem Zustand der Unterschenkel nach innen und außen rotiert werden kann.

Es gibt zwei Möglichkeiten, wie Bewegungen im Knie ablaufen können (Wirhed, 2001, S. 55 f):

1. Der Oberschenkelknochen rollt auf dem Schienbein nach hinten, oder
2. Der Oberschenkelknochen gleitet auf einem Punkt auf dem Schienbein.

Tatsächlich finden beide Bewegungsabläufe statt: Die erste Bewegung erfolgt, bis das vordere Kreuzband vollkommen gestreckt ist, anschließend setzt die zweite Bewegung ein.

Das vordere Kreuzband verhindert Bewegungen, bei denen sich der Unterschenkel nach vorne bewegt. Das hintere Kreuzband verhindert Überstreckungen im Kniegelenk und das Nach-hinten-Drücken des Unterschenkels (Wirhed, 2001, S. 56).

Die Seitenbänder verhindern, dass sich das Knie seitlich verschiebt und sind für die seitliche Stabilität im Knie verantwortlich. Bei gestrecktem Knie sind sie gespannt. Da sie bei gebeugtem Knie schlaff sind, kann der Unterschenkel so weit nach außen gedreht werden, bis die Seitenbänder wieder gespannt sind. Nach innen kann der Unterschenkel normalerweise weniger weit gedreht werden, da die Kreuzbänder sich dabei im Inneren des Knies umeinanderschlingen und damit der Bewegung entgegenarbeiten (Wirhed, 2001, S. 56).

4.6 Beteiligte Muskulatur

Streckung im Hüftgelenk

- Musculus gluteus maximus

Beugung im Kniegelenk

- Ischiocrurale Muskelgruppe:
 - Musculus semimembranosus,
 - Musculus semitendinosus,
 - Musculus biceps femoris

Streckung im Kniegelenk

- Musculus quadriceps femoris
 - Musculus rectus femoris (volle Wirkung nur bei gestreckter Hüfte),
 - Musculus vastus intermedius,
 - Musculus vastus medialis,
 - Musculus vastus lateralis

Stabilisierung im Sprunggelenk

- Musculus gastrocnemius

4.6.1 Musculus gluteus maximus

Der Musculus gluteus maximus hat seinem Ursprung zur Folge einen oberflächlichen und einen tiefen Anteil. Der oberflächliche Anteil entspringt von der Crista iliaca, der Spina iliaca posterior superior, der Fascia thoracolumbalis, dem Os sacrum und dem Os coccygis. Der tiefe Anteil entspringt von der Ala ossis ilii hinter der Linea glutea posterior, vom Ligamentum sacrotuberale und von den Faszien des Musculus gluteus medius. Sein proximaler Teil strahlt in den Tractus iliotibialis ein, der distale Anteil setzt an der Tuberositas glutea an. Seine Lage zum Tuber ischiadicum ist von der Körperhaltung abhängig. Im Stehen bedeckt er den Tuber ischiadicum, beim Sitzen wird er frei gelassen.

Der Musculus gluteus maximus ist hauptsächlich ein Strecker und ein Außenrotator im Hüftgelenk und sichert das Becken muskulös gegen ein Kippen nach vorne ab. Er wird beim Treppensteigen und beim Aufrichten des Körpers aus

dem Sitzen verwendet. Er kann durch seine verschiedenen Ansätze sowohl als Abduktor, als auch als Adduktor wirken (Platzer, 2009, S. 236).

4.6.2 Ischiocrurale Muskelgruppe

Die Beugemuskulatur des Kniegelenks liegt grundsätzlich an der Rückseite des Oberschenkels. Dazu gehört die ischiocrurale Muskelgruppe und die Muskeln, die den Pes anserinus superficialis bilden.

Die ischiocrurale Muskelgruppe streckt im Hüftgelenk und beugt im Kniegelenk, wobei ihre Wirkung im Kniegelenk durch die Hüftgelenksstellung beeinflusst wird. Bei gebeugtem Hüftgelenk wächst die Strecke zwischen Ursprung und Ansatz der Muskeln, was zu einer Vordehnung und passiven Spannung führt. Durch diese Vordehnung wird die Beugewirkung im Kniegelenk erhöht. Bei gestrecktem Knie wird umgekehrt die Extensionswirkung der ischiocruralen Muskeln im Hüftgelenk erhöht. Bei gestrecktem Hüftgelenk ist allerdings auch die Beugung im Knie weniger weit führend, was die Bedeutung der eingelenkigen Muskeln erklärt. Ihre Wirkung ist von der Hüftgelenksstellung unabhängig.

Zu der ischiocruralen Muskelgruppe zählen der Musculus biceps femoris, der Musculus semitendinosus und der Musculus semimembranosus. Der Pes anserinus superficialis wird durch den Musculus gracilis, den Musculus sartorius und dem Musculus semitendinosus, der zu beiden Muskelgruppen gehört, gebildet (Kapandji, 1999, S. 140).

Der Musculus biceps femoris besteht aus dem zweigelenkigen Caput longum und dem eingelenkigen Caput breve. Das Caput longum entspringt am Tuber ischiadicum (Caput commune). Das Caput breve entspringt vom mittleren Drittel der lateralen Lippe der Linea aspera. Die Köpfe vereinigen sich zum Musculus biceps, der am Caput fibulae ansetzt. Das Caput longum wirkt im Hüftgelenk als Strecker. Im Kniegelenk beugt der Musculus biceps femoris und rotiert als einziger Muskel den Unterschenkel in gebeugter Stellung nach außen, womit er den Einwärtsrotatoren die Waage hält.

Der Musculus semitendinosus entspringt im Caput commune vom Tuber ischiadicum und zieht zur medialen Tibiafläche, an der er im Pes anserinus superficialis ansetzt. Als zweigelenkiger Muskel ist er im Hüftgelenk an der

Streckung beteiligt, im Kniegelenk beugt er und rollt den Unterschenkel nach innen.

Der *Musculus semimembranosus* entspringt vom *Tuber ischiadicum*. Seine Sehne spaltet sich in drei Teile, wobei der erste Teil zum *Condylus medialis tibiae* zieht, der zweite in die Faszie des *Musculus popliteus* übergeht und der dritte Teil in die Hinterwand der Kapsel einstrahlt. Diese Dreiteilung des Ansatzes wird auch als *Pes anserinus profundus* bezeichnet.

Der *Musculus gracilis* entspringt vom *Ramus inferior ossis pubis* und zieht bis zur medialen Tibiafläche, an der er im *Pes anserinus superficialis* ansetzt (Platzer, S. 240). Er beugt im Kniegelenk und wirkt bei gestrecktem Knie als Adduktor des Oberschenkels und beugt das Hüftgelenk.

Der *Musculus sartorius* entspringt an der *Spina iliaca anterior superior* und zieht schräg über den Oberschenkel zum *Pes anserinus superficialis*. Er ist ein zweigelenkiger Muskel, der im Kniegelenk beugt und bei gebeugtem Knie den Unterschenkel nach innen rotiert. Außerdem ermöglicht er eine Anteversion im Hüftgelenk und eine Außenrotation des Oberschenkels.

4.6.3 *Musculus quadriceps femoris*

Der *Musculus quadriceps femoris* ist der Strecker des Kniegelenks und besteht aus vier Teilen, wobei der *Musculus rectus femoris* ein zweigelenkiger Muskel ist und dadurch auch im Hüftgelenk beugt. Er kommt in der von den übrigen drei ein gelenkigen Muskeln gebildete Rinne zu liegen. Da der *Musculus quadriceps femoris* gegen die Schwerkraft arbeiten muss, überstiegt er die Leistung der Beuger um ein Dreifaches (Kapandji, 1999, S. 136).

Um die Funktion des *Musculus quadirceps femoris* näher zu erklären, werden seine vier Teile hier näher beschrieben:

Der *Musculus rectus femoris* hat zwei Ursprünge. Mit dem *Caput rectum* entspringt er an der *Spina iliaca anterior inferior* und mit seinem *Caput reflexum* im *Sulcus supra-acetabularis* am oberen Rand der Pfanne des Hüftgelenks.

Der *Musculus vastus intermedius* hat seinen Ursprung an der vorderen und lateralen Femurfläche, er ist gut gegen den Vastus lateralis, schlechter gegen den Vastus medialis abgegrenzt.

Der *Musculus vastus medialis* entspringt an der medialen Lippe der Linea aspera.

Der *Musculus vastus lateralis* hat seinen Ursprung an der lateralen Fläche des Trochanter major, an der Linea intertrochanterica, an der Tuberositas glutealis und am Labium laterale an der Linea aspera.

Die vier Muskeln kommen zu einer gemeinsamen Sehne zusammen, die an der Patella ansetzt und distal von der Patella als Sehnenzüge des Ligamentum patellae weitergehen. Die oberflächlichen Fasern inserieren an der Tuberositas tibiae, die tiefen Sehnenfasern setzen am oberen und an den seitlichen Rändern der Patella an (Platzer, 2009, S. 248).

4.6.4 Musculus gastrocnemius

Der Musculus gastrocnemius hat zwei Köpfe, mit denen er vom Condylus medialis, proximal vom Condylus lateralis femoris und von der Gelenkscapsel entspringt. Er zieht in distale Richtung und setzt gemeinsam mit der Sehne des Musculus soleus am Tuber calcanei an.

Der Musculus gastrocnemius ist für die Plantarflexion verantwortlich. Da er aber ein zweigelenkiger Muskel ist und im Kniegelenk beugt, ist die volle Entwicklung seiner Kraft nur bei gestrecktem Knie möglich (Platzer, 2009, S. 262).

5 Beinpresse

Nach Geiger (2003, S. 63) sind Krafttrainingsgeräte prinzipiell die effektivsten Trainingsmittel. Die Intensität kann an ihnen gut variiert werden und sie lassen eine hohe muskuläre Zielrichtung zu. Im Vergleich zum Hanteltraining ist allerdings die koordinative Anforderung geringer, und die



Abbildung 4: Beinpresse

Übertragbarkeit auf Alltagsbewegungen schwieriger. Freilich ist auch die Verletzungsgefahr geringer, weshalb Krafttrainingsgeräte vor allem für Anfänger einen guten Einstieg in das Krafttraining darstellen.

Die Beinpresse ist eines der Standardgeräte im Krafttrainingsbereich, wobei es mehrere Bauweisen gibt.

Im vorliegenden Fall ist es eine Beinpresse, bei der der Körper ruht und die Platte weggeschoben wird. Wie auf Abbildung 4 ersichtlich ist die Sitzlehne um 45° nach hinten geneigt, der Sportler sitzt und die Platte wird schräg nach oben geschoben.

Nach Kersten und Siebecke, (2010, S. 60) ist die Belastung der Muskulatur von der Fußposition abhängig. Werden die Füße am oberen Rand platziert, so wird vermehrt die Gesäß- und hintere Oberschenkelmuskulatur trainiert. Die vordere Oberschenkelmuskulatur wird vermehrt durch eine tiefere Positionierung beansprucht. Die innere Oberschenkelmuskulatur wird bei breiter, die äußere Oberschenkelmuskulatur bei schmaler Beinstellung mit einbezogen.

Auch eine Studie von Escamilla, Fleisig, Zheng, Lander, Barrentine, Andrews, Bergemann und Moorman (2001, S. 1552-1566), die mit Hilfe von EMG-Messungen die belastete Muskulatur untersucht, unterstreicht diese Annahmen. Es wurden EMG-Elektroden am Musculus rectus femoris, Musculus vastus lateralis, Musculus vastus medialis, Musculus biceps femoris, Musculus semitendinosus, Musculus semimembranosus und am Musculus gastrocnemius

angebracht. Die Messungen wurden bei breiter, schmaler, hoher und niedriger Fußposition durchgeführt, wobei für diese Arbeit nur die schmale Fußposition relevant ist. Während der Flexionsbewegung sind die Muskeln des Musculus quadriceps femoris bei niedriger Fußposition aktiver als bei hoher Fußposition, und die ischiocrurale Muskulatur ist bei der hohen Position aktiver, als bei der niedrigen. Der Musculus gastrocnemius ist bei beiden Positionen in etwa gleich aktiv. Während der Extensionsphase sind der Musculus rectus femoris, der Musculus vastus lateralis und der Musculus gastrocnemius bei der niedrigen Fußposition aktiver als bei der hohen. Der Musculus vastus medialis und die ischiocrurale Muskulatur sind bei der hohen Fußposition aktiver als bei der niedrigen. Prinzipiell ist die Muskelaktivität aller Muskeln bei der Knieextension höher als bei der Flexion.

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Füße schulterbreit platziert was in der oben erwähnten Studie eine schmale Fußposition darstellt. Die Füße wurden am unteren Rand platziert, um die vordere Oberschenkelmuskulatur zu trainieren.

5.1.1 Kniewinkel und Fußposition

Die Bewegung beginnt mit gehockten Beinen. Da, nach Kersten und Siebecke, (2010, S. 60) ein Kniewinkel von 90° zum höchsten Patellaanpressdruck führt, sollte die Bewegung entweder bei einem höheren oder einem niedrigeren Winkel beginnen. Das Gewicht muss dementsprechend angepasst werden, da ein größerer Kniewinkel aufgrund der ungünstigen Hebelverhältnisse zu einer geringeren Kraft führt und umgekehrt.

Die Füße sollen eine neutrale Position einnehmen und weder nach innen noch nach außen rotiert werden. Die Zehen sollten also in dieselbe Richtung zeigen wie der Oberschenkel. Eine Rotation der Füße würde zu ungünstigen Scherkräften im Kniegelenk führen. Hüftgelenk, Knie und Sprunggelenk sollen eine Gerade bilden, die Knie sollen nicht nach außen oder innen kippen, die Beinachse soll also stabil bleiben. Außerdem soll die Fußsohle die ganze Bewegung hindurch an die Platte gedrückt sein, die Ferse soll sich nicht abheben.

5.1.2 Bewegungsbeschreibung

Die Bewegung beginnt mit gebeugten Beinen mit einem Kniewinkel von über 90°. Nach Wahle (2009, S. 34) haben das Gesäß und die Wirbelsäule während der ganzen Bewegung Kontakt mit der Sitzfläche und Rückenlehne. Die Druckplatte wird durch das Strecken im Hüft- und Kniegelenk weggedrückt. Die Bewegung soll nach Geiger (2003, S. 63) an den Umkehrpunkten abgebremst werden, um hohe Kraftspitzen zu vermeiden.

Die Knie sollten bei der Umkehrbewegung zur Beugung noch immer leicht gebeugt und demnach die Muskulatur der Oberschenkelvorderseite angespannt sein, wenn die Rückbewegung zur Ausgangsposition erfolgt.

6 Mobile Motion Advisor

Der „Mobile Motion Advisor“ soll eine interaktive Kommunikationstechnologie zur Verfügung stellen, die dem Trainer und den Trainierenden hilft, die individuellen Trainingsparameter in das Training einzubauen.

Hier wird die Beschreibung des „Mobile Motion Advisors“ von Preuschl, Baca, Novatchkov, Kornfeind, Bichler und Boeckskoer (2010, S. 2741ff.) zusammengefasst.

Das System des „Mobile Motion Advisor“ wurde entwickelt, um in Schulen Kinder und Jugendliche bei sportlichen Aktivitäten zu motivieren und individuell zu betreuen. Körperliches Training stellt im Kindes- und Jugendalter eine gute Möglichkeit der Gesundheitsförderung dar und hat positive Effekte bis ins Erwachsenenalter. Allerdings geht die intrinsische Motivation von Kindern und Jugendlichen Sport zu betreiben durch das heutige soziale Umfeld verloren. Das zeigt sich auch durch den Anstieg von Zivilisationskrankheiten in Zusammenhang mit fehlender körperlicher Aktivität.

Es stellt sich die Frage, wie Schülerinnen und Schüler motiviert werden können, sich anzustrengen bis zu den körperlichen Belastungen die sportliche Betätigung mit sich bringt. „High Tech“ Geräte sind in den letzten Jahren zu sehr beliebten „Spielzeugen“ für Kinder und Jugendliche geworden. Preuschl u.a. nehmen an, dass diese modernen Technologien Kinder und Jugendliche zu körperlicher Aktivität motivieren können.

In den letzten Jahren hat die körperliche Aktivität in allen Altersgruppen abgenommen. Es mangelt Kindern und Jugendlichen an Motivation Sport zu betreiben. Durch die Verwendung von Sensoren, Informations- und Kommunikationstechnologien können neue Wege mit dem Ziel der Motivation zu körperlicher Bewegung und Sport beschritten werden. Auch kommerzielle Computerspiele animieren die Benutzer sich körperlich zu betätigen, indem sie ihre Konsolen mit neuen Technologien ausstatten. Beispielsweise kann mit der Nintendo Wii eine virtuelle Figur durch die Bewegungen des Spielers gesteuert werden. Auch Webportale, die Trainingsprogramme individuell zusammenstellen sind sehr populär. Die Benutzer können ihre bevorzugten Sportarten aussuchen und dadurch virtuellen „Communities“ beitreten, die mit den persönlichen

Vorlieben zusammenpassen. Außerdem kann der Trainingsfortschritt in einem „Blog“ dokumentiert werden. Die hohen Benutzerzahlen und die positive Rückmeldung zeigt, dass diese Webportale die Motivation Sport zu betreiben positiv beeinflussen. Im Präventions- und Rehabilitationssport werden speziell adaptierte Sensoren und kabellose Kommunikationsnetze verwendet. Beispielsweise wird mit Balanceplatten gearbeitet, mit denen die Bewegungen des Benutzers auf einem Bildschirm visualisiert werden, wodurch die Bewegung beurteilt und kontrolliert werden können. Für den Freizeit- und Leistungssport gibt es unterschiedliche Rückmeldungssysteme um den Bewegungsablauf zu verbessern oder um Überbelastungen zu verhindern. Für diese Anwendungen sind einerseits die reaktionslose Messung von biomechanischen und physiologischen Parametern und andererseits die unmittelbare Rückmeldung von ausgewählten Parametern an die trainierende Sportlerin beziehungsweise den trainierenden Sportler. Es gibt Internetplattformen, die die Trainingsdaten sammeln und mit Hilfe von Onlineservices auswerten. Kabellose Systeme ermöglichen die allgegenwärtige Überwachung der Athleten und die unmittelbare Rückmeldung von Trainingstipps. Der „Mobile Motion Advisor“ soll durch die Bewegungsrückmeldung in Zusammenhang mit der interaktiven Kommunikation junge Menschen motivieren aktiver zu Leben.

Der „Mobile Motion Advisor“ ermöglicht durch die interaktive Kommunikationstechnologie spezielle Parameter des Trainings zu evaluieren um so den Trainingszustand zu analysieren und individuelle Rückmeldungen zu geben. Charakteristische Parameter des Trainings einer Gruppe können so laufend betreut werden. Dadurch können die Lehrerinnen und Lehrer mehr Schülerinnen und Schüler individuell betreuen und die Schülerinnen und Schüler bekommen eine Rückmeldung über ihre Bewegungsausführung, was ihnen hilft die Reaktion des Körpers auf physische Belastungen zu interpretieren. Die Leistungen der Schülerinnen und Schüler werden außerdem aufgezeichnet, wodurch eine Analyse der körperlichen Anpassungen nach einer bestimmten Zeit ermöglicht wird. Die positiven Wirkungen von Bewegung und Sport werden dadurch hervorgehoben. Das könnte helfen gesundheitsbewusstes Verhalten zu fördern und die Bereitschaft zu körperlicher Bewegung zu erhöhen. Im speziellen kann ein ausgeklügeltes Regulationssystem physische Belastungen steuern und

demotivierende Erlebnisse aufgrund von Erschöpfung verhindern. Für diesen Zweck werden Sensoren entweder am Körper oder an den Trainingsgeräten montiert, die Werte wie Herzfrequenz, Geschwindigkeit oder Reaktionskräfte messen. Die Messwerte werden dann über ein „Wireless Personal Area Network“ (WPAN) zu einem „Handheld-PC“ – beispielsweise einem Smartphone – geschickt. Anschließend werden die Messdaten über „UMTS“ oder „HSUPA“ zu einem Applikationsserver übertragen. Aufgrund der gesendeten Daten werden dort Trainingsanweisungen generiert und zur trainierenden Person zurückgeschickt. Die Rückmeldung wird entweder automatisch von einer Server Applikation generiert oder individuell von Experten zusammengestellt.

Für die automatische Generierung einer Rückmeldung über die Beinpressbewegung, kann in Zukunft ein künstliches neuronales Netz verwendet werden.

6.1 Neuronale Netze

Um die Funktionsweise eines künstlichen neuronalen Netzes genauer vorzustellen werden hier die Ausführungen und Erklärungen von neuronalen Netzen nach Rey und Wender (2008, S. 15ff) zusammengefasst.

Neuronale Netze erhalten Informationen, verarbeiten diese und geben Informationen aus. Dem Netz werden also zunächst Informationen in Form von Zahlen zur Verfügung gestellt. Während der Informationsverarbeitung werden Lernregeln angewendet. Die Informationen werden dadurch modifiziert und verlassen das Netz durch die Informationsausgabe. Für künstliche neuronale Netze, die auf dem Computer simuliert werden, diente ursprünglich das menschliche Gehirn als Vorbild.

Die Neuronen der neuronalen Netze werden als Units bezeichnet. Sie nehmen Informationen aus der Umwelt oder von anderen Units auf und leiten die modifizierte Information an andere Units oder an die Umwelt weiter.

Die Verbindungen der einzelnen Units bilden Kanten, die den Einfluss aufeinander durch positive, negative, und neutrale Gewichte kennzeichnen.

Durch die Multiplikation von Output und Gewicht kann der Netz-Input errechnet werden, mit dem dann mit Hilfe der Aktivitätsfunktion auf das Aktivitätslevel geschlossen werden kann.

Der Aktivitätslevel wird durch die Identitätsfunktion entweder direkt als Output ausgegeben oder der Output wird durch eine Ausgabefunktion bestimmt.

Das neuronale Netz muss trainiert und getestet werden, bevor es selbstständig Daten auswerten kann. In der Trainingsphase wird dem Netz das Lernmaterial eingeübt und die Gewichte zwischen den Neuronen modifiziert. In der Testphase wird untersucht, ob das Netz aufgrund der modifizierten Gewichte gelernt hat. Dabei werden dem Netz entweder Trainingsreize oder neue Reize präsentiert und es wird überprüft, welchen Output das neuronale Netz berechnet.

Die folgende Untersuchung soll die Messwerte überprüfen und bewerten, damit in weiterer Folge passende Daten zur Verfügung gestellt werden können, um ein neuronales Netz zu entwickeln und zu trainieren.

7 Untersuchung

Der Ablauf der Untersuchung und die technische Umsetzung werden in diesem Kapitel beschrieben.

Die Untersuchung beginnt mit der Information der Probandinnen und Probanden. Das Informationsschreiben und die Einverständniserklärung wird ausgeteilt, von den Probandinnen durchgelesen und ausgefüllt. Anschließend werden offene Fragen und der Versuchsablauf besprochen. Die Probandinnen und Probanden sollen an der Beinpresse mindestens 4 Versuchsdurchgänge absolvieren. Ein Versuchsdurchgang besteht aus 8-12 Einzelwiederholungen. Die Bewegungsausführung wird beschrieben und vorgezeigt. Beim ersten Versuchsdurchgang sollen die Probandinnen und Probanden ein geringes Gewicht verwenden um sich aufzuwärmen. Anschließend werden die Gewichte individuell gewählt.

7.1 Daten

Die Daten, die erhoben werden, sind einerseits die Videodaten, die während der Versuchsdurchgänge erstellt werden, damit die Bewegungsausführung im Nachhinein von Experten analysiert werden kann, und andererseits die Messwerte, die von den an der Beinpresse angebrachten Sensoren stammen. Hier werden die Kraft, der Weg und die Zeit gemessen.

Die Videoanalyse ist ein wichtiger Teil der Untersuchung, damit zu dem abstrakten Datenmaterial, das die Sensoren liefern, eine Bewegungsbeschreibung erstellt werden kann. Dazu wird jeder Versuchsdurchgang gefilmt, anschließend mit Expertinnen und Experten besprochen und eine kurze Beschreibung ausgearbeitet.

Die Kraft ist ein sehr wichtiges Kriterium im Krafttraining, weil nicht nur die Trainingsbelastung stark von der wirkenden Kraft abhängig ist, sondern auch die Belastungen der Gelenke, Sehnen und Bänder. Während der Belastung stehen diese in einem direkten Zusammenhang zur wirkenden Kraft. Ziel ist es, die wirkende Kraft so gering wie möglich zu halten, aber trotzdem einen großen Trainingserfolg zu erreichen. Die Bewegung sollte demnach ohne große

Schwankungen der Kraft ablaufen. Die Bewegungsausführung muss daher gleichmäßig und langsam sein, damit es aufgrund schneller Geschwindigkeitsänderungen oder ruckartigen Bewegungen zu keinen hohen Kraftspitzen kommt.

Aufgrund der Einflüsse von Geschwindigkeitsänderungen auf die Kraft sind der Weg und die daraus berechnete Geschwindigkeit weitere wichtige Werte. Die Wegkurve gibt Aufschluss über den Bewegungsablauf und das Verhalten während der Umkehrbewegung. Sie sollte zu Beginn der Bewegung langsam ansteigen und nachdem sie im Wendepunkt abflacht wieder langsam abfallen. Die Geschwindigkeit sollte sich harmonisch gestalten und im Laufe einer Streckung beziehungsweise Beugung stetig anwachsen und wieder abfallen. In den Wendepunkten hat sie ihre Nulldurchgänge, wobei ein senkrechter Nulldurchgang auf eine ruckartige Bewegung hindeutet.

7.2 Information und Einverständniserklärung

In den Abbildungen 5 und 6 sind die Informationsschreiben und die Einverständniserklärung für die Probanden abgebildet.

MMA Beinpresse
Information für Probanden

Vielen Dank für Ihr Interesse an dem Projekt. Bitte lesen Sie dieses Informationsblatt sorgfältig durch, bevor Sie sich dazu entschließen, als Proband teilzunehmen. Falls Sie sich zu einer Teilnahme entschließen möchte ich Ihnen schon im Vorhinein danken. Falls Sie sich gegen eine Teilnahme entschließen, hat das keinerlei negative Konsequenzen, und ich danke Ihnen, dass Sie Interesse an dem Projekt gezeigt haben.

Was ist das Ziel des Projekts?

Ziel des Projekts ist es, zu untersuchen, welche Kurven bei der Durchführung unterschiedlicher Ausführungsarten einer Übung an der Beinpresse entstehen.

Was für Probanden werden gebraucht?

Es werden Personen ab 18 Jahren gesucht, die gesund sind und bei denen keine Gelenkprobleme in den unteren Extremitäten bestehen.

Was wird von den Probanden verlangt?

Die Probanden sollen 4 mal 8-12 Wiederholungen an der Beinpresse durchführen, wobei das Gewicht selbst gewählt wird.

Können Probanden ihre Meinung ändern und von dem Projekt zurücktreten?

Alle Probanden können ohne Angabe von Gründen jederzeit von der Teilnahme an dem Projekt zurücktreten. Für die Probanden wird das keine negativen Konsequenzen zur Folge haben.

Welche Daten werden gesammelt und wie werden sie verarbeitet?

Die Probanden füllen ein Datenblatt mit persönlichen Angaben wie Alter, Größe, Gewicht und mit den Gewichtsangaben der einzelnen Wiederholungen aus. Außerdem wird der Übungsverlauf durch die Sensoren aufgezeichnet und mit einer Videokamera gefilmt. Die Fragebögen und die Messwerte der Sensoren werden für weitere Untersuchungen aufgehoben. Die Videodaten werden nach Beendigung der Arbeit vernichtet.

Wer kann bei offenen Fragen kontaktiert werden?

Falls Sie jetzt oder in Zukunft Fragen zu dem Projekt haben, wenden Sie sich an

Maria Waltersam, Bakk.rer.nat.

Abteilung für Biomechanik, Bewegungswissenschaft und Sportinformatik

Telefonnummer: 0699 11376703

E-Mail: m_w@gmx.at

Abbildung 5: Informationsschreiben, eigenverfasstes Schreiben der Autorin

Information und Einverständniserklärung

MMA Beinpresse
Einverständniserklärung für Probanden

Ich habe das Informationsblatt für das Projekt sorgfältig gelesen und verstehe worum es in dem Projekt geht. Alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet. Falls zu irgendeinem Zeitpunkt Fragen auftreten weiß ich, an wen ich mich melden kann.

Ich weiß, dass ...

1. ... meine Beteiligung am Projekt vollkommen freiwillig ist.
2. ... ich jederzeit ohne jegliche negative Folgen von der Beteiligung an dem Projekt zurücktreten kann.
3. ... die Daten (Videoaufzeichnungen) nach dem Projekt zerstört werden und alle Rohdaten fünf Jahre sicher aufgehoben werden und danach zerstört werden.
4. ... die Ergebnisse der Studie veröffentlicht werden, aber meine Anonymität bewahrt wird.

Ich bestätige hiermit die Teilnahme an dem Projekt.

.....
(Daten, Unterschrift des Probanden)

Abbildung 6: Einverständniserklärung, eigenverfasstes Schreiben der Autorin

7.3 Erhebung der persönlichen Daten

Zur Erhebung der persönlichen Daten bekamen die Probanden einen in Abbildung 7 ersichtlichen Fragebogen, in den auch die einzelnen Übungsdurchgänge mit Wiederholungsanzahl und Gewicht eingetragen wurden.

Datenblatt

Proband Nr.: _____	Größe: _____ m
Alter: _____ Jahre	Gewicht: _____ kg
Geschlecht: weiblich <input type="checkbox"/>	Erfahrung an der Beinpresse: ja <input type="checkbox"/>
männlich <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>

Versuch 1 kg Wh

Versuch 2 kg Wh

Versuch 3 kg Wh

Versuch 4 kg Wh

Versuch 5 kg Wh

Versuch 6 kg Wh

Abbildung 7: Datenblatt, eigenverfasstes Formular der Autorin

7.4 Technische Umsetzung

An der Beinpresse wurde eine Plattform-Wägezelle der Firma HBM des Typs PW12C3 mit 750 kg und ein Potenziometer DP18 mit Getriebe GP40 der Firma Altmann installiert.



Abbildung 8: Plattform-Wägezelle der Firma HBM
(http://www.hbm.com/uploads/pics/02_weighing_pw12c3.jpg Zugriff am 02.10.2011)

Zum Messen des Druckes bzw. der Druckwerte wird eine Plattform-Wägezelle verwendet. Die eingesetzte Variante ist von der Firma HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH) mit der Bezeichnung PW12C3. Die Messgröße wird über einen Dehnmessstreifen aufgenommen, der die Veränderung des Druckes über einen Aluminiumblock mit spezieller Form, wie in Abbildung 8 gezeigt wird, erkennt. Angeschlossen wird das Element über eine Sechsheiter-Schaltung deren Anschlusskabel eine Länge von 3 Meter aufweist. Befestigt wurde dieser Aluminiumblock mit acht M8 Schrauben um eine gesicherte Lage gewährleisten zu können.

Zur absoluten Positionserfassung der Druckplatte wird ein Getriebepotentiometer der Firma Altmann eingesetzt. Zur Anwendung kommt der Typ GP 40 in kompakter Bauform in einem Aluminiumgehäuse mit einer rostfreien Stahlwelle, die mit einem Nadellager aufgehängt ist. Eine spezielle Rutschkupplung ist als Überlastschutz für das Getriebe integriert. Weiters besitzt das Potentiometer Endanschläge.

Für die Verstärkung der Signale wird ein Brückenverstärker der Firma Dewetron mit der Bezeichnung DAQP-Bridge eingesetzt.

Um das analoge Signal in ein digitales umzuwandeln wird ein Analog-Digital-Wandler der Firma Nation Instruments mit der Bezeichnung USB DAQ-6009 verwendet. Die Auflösung beträgt 14 Bit, somit können die analogen Signale in

über 16000 Stufen aufgeteilt werden. Die Abtastrate von 100 Hertz (Hz) ermöglicht eine Aufzeichnung von 100 Werten pro Sekunde.

Die LabVIEW Development System 2011 Anwendung wurde von der Abteilung für Biomechanik, Bewegungswissenschaft und Sportinformatik zusammengestellt, die die Daten filtert und automatisch abspeichert. Die Dateien können dann mit dem Programm Microsoft Office Excel 2007 geöffnet und weiterverarbeitet werden.

7.5 Datenverarbeitung

Die persönlichen Daten aus den Datenblättern wurden statistisch in SPSS Statistics 17.0 ausgewertet, um einen Überblick über die Probandinnen und Probanden zu erhalten.

Die Filterung der Daten wurde direkt in einer LabView2011-Anwendung vorgenommen, die von der Abteilung für Biomechanik, Bewegungswissenschaft und Sportinformatik entwickelt, und im Microsoft Office Excel 2007 weiterverarbeitet wurde. Hier werden aus der Zeit t in Sekunden s , der Kraft F in Newton N und dem Weg s in Metern m der Weg in Millimeter mm und die Geschwindigkeit v in Meter pro Sekunde m/s berechnet.

In Tabelle 6 sind die verwendeten Formeln ersichtlich:

Tabelle 4: Formeln zur Berechnung der Kurven

Formeln	
Geschwindigkeit	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
Weg in mm	$Weg[mm] = Weg[m] \times 1000$

Nach der Berechnung der notwendigen Größen wurden alle Versuchsdurchgänge grafisch dargestellt. In beiden Diagrammen wurde der Weg dargestellt, um den Bewegungsablauf nachvollziehen zu können. Das eine Diagramm zeigt die Kraft F in Newton N und den Weg s in Millimeter mm , das Andere die Geschwindigkeit v in Meter pro Sekunde m/s und den Weg s in Meter m .

Das entstandene Video wurde mit dem Programm Solveig Multimedia AVITrimmer in kleine Videos geschnitten und den Probandinnen und Probanden zugeordnet.

Die Spezialistinnen und Spezialisten analysierten die Bewegungsausführung der Probandinnen und Probanden. Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen Video und Messdaten überprüft. Dazu wurden von jeder Probandin und jedem Probanden eine Einzelwiederholung ausgesucht und das Kurzvideo mit den dazu passenden Diagrammen verglichen.

Um eine erweiterte Analyse der Messdaten vornehmen zu können wurden die höchsten und niedrigsten Punkte der Einzelwiederholungen erhoben. So konnte die durchschnittliche Dauer einer Streckung und einer Beugung der einzelnen Probandinnen und Probanden erhoben werden. Außerdem wurden die Punkte bei den unterschiedlichen Versuchsdurchgängen verglichen.

8 Datenauswertung

In Tabelle 5 sind die Werte aus den Datenblättern angeführt. Die Daten wurden statistisch in SPSS Statistics 17.0 ausgewertet.

Tabelle 5: Werte aus den Datenblättern der Probandinnen und Probanden

Proband Nr.	Alter	Geschlecht	Größe	Masse	Erfahrung	Masse [kg]					
						Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
1	22	w	1,62m	49kg	nein	30	40	40	50	60	
2	30	m	1,72m	66kg	ja	110	120	110	100		
3	22	w	1,63m	46kg	ja	40	50	60	70		
4	27	w	1,68m	55kg	ja	50	70	80	90		
5	21	m	1,80m	73kg	ja	120	100	90	90		
6	21	w	1,80m	63kg	ja	60	60	60	60		
7	23	m	1,73m	80kg	nein	40	60	60	80		
8	24	m	1,76m	72kg	nein	40	60	90	120		
9	27	m	1,78m	71kg	nein	40	60	60	70		
10	24	m	1,72m	79kg	ja	50	100	110	120		
11	25	m	1,90m	72kg	nein	50	70	100	120	140	
12	31	w	1,62m	43kg	nein	30	30	30	30		
13	27	m	1,93m	85kg	nein	40	60	70	80	100	120
14	25	w	1,64m	51kg	nein	40	40	40			
15	20	w	1,62m	49kg	ja	40	40	40			

Wie in den Tabelle 6 und 7 ersichtlich ist, haben 7 Probandinnen und 8 Probanden an dem Projekt mitgewirkt. Es wurden durchschnittlich 4,13 Versuche durchgeführt, wobei zwei mal 3, 10 mal 4, zwei mal 5 und einmal 6 Versuche durchgeführt worden sind. Acht Probanden hatten keine Erfahrung an der Beinpresse, sieben waren erfahren, wobei die Erfahrung nicht genauer spezifiziert wurde.

Aus den Auswertungstabellen ist zu lesen, dass die Probandinnen eine durchschnittliche Größe von 1,65m aufwiesen, wobei die kleinste Probandin 1,62m und die größte 1,80m war. Die durchschnittliche Masse betrug 50,86kg, wobei die leichteste Probandin 43kg, die schwerste 63kg wog. Im Durchschnitt waren die Probandinnen 24 Jahre alt, wobei die jüngste Probandin 20 und die älteste 31 Jahre alt war.

Tabelle 6: Größe, Masse und Alter der Probandinnen

Deskriptive Statistik Geschlecht = weiblich					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Größe	7	1,62	1,80	1,6586	,06594
Masse	7	43	63	50,86	6,543
Alter	7	20	31	24,00	3,916
Gültige Werte (Listenweise)	7				

Die männlichen Probanden waren zwischen 1,72m und 1,93m groß, wobei sie im Durchschnitt 1,79m groß waren. Im Durchschnitt wogen die männlichen Probanden 74,75kg, wobei der leichteste 66kg und der schwerste 85kg wog. Das durchschnittliche Alter betrug bei den männlichen Probanden 25,13 Jahre, wobei der jüngste 21 Jahre und der älteste 30 Jahre alt war.

Tabelle 7: Größe, Masse und Alter der Probanden

Deskriptive Statistik Geschlecht = männlich					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Größe	8	1,72	1,93	1,7925	,08120
Masse	8	66	85	74,75	6,089
Alter	8	21	30	25,13	2,800
Gültige Werte (Listenweise)	8				

Der Zusammenhang zwischen Körpergröße und Bewegungsumfang wurde in einem Streudiagramm in Abbildung 9 überprüft.

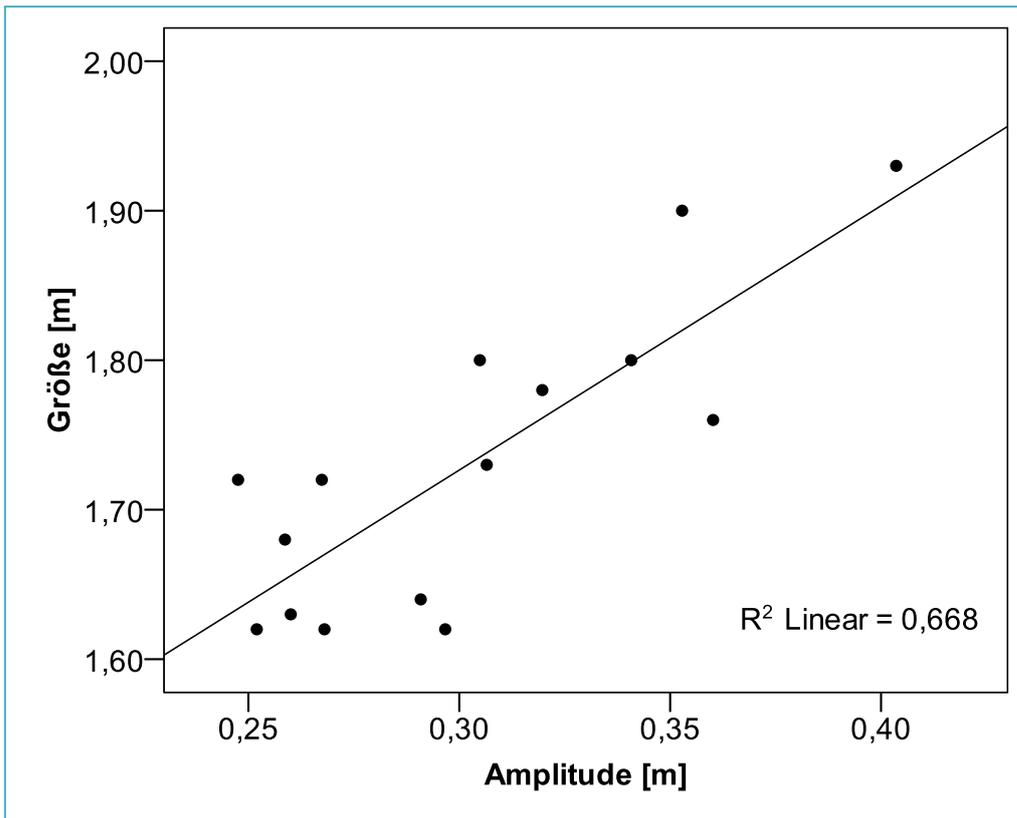


Abbildung 9: Streudiagramm

Die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson soll die Stärke des Zusammenhangs prüfen. Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der Bewegungsamplitude von 0,817 bei einer Signifikanz von 0,000. Demnach ist die Bewegungsamplitude umso weiter, je größer eine Person ist.

Die Zeit für eine Streckung und eine Beugung sollte bei traditionellem Krafttraining wie in Kapitel 3.1.3.1 erwähnt, jeweils ein bis zwei Sekunden betragen. Bei der Beinpresse würde das eine Bewegungsgeschwindigkeit zwischen 0,16m/s und maximal 0,32m/s zur Folge haben, wobei die Bewegung vor allem im Anfängerbereich, wie in Kapitel 3.1.3 erwähnt, eher langsam und ruhig ausgeführt werden soll.

8.1 Einzelauswertung

Im Folgenden werden die einzelnen Parameter der Untersuchung ausgewertet.

Die Videodaten der einzelnen Probanden wurden aufbereitet und gemeinsam mit einem Sportwissenschaftler, der im Gesundheitssport tätig ist, sowie einer Physiotherapeutin ausgewertet.

Die einzelnen Kriterien, die zu bewerten waren, sind Bewegungsgeschwindigkeit, Umkehrverhalten, Bewegungsamplitude und die Stabilität der Beinachse. Die Bewegungsgeschwindigkeit, das Umkehrverhalten und die Bewegungsamplitude wurden gewählt, weil sie sowohl in den Videodaten ersichtlich sind als auch in den Messdaten aufbereitet werden. Außerdem sind diese Parameter wichtig, um die Bewegungsausführung zu beurteilen.

Der Vergleich der Videoanalyse mit den aufbereiteten Messdaten in grafischer Form soll zeigen, dass die Bewegung nicht nur durch die Videoaufzeichnung von einer Spezialistin oder einem Spezialisten zu analysieren ist, sondern auch in den Messdaten erkennbar ist. Die Stabilität der Beinachse wird nur in der Videoanalyse erwähnt, weil sie ein wichtiges Kriterium für eine gute Ausführung der Beinpressbewegung ist.

Wie in den vorangehenden Kapiteln erarbeitet sollte die Bewegungsgeschwindigkeit langsam, aber kontinuierlich sein, das Umkehrverhalten sollte ruhig sein, aber die Bewegung nicht zum Stillstand gelangen, und die Bewegungsamplitude sollte möglichst groß sein, allerdings sollten die Knie nicht ganz durchgestreckt werden.

Bei der Analyse der Messdaten wurden die Daten einerseits in Kurvenform dargestellt und bewertet, andererseits die höchsten und niedrigsten Werte verwendet, um eine erweiterte Analyse der Daten zu ermöglichen.

Im Folgenden werden die Videoaufzeichnungen der einzelnen Probandinnen und Probanden analysiert, das Video in Zusammenhang mit den Daten gebracht und die ausgewerteten Daten der Sensoren dargestellt und erklärt.

8.1.1 Probandin 1

Probandin 1 ist 22 Jahre alt, 1,62m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.1.1 Videoanalyse

Die Bewegungsgeschwindigkeit ist generell zu schnell, wobei einige Wiederholungen schneller und einige langsamer sind. Der Bewegungsablauf der Streckung verläuft kontinuierlich, allerdings ist die Beugung unruhig. Die Umkehrbewegung in der Beugung ist gut, aber die Umkehrbewegung in der Streckung ist etwas zu ruckartig. Der Beginn der Beugung ist schneller, dann wird das Gewicht aufgefangen. Die Beinachsen müssen noch gefestigt werden, allerdings kippen die Knie nicht grob nach innen oder außen. Die Bewegungsamplitude ist unregelmäßig, weil die Streckung oft frühzeitig abgebrochen wird.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildung 10 und 11 dargestellt ist, ist die Streckung etwas langsamer als die Beugung. Die Bewegung – sowohl die Streckung als auch die Beugung – sollte etwas langsamer ausgeführt werden und die Umkehrbewegung in der Streckung etwas ruhiger.

8.1.1.2 Messdaten

Die Abbildungen 10 und 11 zeigen die Entwicklung der Kraft, des Weges und der Geschwindigkeit. Während der Umkehrbewegung in der Streckung ist ein kleiner Krafteinbruch zu sehen, was darauf hinweist, dass die Bewegung zu schnell umgekehrt wird. Die Geschwindigkeit bewegt sich allerdings nicht viel über 0,3m/s.

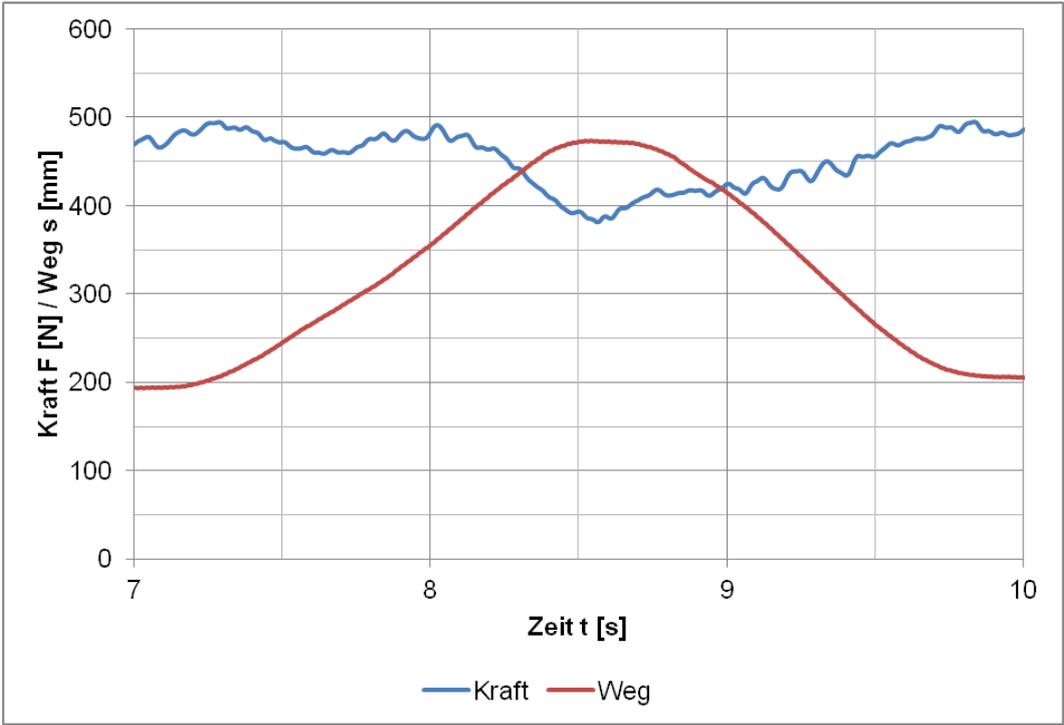


Abbildung 10: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 1



Abbildung 11: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 1

8.1.1.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Vergleicht man das Ergebnis der Videoanalyse mit den Kurven wird bei beiden Methoden erkannt, dass die Bewegung zu schnell ist. Vor allem bei der Umkehrbewegung ist im Video sichtbar, dass sie zu ruckartig ist, was die Kraftkurve auch deutlich zeigt.

8.1.1.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 12 sind die durchschnittlichen Zeiten der Streckungen und Beugungen grafisch dargestellt. Die Bewegungsgeschwindigkeiten variieren stark untereinander.

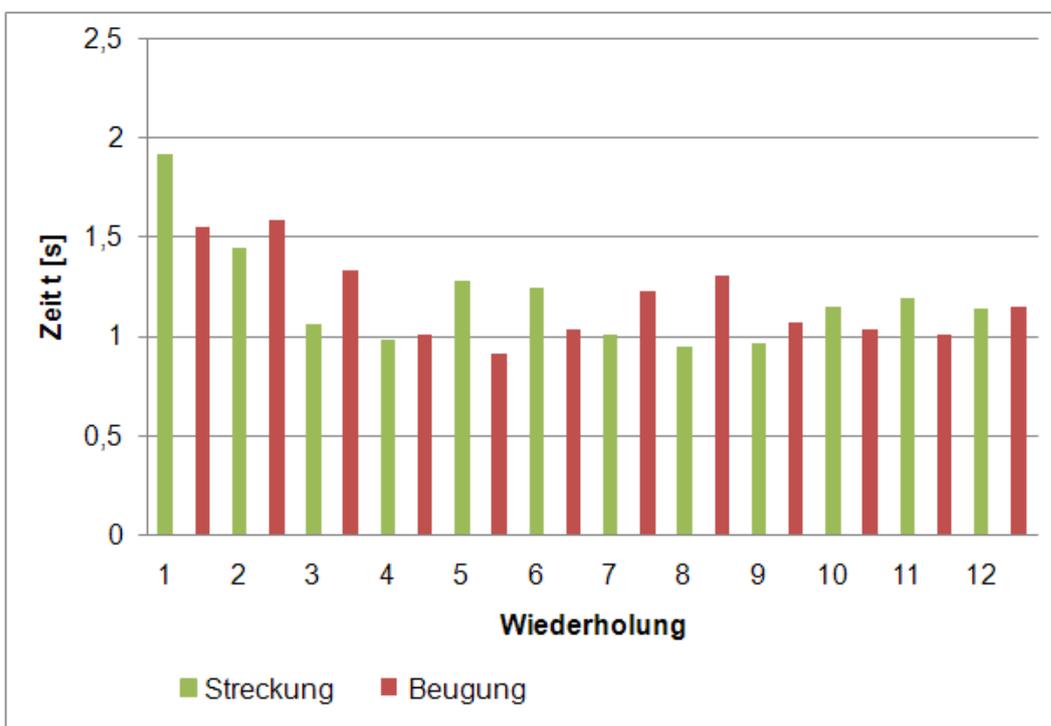


Abbildung 12: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 1

In Abbildung 13 wird die Bewegungsamplitude dargestellt. Hier werden von allen Versuchsdurchgängen der Probandin die niedrigsten und höchsten Werte bei jeder Wiederholung dargestellt. Es ist zu sehen, dass sich die Amplitude abwechselt und die jeweiligen Versuchsdurchgänge voneinander abweichen.

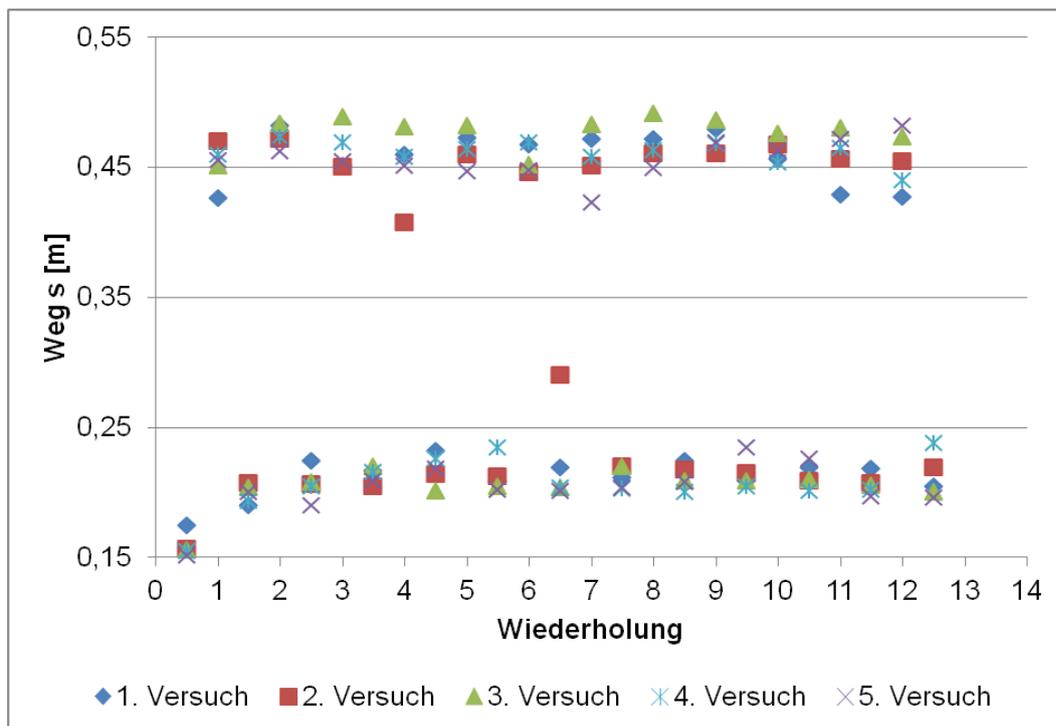


Abbildung 13: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 1

8.1.2 Proband 2

Proband 2 ist 30 Jahre alt, 1,72m groß und hat Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.2.1 Videoanalyse

Der Proband führt die Bewegung zu schnell aus, wobei sie kontinuierlich verläuft. In der Streckung ist die Umkehr sehr schnell, in der Beugung ist die Umkehrbewegung etwas langsamer. Die Bewegungsamplitude ist schwer zu beurteilen, da die Bewegung so schnell ist. Zu beachten ist, dass die Beugung etwas stärker ausfallen könnte. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 14 und 15 dargestellt ist, ist zu erkennen, dass die Streckung etwas langsamer als die Beugung ist. Allerdings sind alle Bewegungen zu schnell und ruckartig.

8.1.2.2 Messdaten

In den Abbildungen 14 und 15 werden die Kurven des Weges, der Kraft und der Geschwindigkeit einer Einzelwiederholung beispielhaft dargestellt. Die Kraftkurve zeigt in der Umkehrbewegung von der Streckung zur Beugung einen starken

Einbruch. Dieser Einbruch kann mit der Geschwindigkeit der Bewegung in Zusammenhang gebracht werden, weil die Geschwindigkeit in der Streckbewegung bis zu 0,5m/s und in der Beugebewegung sogar bis zu 0,6m/s anwächst.

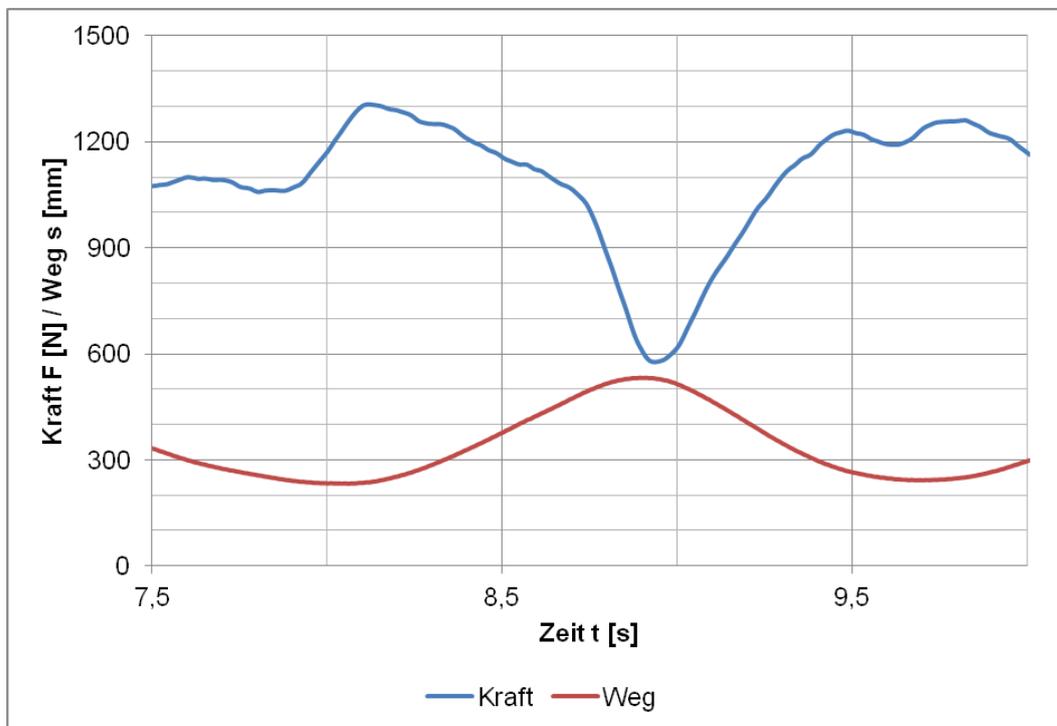


Abbildung 14: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 2

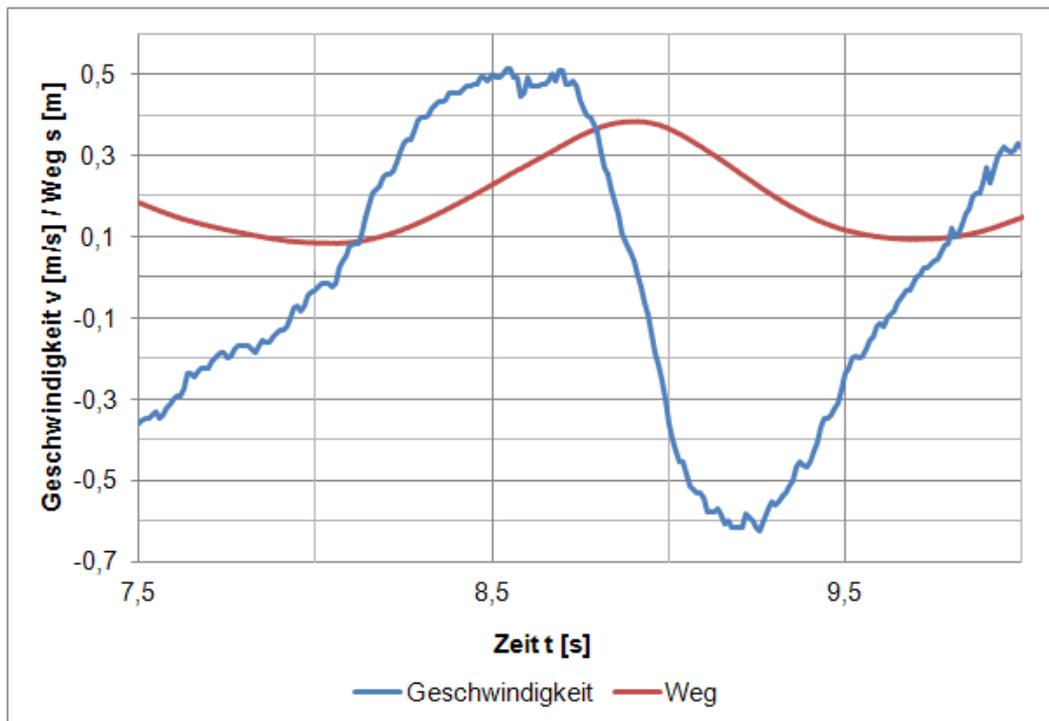


Abbildung 15: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 2

8.1.2.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Sowohl in der Videoanalyse als auch in den Messdaten ist die Bewegungsgeschwindigkeit als zu hoch erkennbar. Die große Bewegungsgeschwindigkeit ist auch der Grund dafür, dass die Umkehrbewegung so schnell ist, dass ein starker Abfall der Kraft auftritt.

8.1.2.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 16 wird die durchschnittliche Dauer der Steckungen und der Beugungen dargestellt. Die Beugungen und die Streckungen dauern unterschiedlich lang – es ist kein Muster zu erkennen.

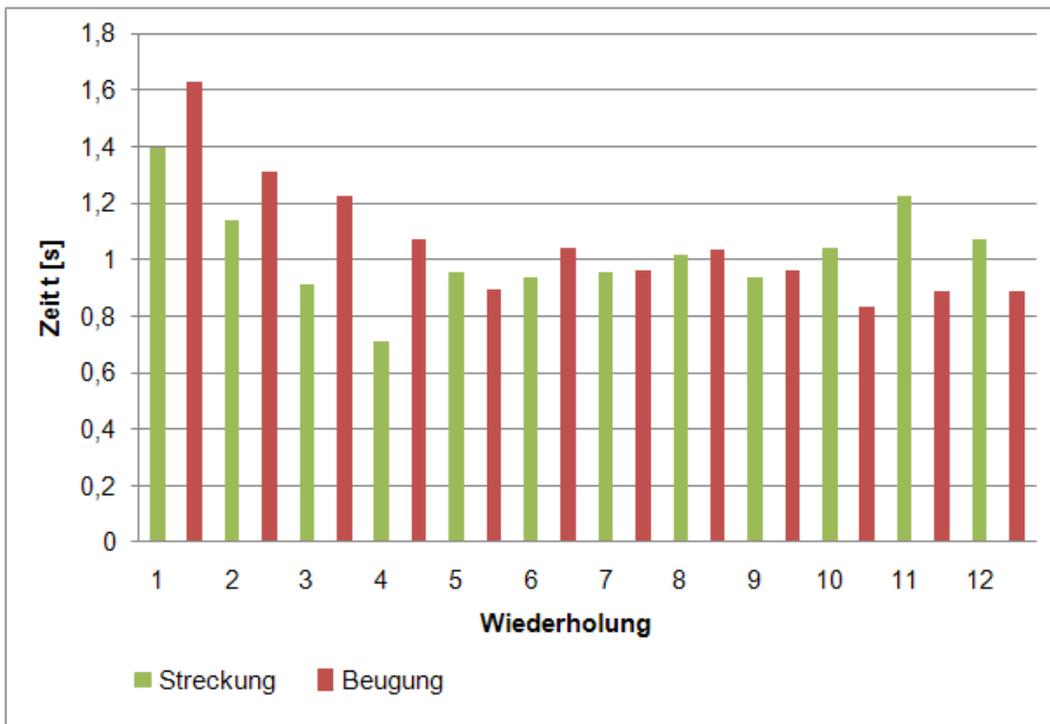


Abbildung 16: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 2

Abbildung 17 zeigt die Bewegungsamplitude der einzelnen Versuchsdurchgänge. Hier ist zu erkennen, dass die Bewegungen in ihrer Weite sehr unterschiedlich sind.

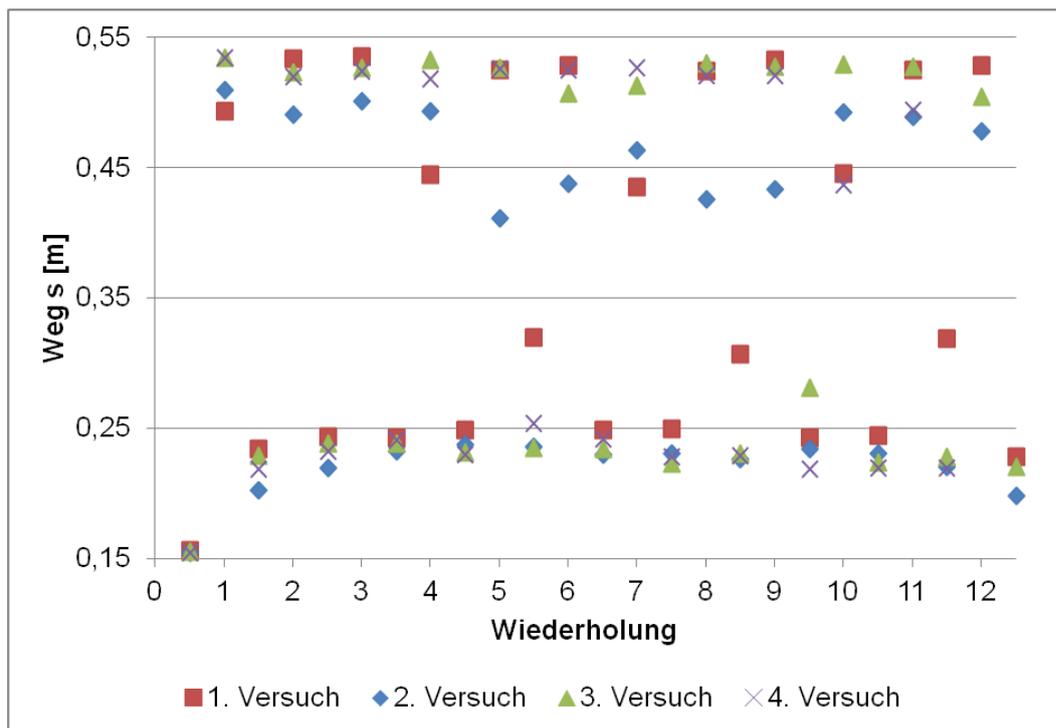


Abbildung 17: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 2

8.1.3 Probandin 3

Probandin 3 ist 22 Jahre alt, 1,63m groß und hat Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.3.1 Videoanalyse

Die Bewegung ist grundsätzlich zu schnell ausgeführt. Die Streckung ist schneller als die Beugung, wobei vor allem der Beginn der Streckung rasch ausgeführt wird. Die Umkehr in der Streckung ist schnell, die Umkehr in der Beugung ist etwas ruhiger. Die Beugung wird kontinuierlich ausgeführt. Die Bewegungsamplitude ist weit und die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt ist, so ist die Streckung und Beugung gleichschnell. Die Umkehrbewegung in der Streckung ist etwas zu schnell. Die Bewegung sollte generell ruhiger ausgeführt werden.

8.1.3.2 Messdaten

In den Abbildungen 18 und 19 sind die Kraft-, Weg und Geschwindigkeitsverläufe einer Einzelwiederholung abgebildet. In der Kraftkurve ist zu erkennen, dass es zu

Beginn der Streckung zu einem Kraftanstieg kommt, zu Beginn der Beugung zu einem leichten Krafteinbruch. Die Geschwindigkeit ist an diesen Punkten am höchsten. Sowohl am Beginn der Streckung als auch am Beginn der Beugung steigt die Geschwindigkeit auf über 0,3m/s an.

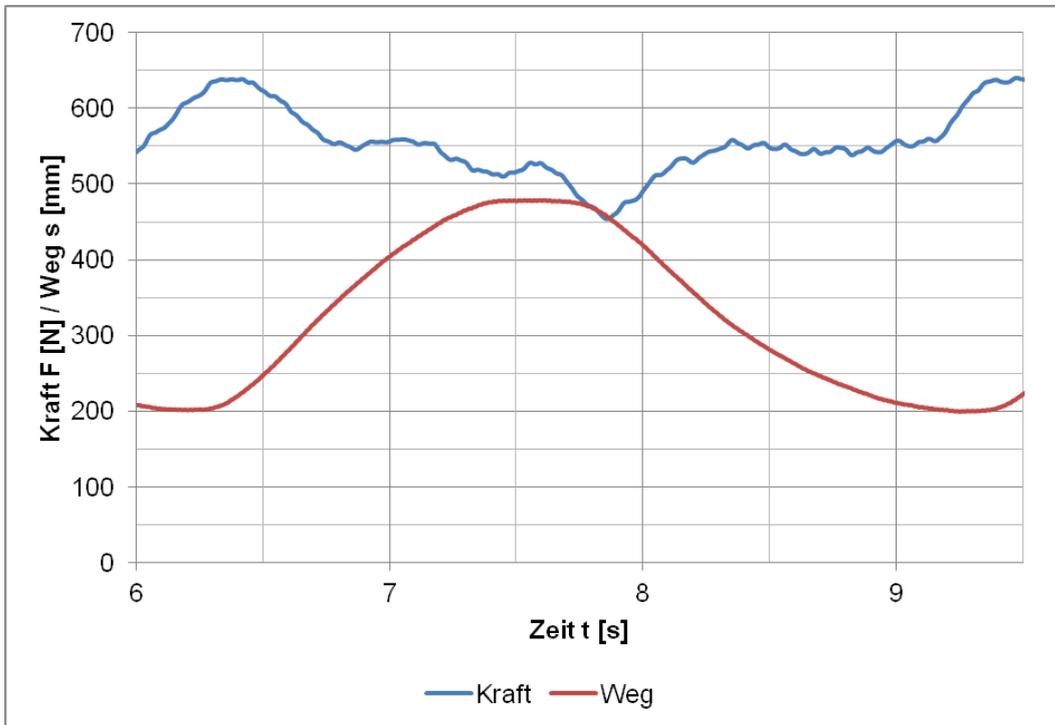


Abbildung 18: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 3

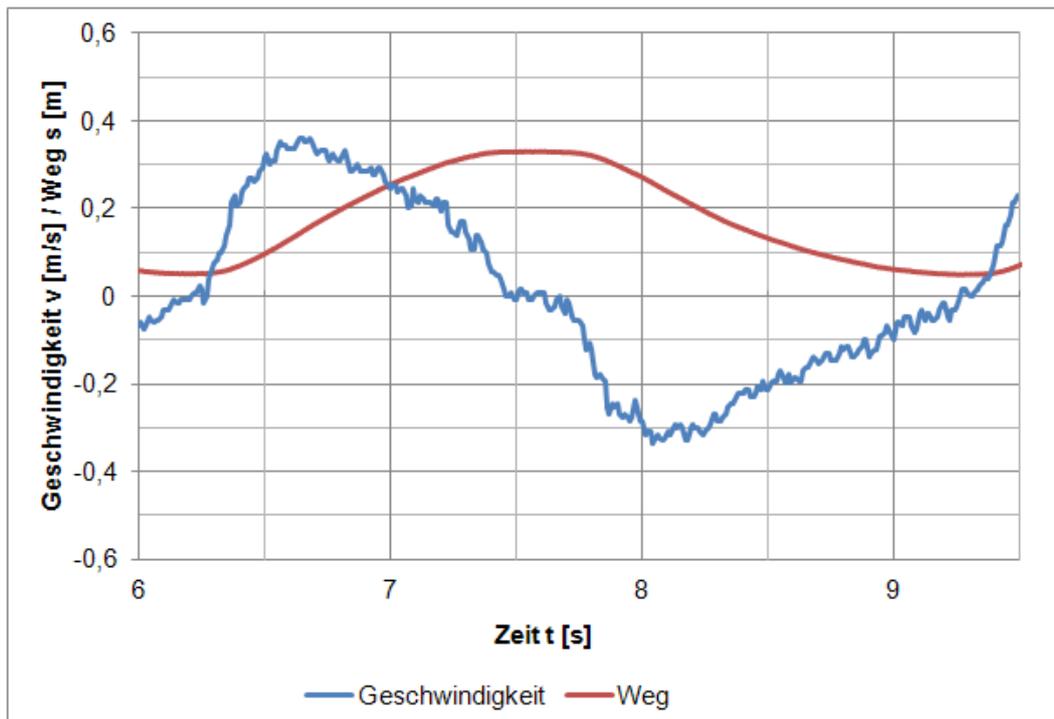


Abbildung 19: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 3

8.1.3.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Sowohl das Video als auch die Messdaten weisen auf eine zu schnelle Bewegung hin. In der Wegkurve ist ersichtlich, dass die Umkehrbewegung – wie auch in der Videoanalyse beschrieben – zu schnell ist. Zusätzlich zeigt der Kraftverlauf einen geringeren Kraftabfall am Beginn der Beugung.

8.1.3.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 20 ist die durchschnittliche Dauer der einzelnen Streckungen und Beugungen dargestellt. Die einzelnen Dauern variieren stark untereinander. Es ist zu erkennen, dass die Beugungen etwas mehr Zeit brauchen als die Streckungen, was darauf hinweist, dass die Streckungen schneller als die Beugungen ausgeführt werden.

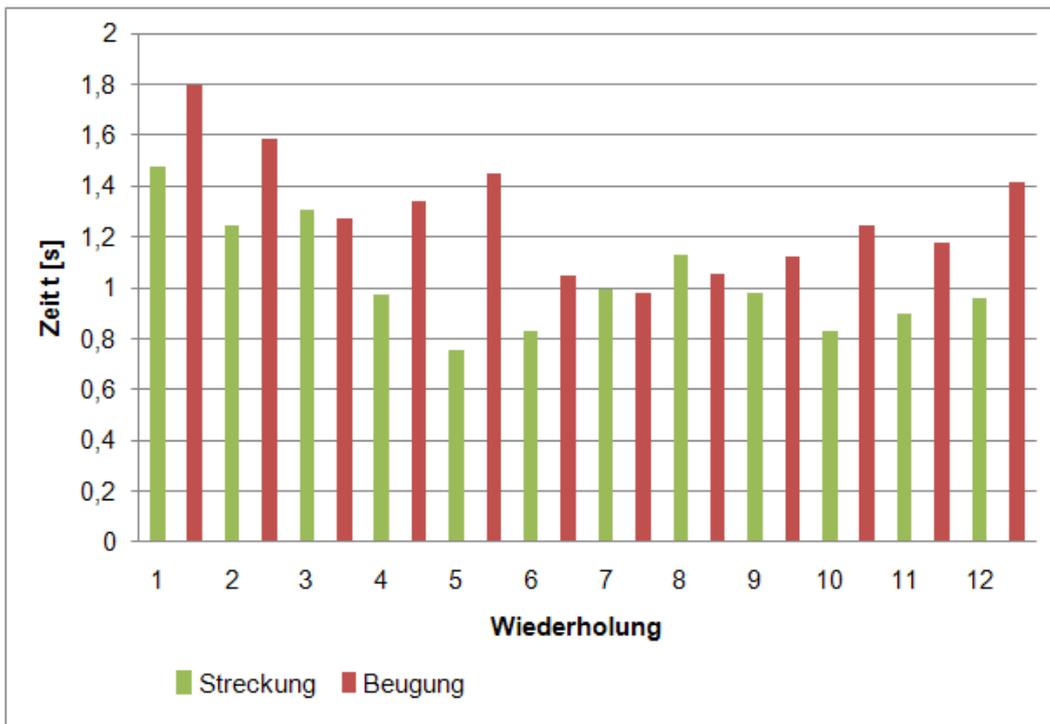


Abbildung 20: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 3

In Abbildung 21 sind die Bewegungsamplituden der einzelnen Versuche abgebildet. Hier ist zu erkennen, dass die Amplituden unregelmäßig weit ausfallen.

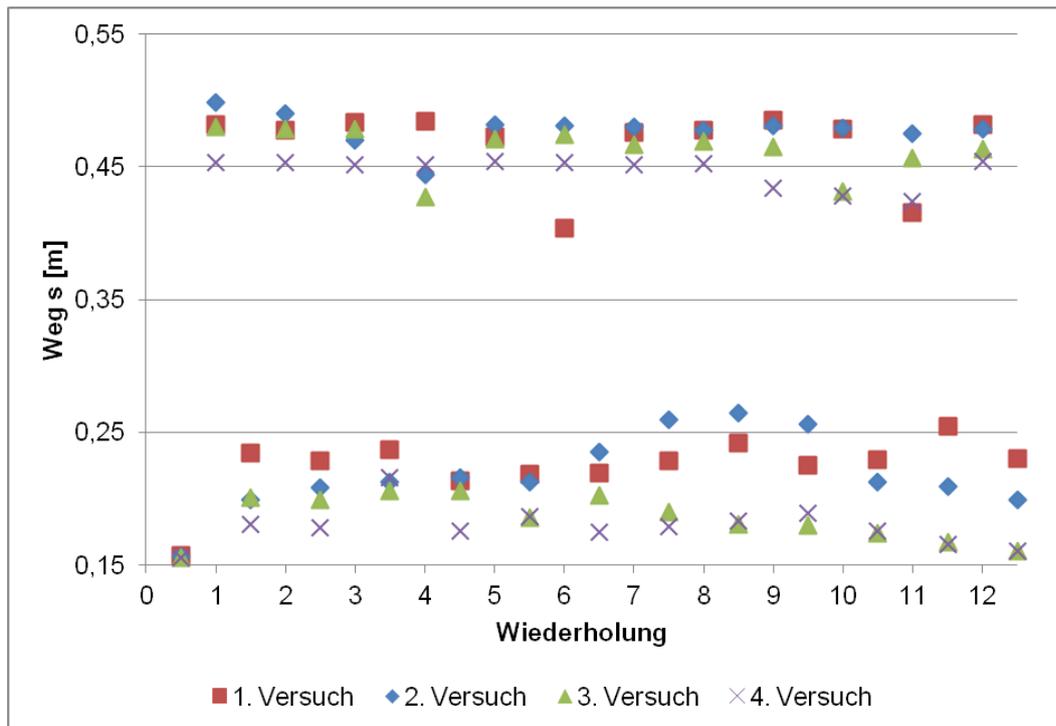


Abbildung 21: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 3

8.1.4 Probandin 4

Probandin 4 ist 27 Jahre alt, 1,68m groß und Erfahren an der Beinpresse.

8.1.4.1 Videoanalyse

Die Bewegungsgeschwindigkeit ist ruhig, wobei die Streckung etwas zu schnell ausgeführt wird. Die Streckung wird teilweise zu lange gehalten, wodurch die Umkehrbewegung in der Streckung etwas kantig ausfällt. In der Beugung verläuft die Umkehrbewegung gleichmäßig. Die Bewegungsamplitude ist weit und regelmäßig, die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in Abbildung 22 und 23 dargestellt ist, so ist die Bewegung ruhig und langsam durchgeführt, die Umkehrungen sind kontrolliert.

8.1.4.2 Messdaten

In den Abbildungen 22 und 23 ist zu sehen, dass der Weg gleichmäßig ansteigt und abfällt. Die Kraftkurve weist keine großen Schwankungen auf. Am Beginn der

Beugung entsteht eine kleine Entlastung. Die Geschwindigkeit gibt die langsame Bewegung wieder, wobei die Geschwindigkeit selten über 0,25m/s anwächst.

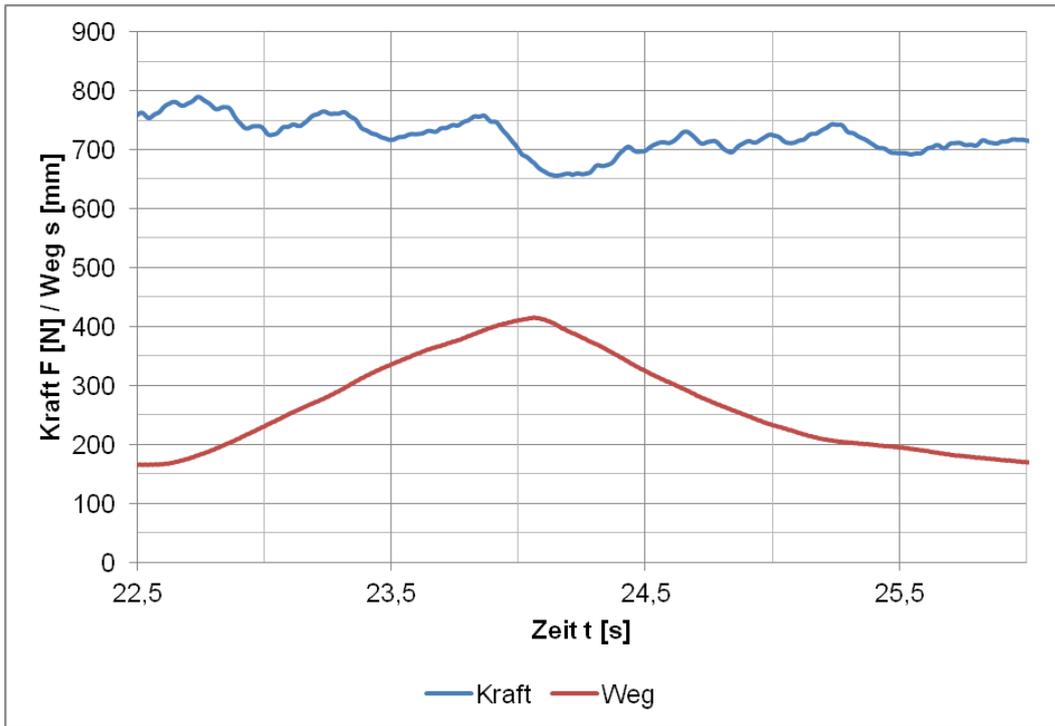


Abbildung 22: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 4



Abbildung 23: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 4

8.1.4.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Sowohl die Videoanalyse als auch die Messdaten zeigen, dass die Bewegung langsam und kontrolliert ausgeführt wird.

8.1.4.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 24 sind die Durchschnittszeiten der einzelnen Streckungen und Beugungen abgebildet. Die Streckbewegungen sind kürzer als die Beugebewegungen.

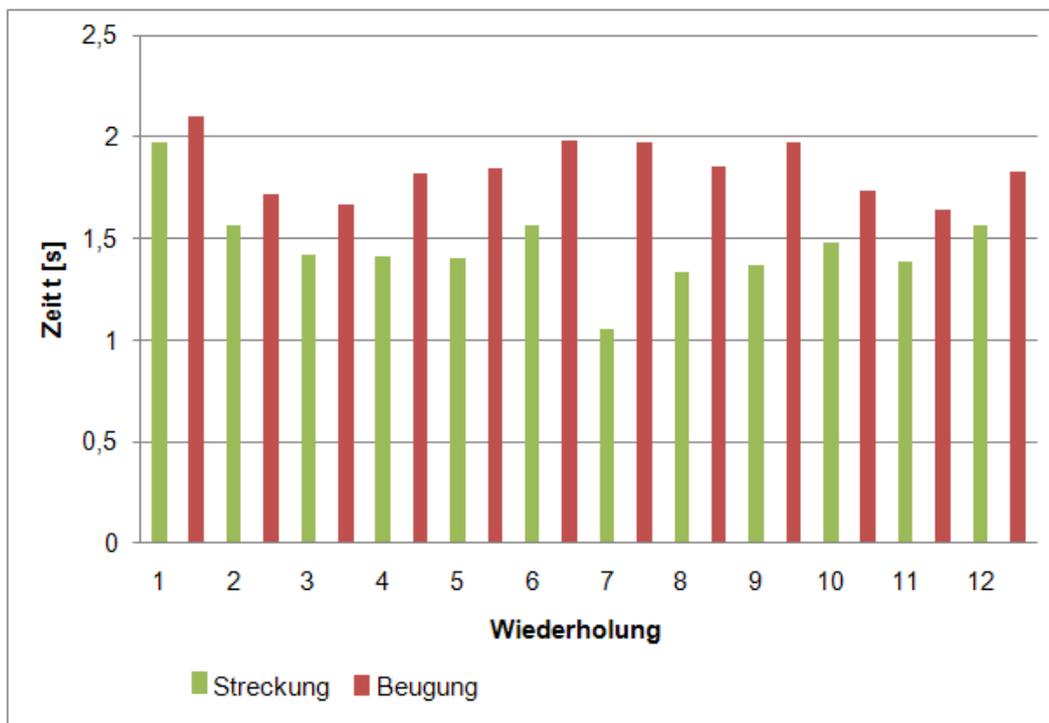


Abbildung 24: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 4

In Abbildung 25 ist die Bewegungsamplitude der einzelnen Versuchsdurchgänge dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass die unterschiedlichen Einzelwiederholungen und Versuchsdurchgänge einander sehr ähnliche sind. Die Punkte weichen nur gering voneinander ab.

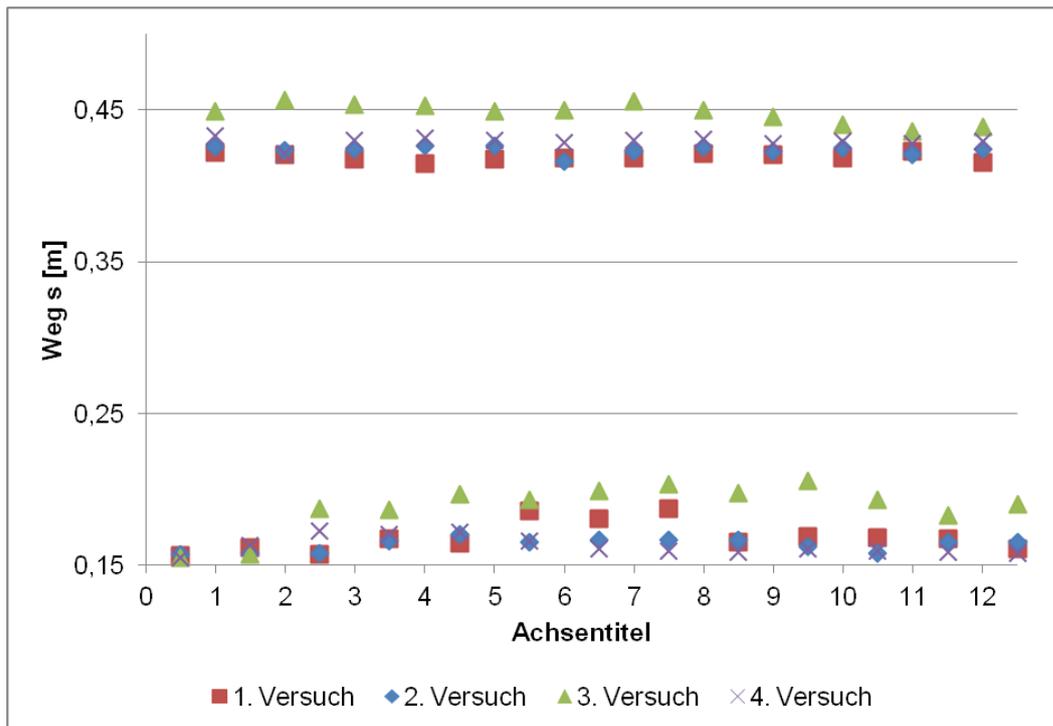


Abbildung 25: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 4

8.1.5 Proband 5

Proband 5 ist 21 Jahre alt, 1,80m groß und hat Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.5.1 Videoanalyse

Die Bewegung wird langsam und gleichmäßig ausgeführt, beinahe zu langsam. Streckung und Beugung verlaufen gleich schnell. Sowohl die Umkehrbewegung in der Streckung als auch in der Beugung ist harmonisch und ruhig. Die Bewegungsamplitude ist groß und gleichmäßig. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 26 und 27 dargestellt sind, ist die Bewegung sehr langsam und regelmäßig ausgeführt

8.1.5.2 Messdaten

In Abbildung 26 ist anhand der Wegkurve zu erkennen, dass die Bewegung sehr langsam ausgeführt wurde und die Umkehrbewegung sehr gleichmäßig verläuft. Die Kraftkurve stellt sich als regelmäßig dar, was auf eine gleichmäßige Belastung schließen lässt.

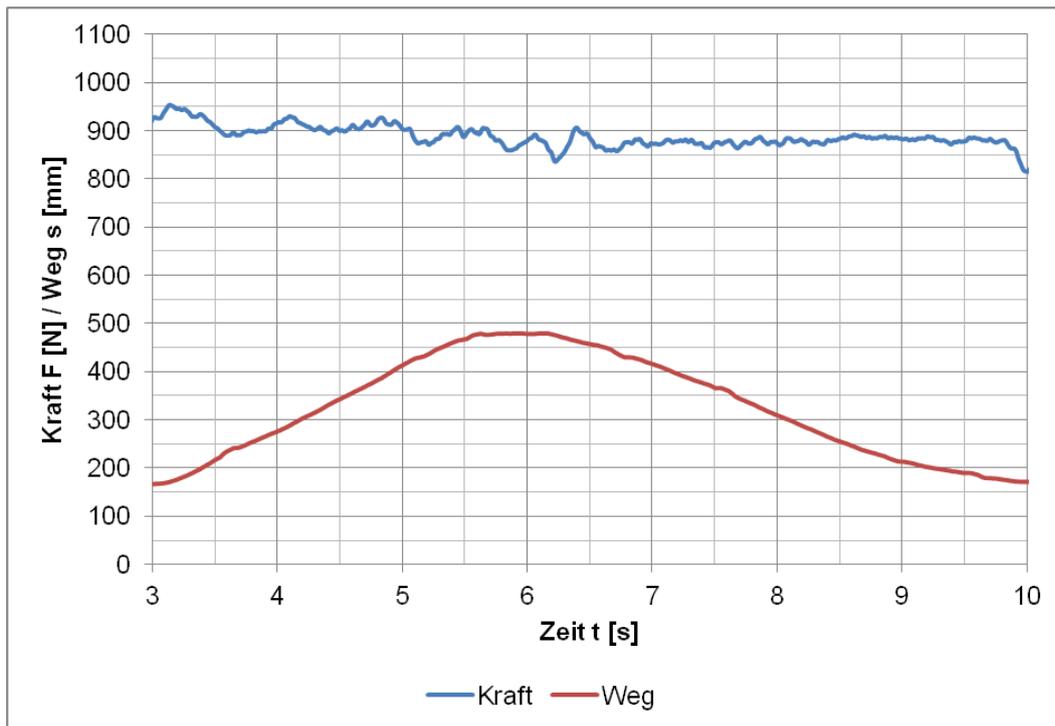


Abbildung 26: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 5

In Abbildung 27 steigt die Geschwindigkeit des Bewegungsablaufes selten über 0,15m/s. In der Umkehrbewegung ist die Geschwindigkeitskurve sehr flach, was zeigt, dass die Bewegung sehr ruhig ausgeführt ist.

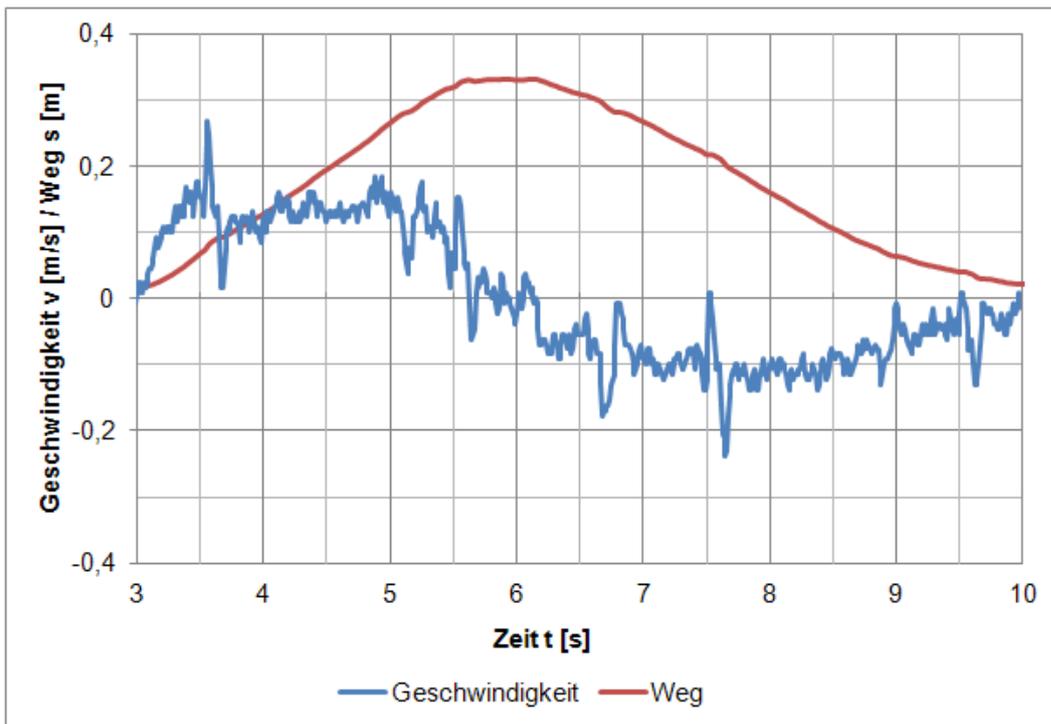


Abbildung 27: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 5

8.1.5.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Sowohl im Video als auch in den Messdaten ist zu erkennen, dass die Bewegung sehr langsam ausgeführt ist. Die Umkehrungen sind harmonisch, die Geschwindigkeit sehr langsam und die Kraftkurve zeigt keine Einbrüche.

8.1.5.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 28 wird die durchschnittliche Zeit für die unterschiedlichen Beugungen und Streckungen abgebildet. Die Bewegung verläuft zu Beginn des Versuchsdurchgangs langsamer und wird gegen Ende hin etwas schneller. Allerdings ist die Bewegung bis zum Schluss insgesamt sehr langsam.

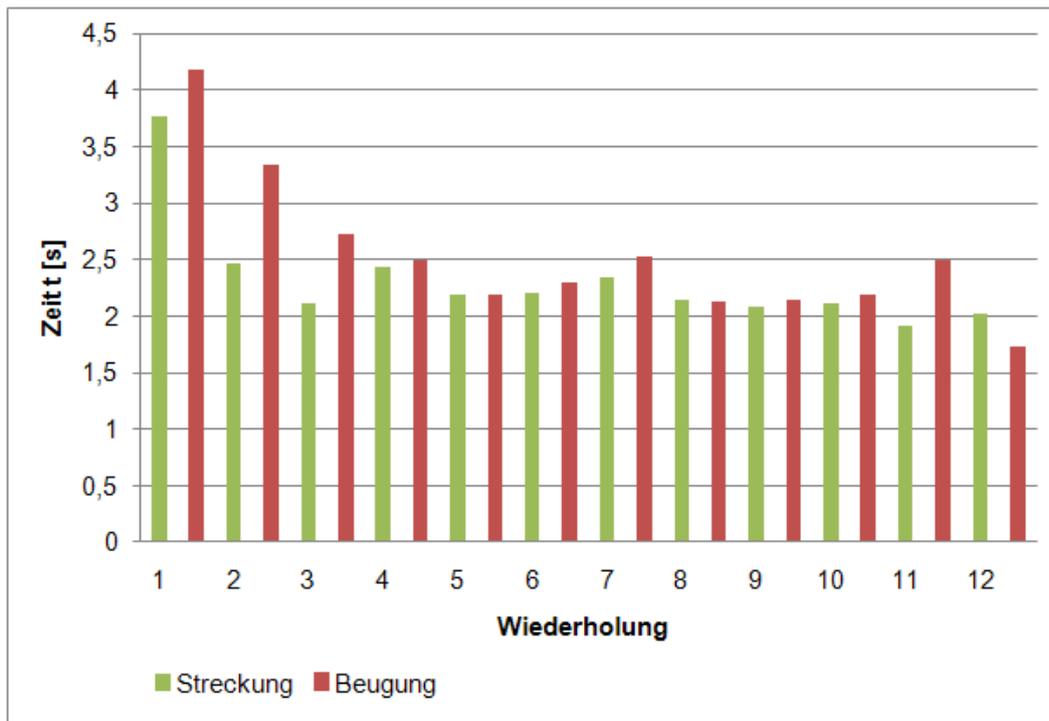


Abbildung 28: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 5

In Abbildung 29 wird die Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuche dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass der Bewegungsumfang während den Versuchsdurchgängen ähnlich sind.

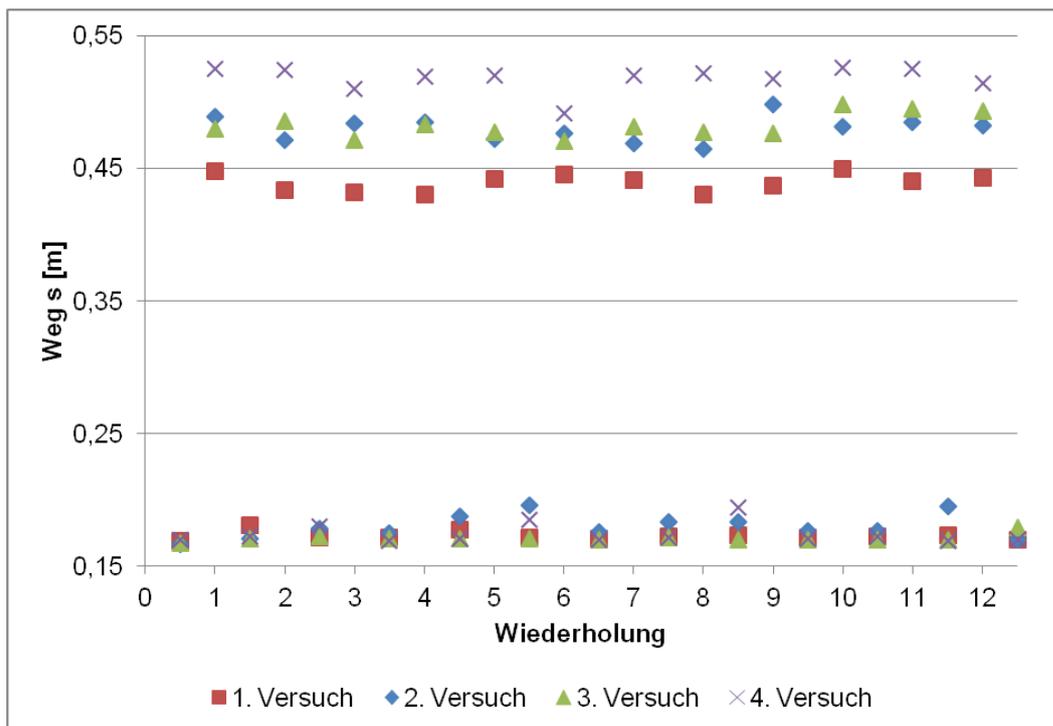


Abbildung 29: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 5

8.1.6 Probandin 6

Probandin 6 ist 21 Jahre alt, 1,80m groß und verfügt über Erfahrungen an der Beinpresse.

8.1.6.1 Videoanalyse

Die Probandin führt die Bewegung ruhig aus, die Bewegungsgeschwindigkeit der Einzelwiederholungen ist aber unregelmäßig, sodass eine Wiederholung langsamer und eine schneller ist. Die Umkehrbewegungen werden schnell, aber gleichmäßig ausgeführt. Die Bewegungsamplitude ist nur manchmal unregelmäßig und die Beinachse leicht instabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 30 und 31 dargestellt ist, ist zu erkennen, dass die Streckung kontrolliert ausgeführt wird, der Beginn der Beugung ist allerdings unruhig. Die Geschwindigkeit könnte etwas geringer ausfallen.

8.1.6.2 Messdaten

In Abbildung 30 sind der Weg und die Kraft während einer Einzelwiederholung dargestellt. Am Weg ist zu erkennen, dass die Bewegung gleichmäßig und ruhig ausgeführt wurde. Die Kraftkurve zeigt in der Streckung einen Einbruch, was auf eine Entlastung in der Streckung hinweist.

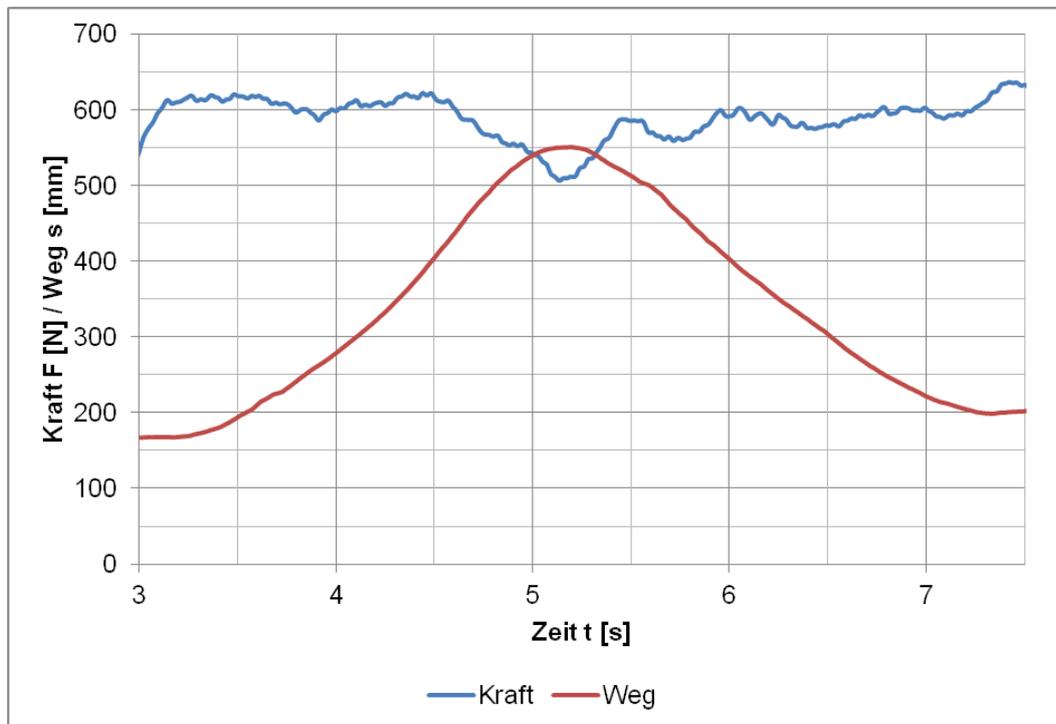


Abbildung 30: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 6

Abbildung 31 zeigt zusätzlich zum Weg auch die Geschwindigkeit des Bewegungsablaufes an. Die Geschwindigkeit steigt hier während der Streckung und während der Beugung leicht über 0,3m/s.



Abbildung 31: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 6

8.1.6.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Vergleicht man die Videoanalyse mit den Messdaten, so ist bei beiden Methoden erkennbar, dass die Bewegung etwas langsamer ausgeführt werden sollte. Sowohl die Videoanalyse als auch die Wegkurve zeigt eine Unregelmäßigkeit am Ende der Umkehrbewegung. Die Kraftkurve zeigt einen kleinen Einbruch in der Umkehrung.

8.1.6.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 32 ist die durchschnittliche Zeit für die einzelnen Beugungen und Streckungen abgebildet. Es ist zu erkennen, dass sich die Zeiten stark von Wiederholung zu Wiederholung unterscheiden. Die Beugung dauert meistens länger als die Streckung.

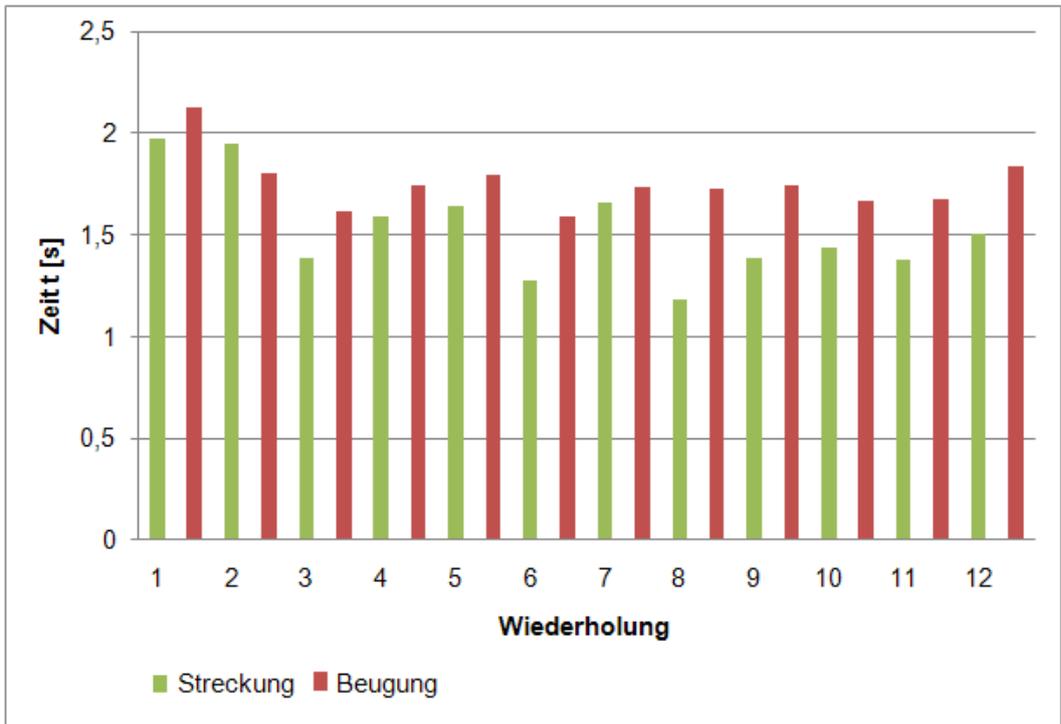


Abbildung 32: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 6

In Abbildung 33 ist die Bewegungsamplitude der einzelnen Versuchsdurchgänge dargestellt. Einzelne Wiederholungen weichen von den anderen ab.

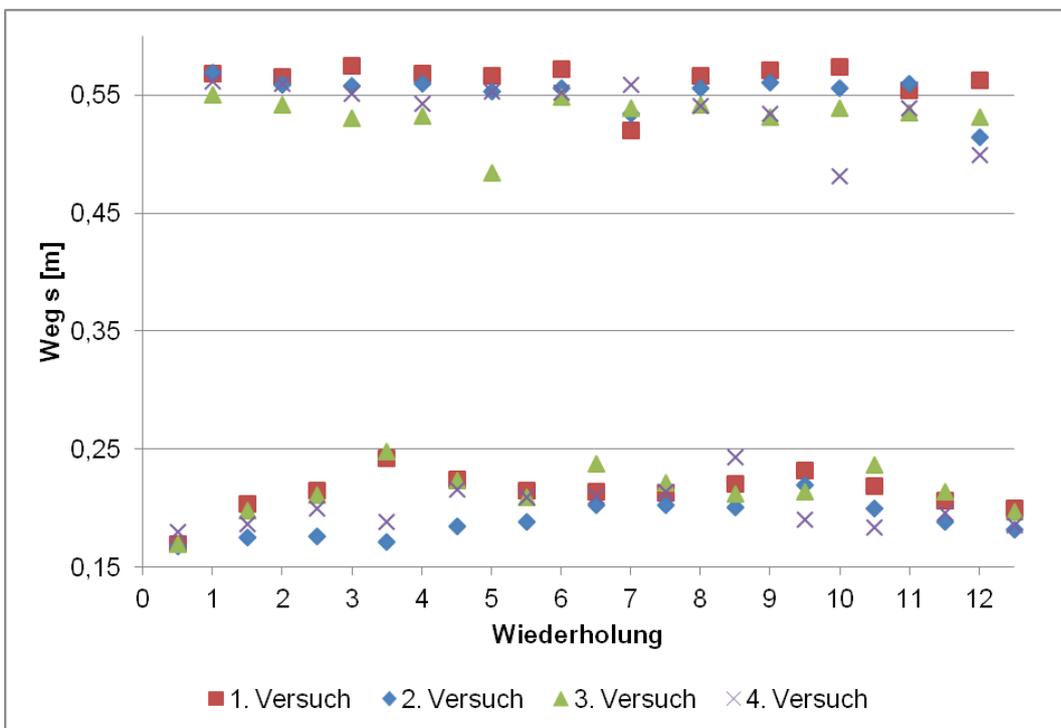


Abbildung 33: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Übungsdurchgänge von Probandin 6

8.1.7 Proband 7

Proband 7 ist 23 Jahre alt, 1,73m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.7.1 Videoanalyse

Die Bewegungsgeschwindigkeit ist etwas zu schnell, die Ausführung aber ruhig und regelmäßig. Die Umkehrbewegungen sind gleichmäßig. Der Bewegungsumfang ist leicht unregelmäßig und könnte vor allem in der Streckung noch etwas weiter sein. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 34 und 35 dargestellt sind, ist zu erkennen, dass die Streckung etwas schneller als die Beugung durchgeführt wird. Die Bewegung sollte etwas langsamer ausgeführt werden. Die Umkehrbewegungen sind ruhig und geführt.

8.1.7.2 Messdaten

In Abbildung 34 sind der Weg und die Kraft einer Einzelwiederholung abgebildet. An der Wegkurve ist zu erkennen, dass die Bewegung ruhig durchgeführt wurde. Die Kraftkurve zeigt keine großen Schwankungen, in der ersten Phase der Beugung ist sie allerdings am geringsten.

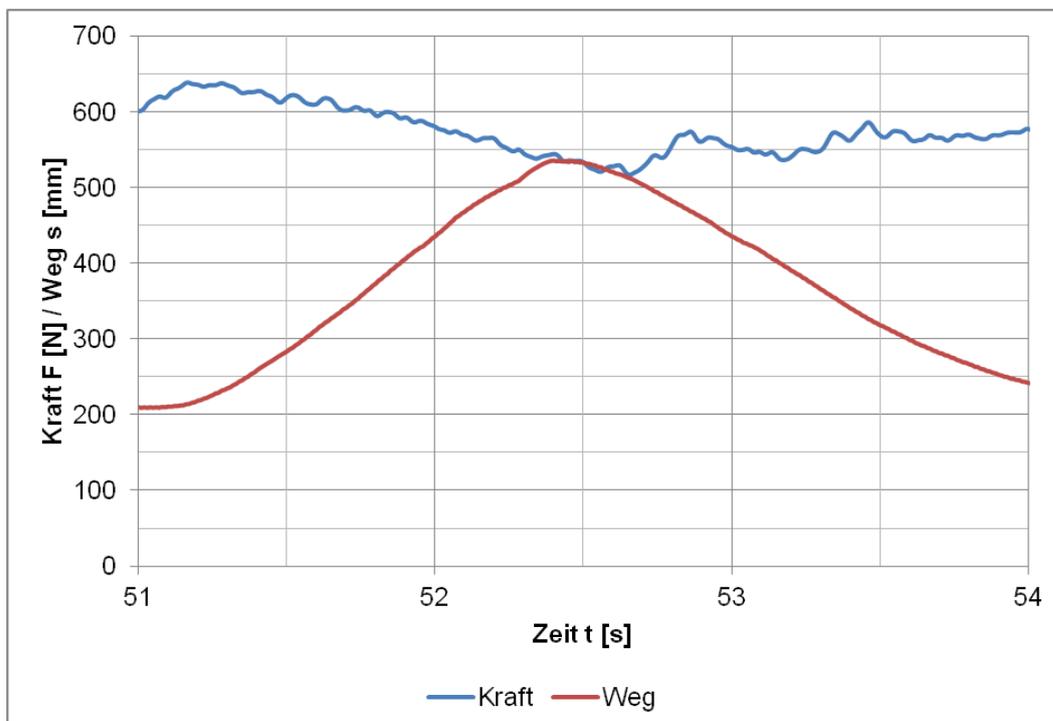


Abbildung 34: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 7

In Abbildung 35 sind der Weg und die Geschwindigkeitskurve dargestellt. Die Geschwindigkeit weist auf einen regelmäßigen Verlauf der Bewegung hin, allerdings steigt die Geschwindigkeit während der Streckung und der Beugung auf bis zu 3,5m/s an.



Abbildung 35: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 7

8.1.7.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Die Analyse des Videos und die Messdaten sind sehr ähnlich. Sowohl im Video als auch in den Messdaten ist zu sehen, dass die Bewegung etwas zu schnell ausgeführt ist. Die Umkehrbewegung ist ruhig, was auch die Kraftkurve bestätigt, die in der Umkehrbewegung keinen Einbruch verzeichnet.

8.1.7.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 36 sind die durchschnittlichen Zeiten für die einzelnen Bewegungen dargestellt. Die Dauer der einzelnen Streckungen und Beugungen sind unregelmäßig, die Beugungen dauern länger als die Streckungen.

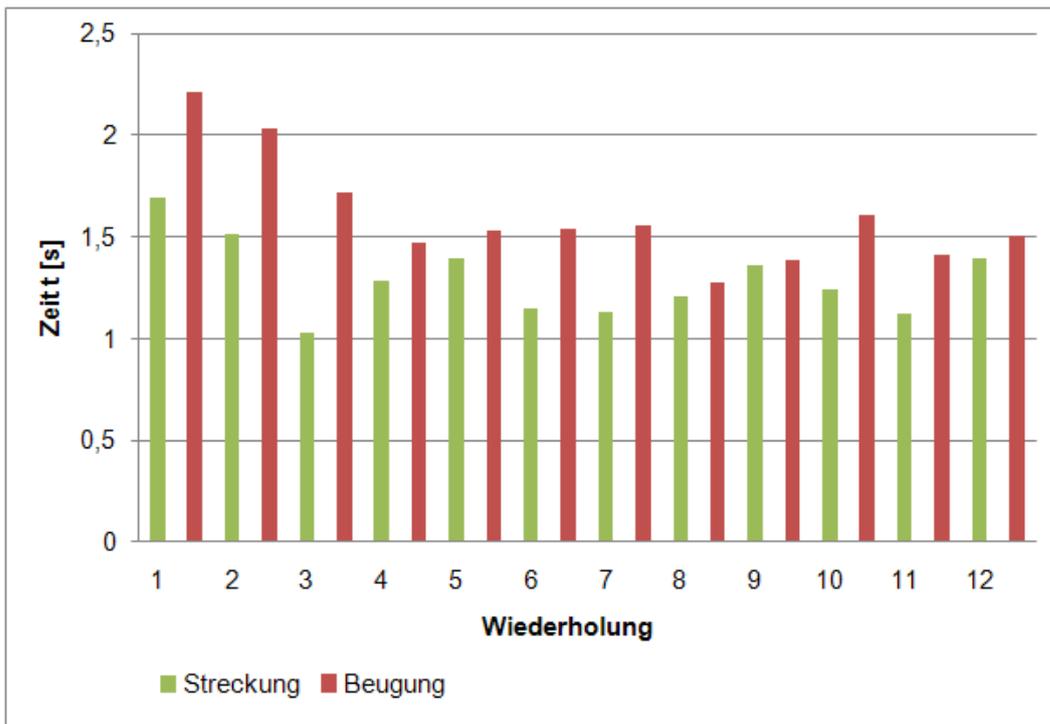


Abbildung 36: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 7

In Abbildung 37 sind die Bewegungsamplituden der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die Amplituden relativ einheitlich sind, einige Abweichungen gibt es dennoch.

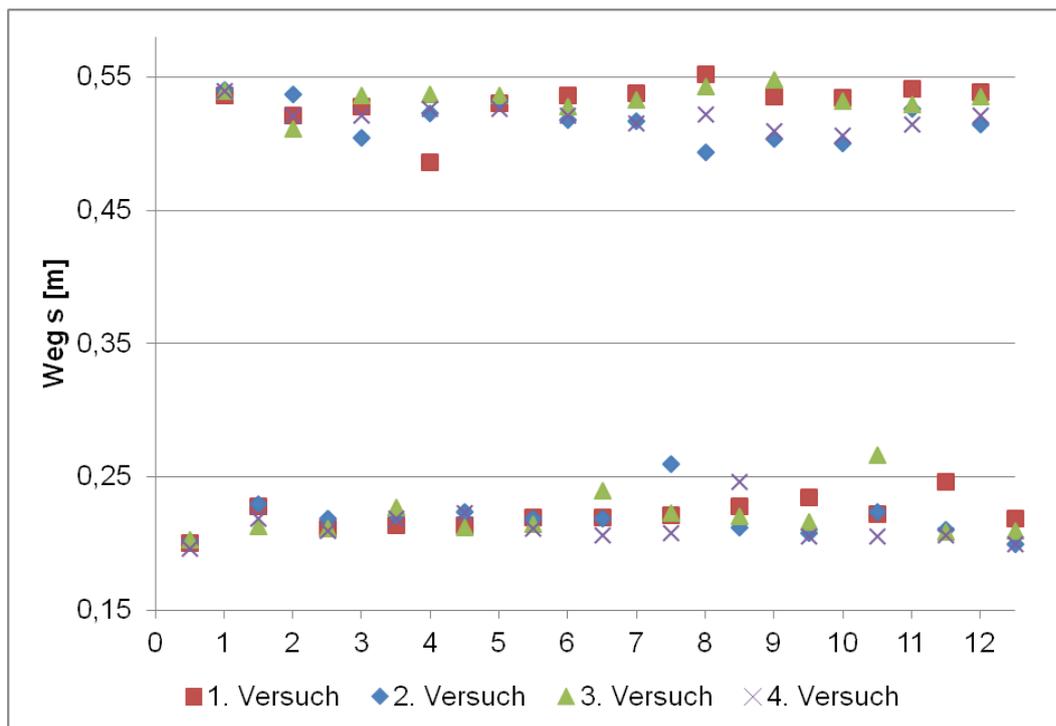


Abbildung 37: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 7

8.1.8 Proband 8

Proband 8 ist 24 Jahre alt, 1,76m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.8.1 Videoanalyse

Die Bewegungsausführung ist gleichmäßig, die Geschwindigkeit langsam, wobei die Streckung zu schnell durchgeführt wird. Das Umkehrverhalten ist ruhig und es gibt keine ruckartigen Bewegungen. Die Streckung wird oft kurz gehalten. Die Bewegungsamplitude ist weit und gleichmäßig, die Beinachse bleibt stabil.

Die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 38 und 39 dargestellt sind ist kontrolliert durchgeführt. Die Streckung ist etwas zu schnell und in der Umkehrbewegung ist eine Haltephase zu erkennen. Die Beugung ist gleichmäßig und langsam.

8.1.8.2 Messdaten

In Abbildung 38 sind der Weg und die Kraft einer Einzelwiederholung abgebildet. In der Wegkurve ist zu sehen, dass es in der Streckung eine Haltephase gibt. Die

Steckung ist sehr steil, was auf eine hohe Geschwindigkeit schließen lässt. In der Kraftkurve findet am Anfang der Umkehrbewegung eine Entlastung statt und in der gehaltenen Phase steigt die Kraft wieder an.

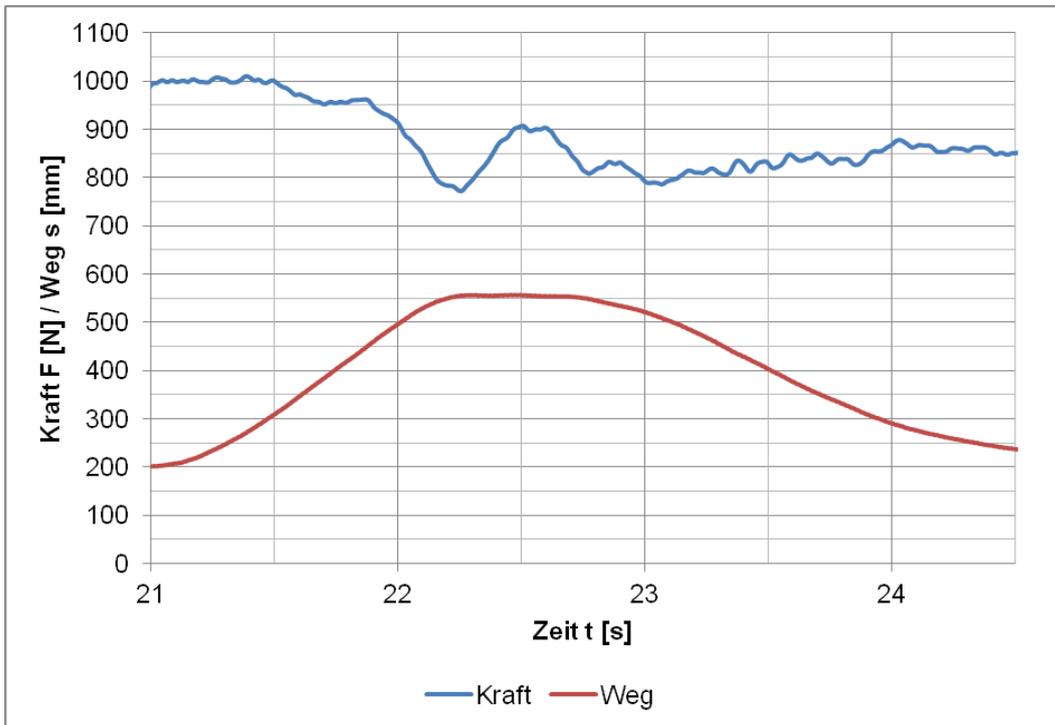


Abbildung 38: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 8

In Abbildung 39 sind der Weg und die Geschwindigkeit einer Bewegung abgebildet. Die Geschwindigkeit wächst während der Streckung auf bis zu 0,4m/s an, während der Streckung erreicht sie nur 0,25m/s.

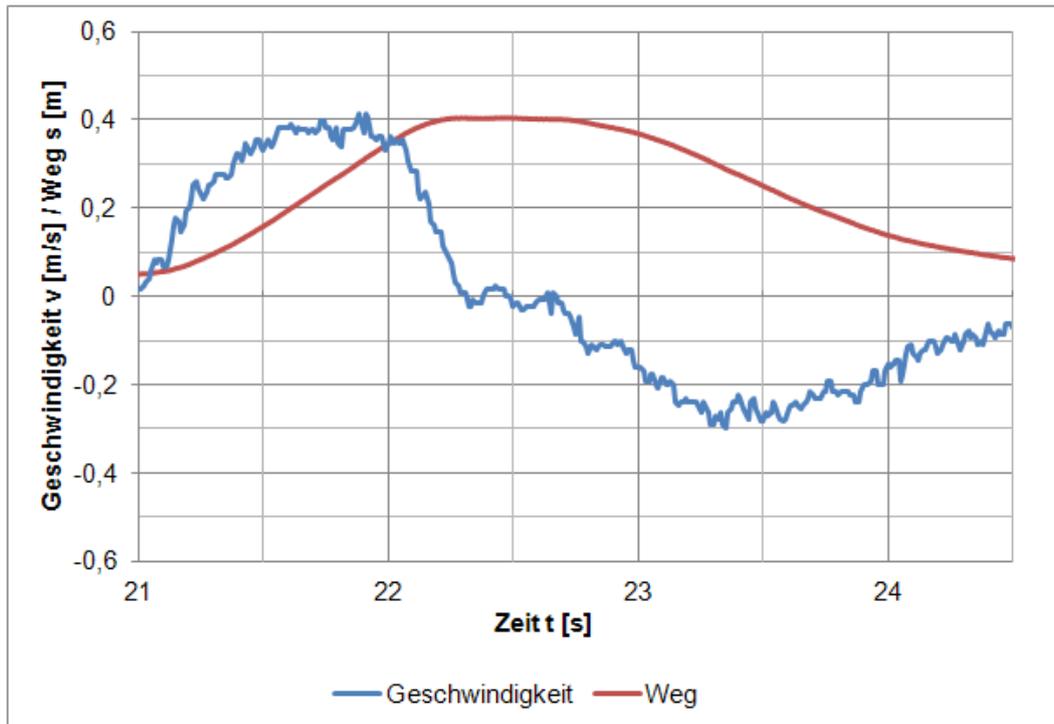


Abbildung 39: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 8

8.1.8.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

In beiden Analysen ist zuerkennen, dass die Streckung zu schnell ausgeführt wird und dass die Umkehrbewegung durch eine Haltephase unterbrochen wird. Die Beugung ist gleichmäßig und langsam ausgeführt. Die Kraftkurve zeigt durch den Einbruch am Beginn der Haltephase das Abstoppen der Bewegung.

8.1.8.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 40 sind die Dauer der einzelnen Streckungen und Beugungen abgebildet. Hier ist sichtbar, dass die Streckungen und Beugungen sehr gleichmäßig ausgeführt wurden, allerdings wurden die Streckungen immer um einiges schneller als die Beugungen durchgeführt.

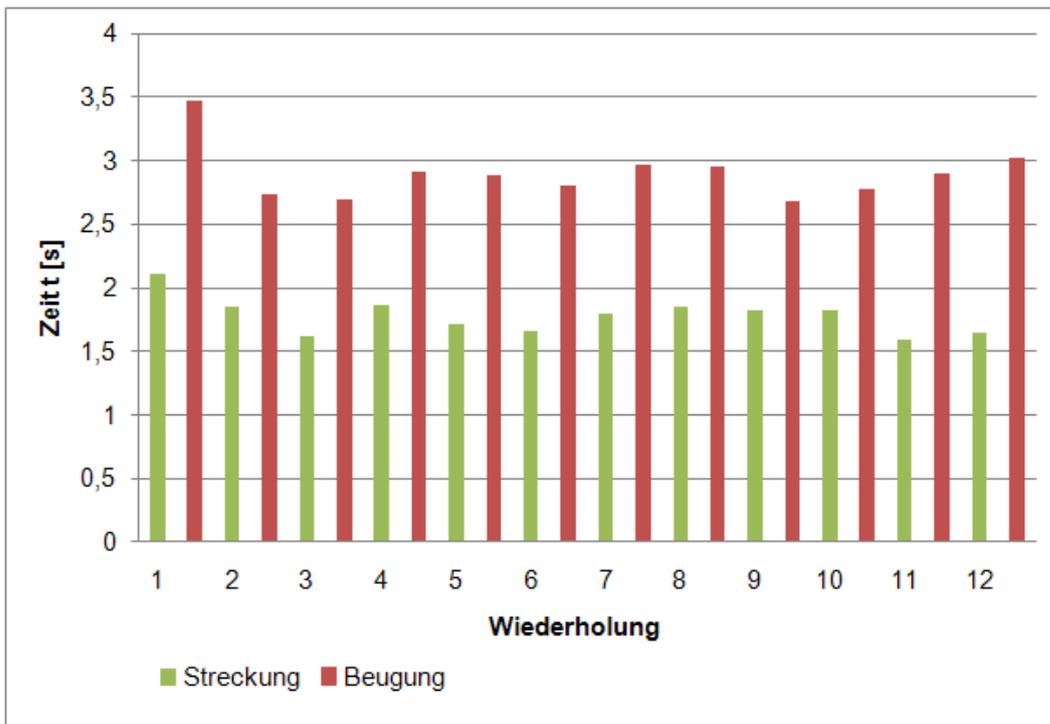


Abbildung 40: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 8

In Abbildung 41 ist die Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Bewegungen dargestellt. Die Wiederholungen wurden regelmäßig ausgeführt.

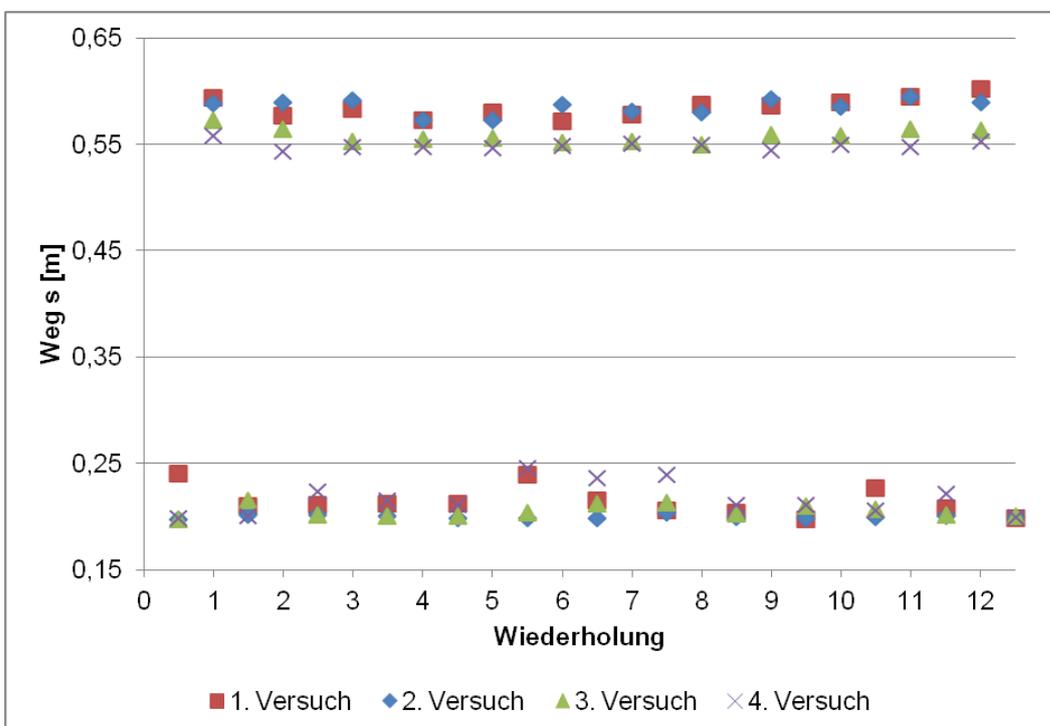


Abbildung 41: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 8

8.1.9 Proband 9

Proband 9 ist 27 Jahre alt, 1,78m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.9.1 Videoanalyse

Die Bewegung ist zu schnell, wobei die Streckung und die Beugung ungefähr gleich schnell sind. Die Umkehrbewegung wird gleichmäßig und rund ausgeführt, die Bewegungsamplitude ist unregelmäßig. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Bewegung, die in Abbildung 42 und 43 dargestellt ist, ist die Streckung viel zu schnell durchgeführt. Die Umkehrbewegung ist ruckartig und die Beugung zwar etwas langsamer als die Streckung aber dennoch ebenfalls zu schnell.

8.1.9.2 Messdaten

In Abbildung 42 sind der Weg und die Kraft einer Einzelwiederholung abgebildet. Am Weg ist zu erkennen, dass die Streckung schneller ist, als die Beugung. Außerdem findet die Umkehrung sehr schnell statt. Die Kraftkurve ist sehr regelmäßig und macht keine großen Schwankungen.

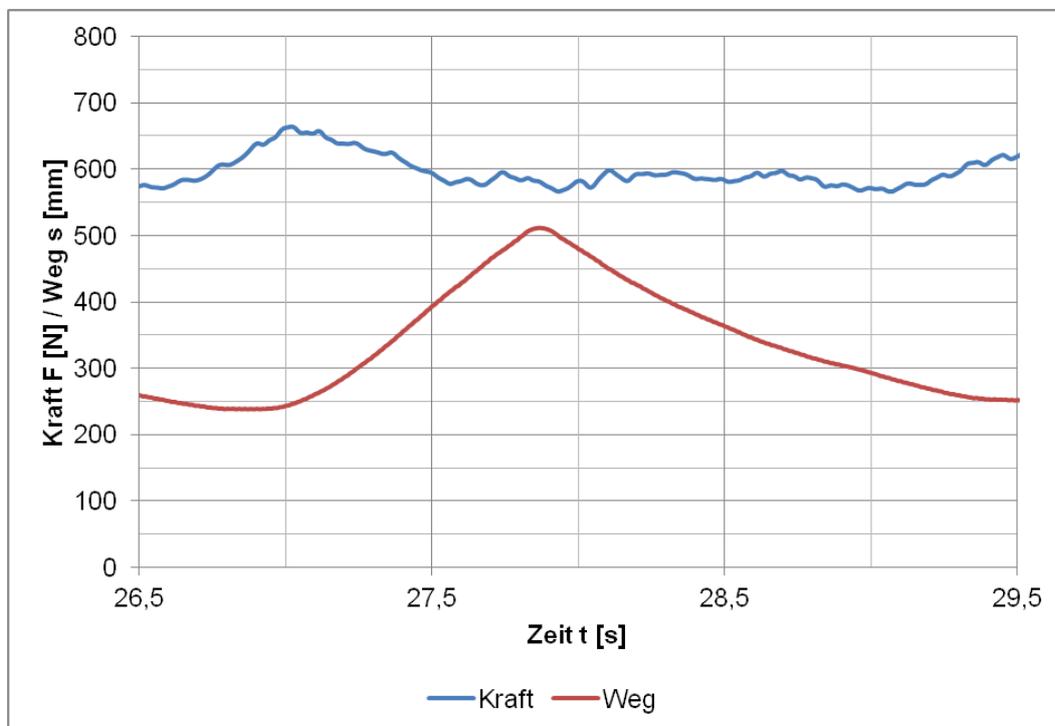


Abbildung 42: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 9

In Abbildung 43 ist die Geschwindigkeit der Bewegung abgebildet. Die Geschwindigkeit der Streckung wächst bis zu 0,4m/s an, die Beugung bis zu 0,35m/s. Die Umkehrung findet sehr schnell statt, was an dem steilen Abfall der Geschwindigkeit zwischen Streckung und Beugung zu erkennen ist.

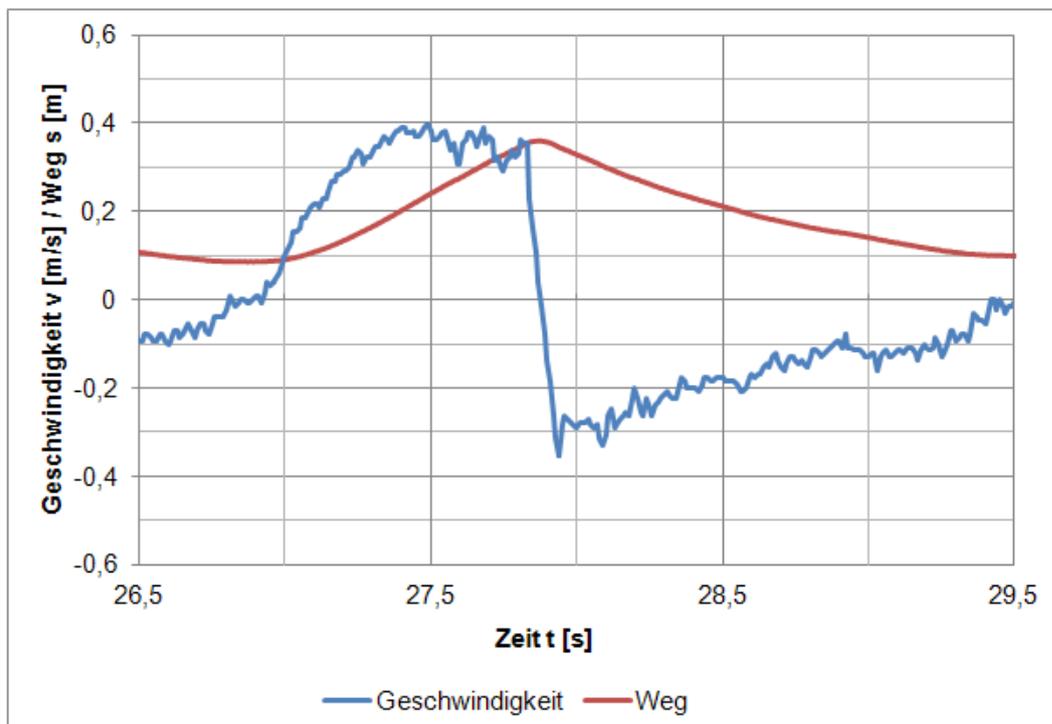


Abbildung 43: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 9

8.1.9.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Betrachtet man die Videoanalyse und die Messdaten so ist bei beiden die zu schnelle Streckung zu erkennen. Auch die schnelle Umkehrung ist in beiden Methoden gut ersichtlich. Die Beugung ist etwas ruhiger ausgeführt, sollte dennoch langsamer sein. Die Kraftkurve weist allerdings nicht darauf hin, dass die Bewegung schnell umgekehrt wurde, weil kein Krafteinbruch zu sehen ist.

8.1.9.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 44 sind die Zeiten für die einzelnen Streckungen und Beugungen abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die Bewegungen sehr unregelmäßig ausgeführt und die Beugungen immer langsamer ausgeführt werden als die Streckungen.

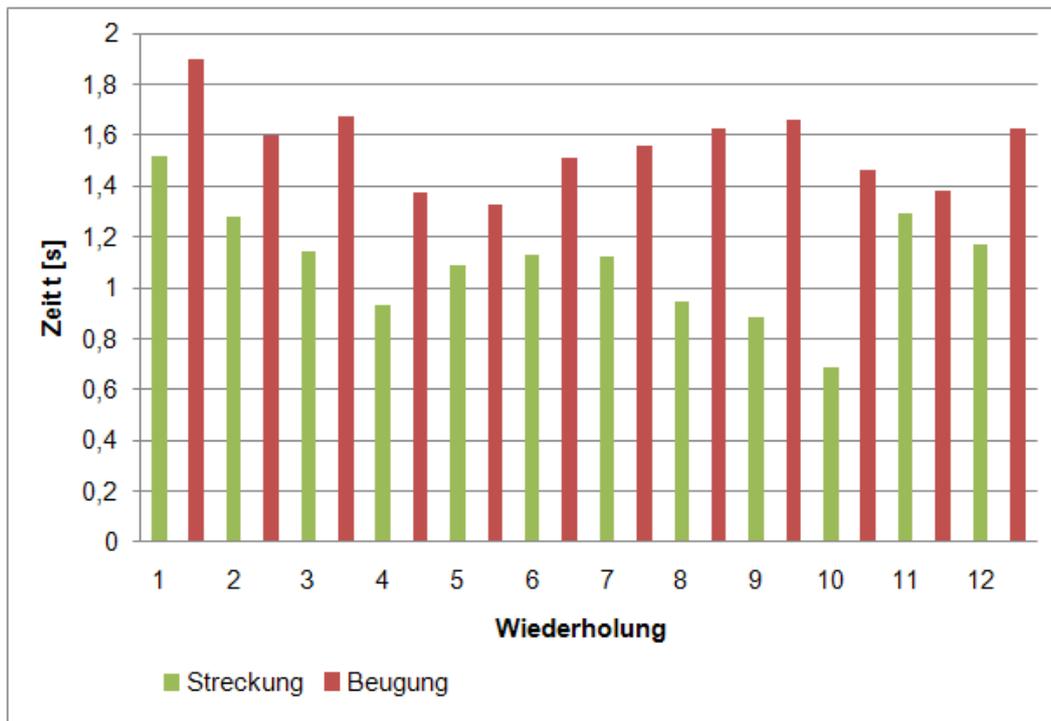


Abbildung 44: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 9

In Abbildung 45 sind die Bewegungsamplituden der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge dargestellt. Die Amplituden weichen untereinander etwas ab.

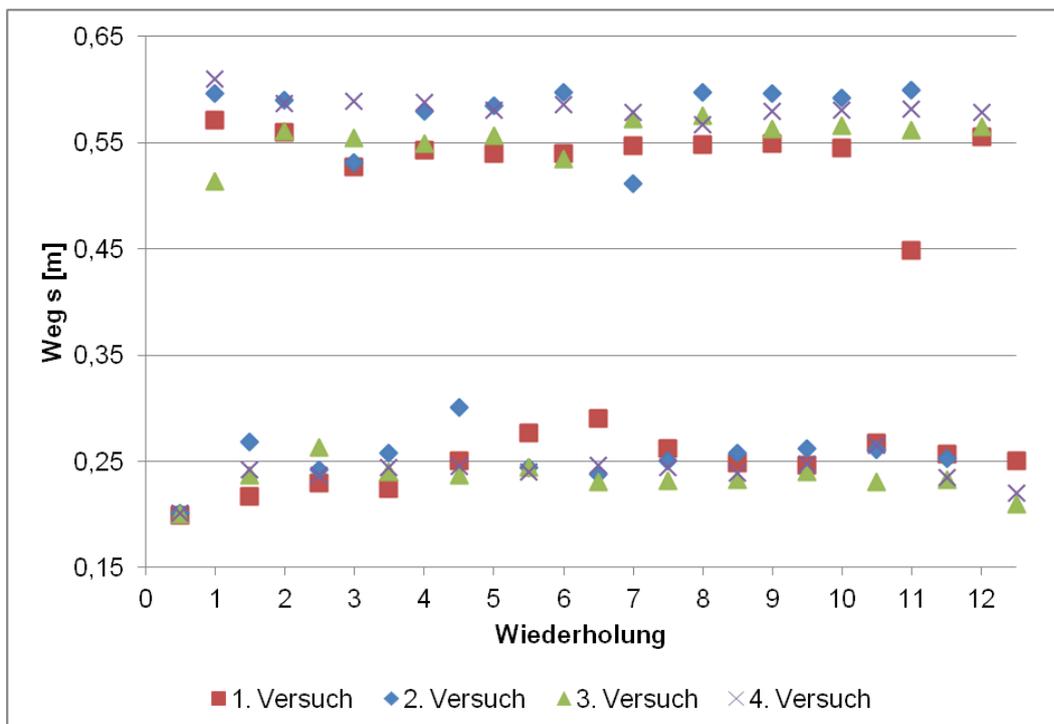


Abbildung 45: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuche von Proband 9

8.1.10 Proband 10

Proband 10 ist 24 Jahre alt, 1,72m groß und hat Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.10.1 Videoanalyse

Die Bewegung ist schnell, wobei die Streckung schneller als die Beugung ausgeführt wird. Die Umkehrbewegungen werden kantig ausgeführt. Die Bewegungsamplitude ist unregelmäßig und gering. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 46 und 47 dargestellt ist, so ist die Streckung zu schnell, die Beugung ist langsamer, sollte aber auch ruhiger ausgeführt werden. Die Bewegung könnte allerdings viel weiter sein.

8.1.10.2 Messdaten

In Abbildung 46 werden die Kraft- und Wegkurve einer Einzelwiederholung abgebildet. Zu Beginn der Streckung zeigt sich eine Kraftspitze, während der restlichen Bewegung gibt es keine großen Schwankungen.

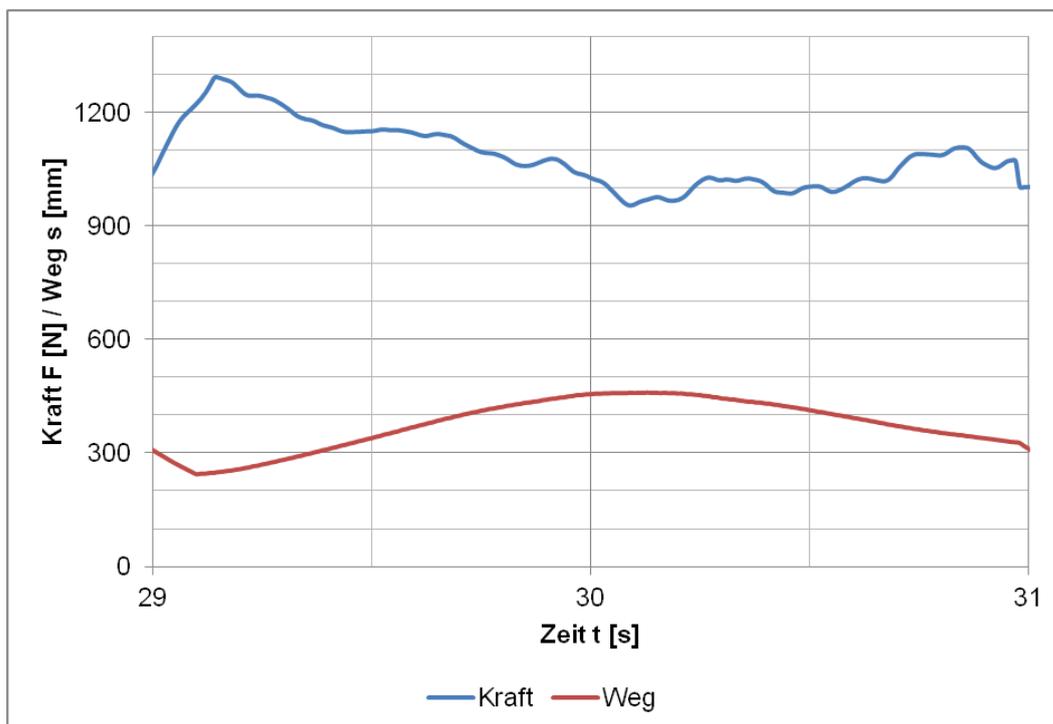


Abbildung 46: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 10

In Abbildung 47 sind die Geschwindigkeit und der Weg der Einzelwiederholung abgebildet. Die Geschwindigkeit während der Streckung steigt auf über 0,3m/s

und bei der Beugung bis zu 0,25m/s. Der Übergang zwischen Streckung und Beugung ist langsam, die Geschwindigkeit fällt nur langsam ab.

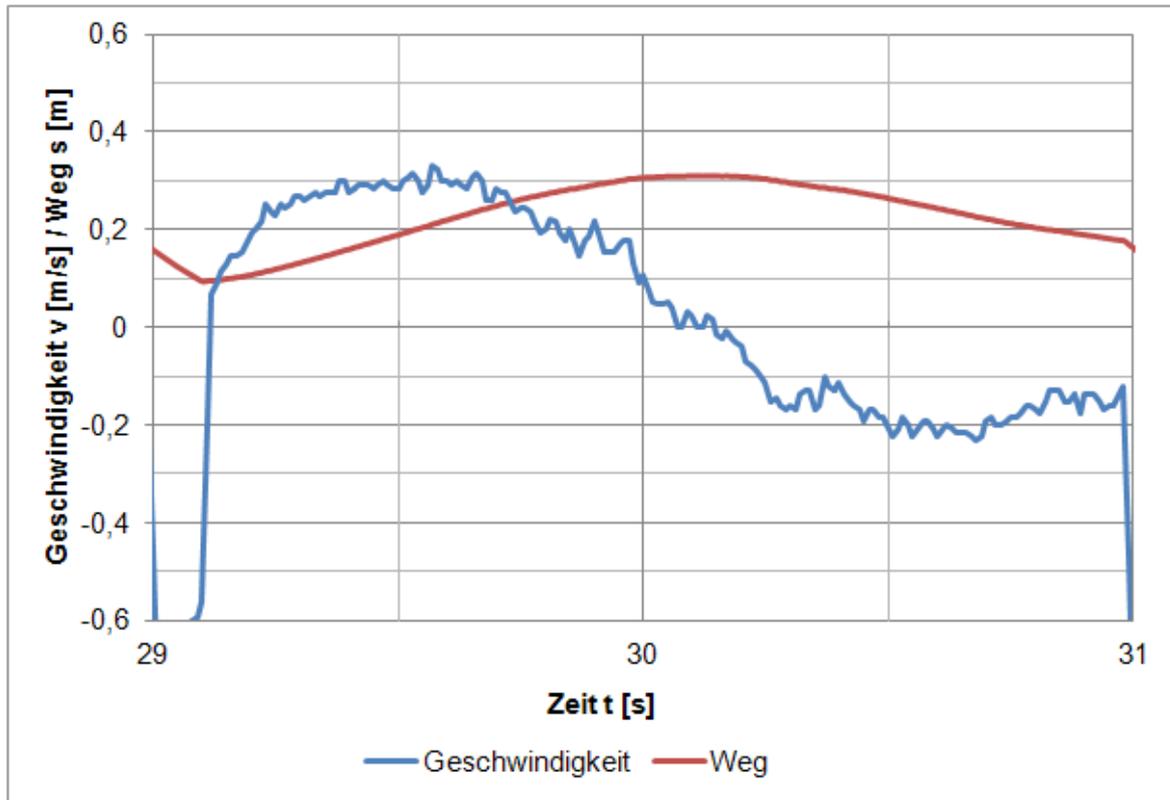


Abbildung 47: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 10

8.1.10.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Vergleicht man die zwei Methoden ist bei beiden zu erkennen, dass die Bewegung in der Streckung schneller ist, als in der Beugung und dass die Bewegungsgeschwindigkeit geringer sein sollte.

8.1.10.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 48 sind die durchschnittlichen Zeiten der Streckungen und Beugungen abgebildet. Die Zeiten variieren sehr stark untereinander und die Streckungen sind schneller durchgeführt als die Beugungen.

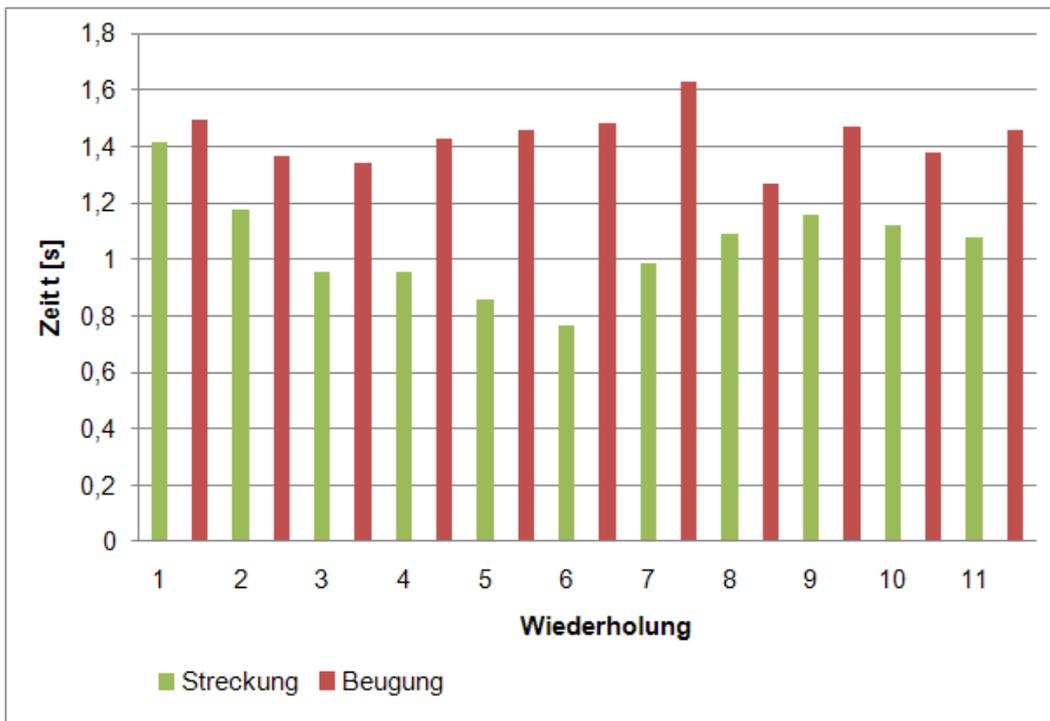


Abbildung 48: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 10

In Abbildung 49 sind die Bewegungsamplituden der einzelnen Wiederholungen dargestellt. Die Amplituden unterscheiden sich innerhalb der selben Wiederholung und zwischen den einzelnen Wiederholungen.

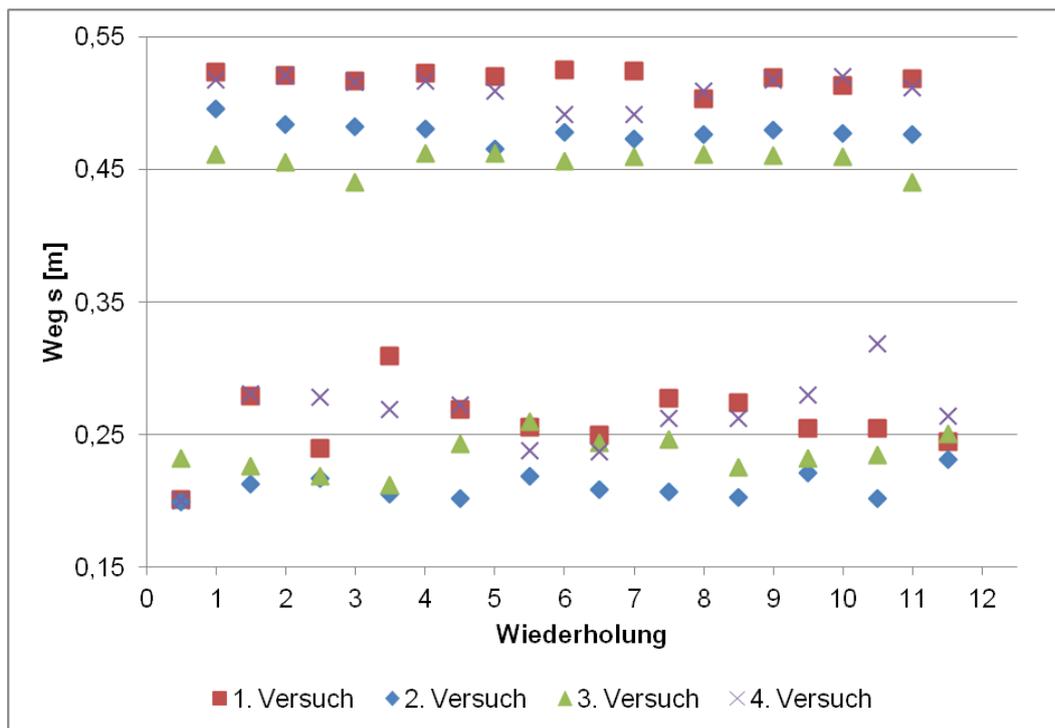


Abbildung 49: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 10

8.1.11 Proband 11

Proband 11 ist 25 Jahre alt, 1,90m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.11.1 Videoanalyse

Die Bewegung ist etwas zu schnell aufgeführt, wobei die Streckung schneller ist als die Beugung. Die Umkehrbewegung in der Streckung verläuft ungleichmäßig, in der Beugung ist die Umkehrbewegung regelmäßig. Die Bewegungsamplitude ist weit und regelmäßig, die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 50 und 51 dargestellt sind, so ist zu erkennen, dass die Bewegung ruhig und kontrolliert ausgeführt wird. Die Streckung und die Beugung sind ungefähr gleich schnell und die Bewegung ist langsam.

8.1.11.2 Messdaten

In Abbildung 50 sind die Kraft und Wegkurve einer Einzelwiederholung dargestellt. Hier kann erkannt werden, dass die Streckung etwas schneller als die Beugung ist

und dass die Beugung nicht ganz regelmäßig verläuft. In der Kraftkurve gibt es keine starken Schwankungen.

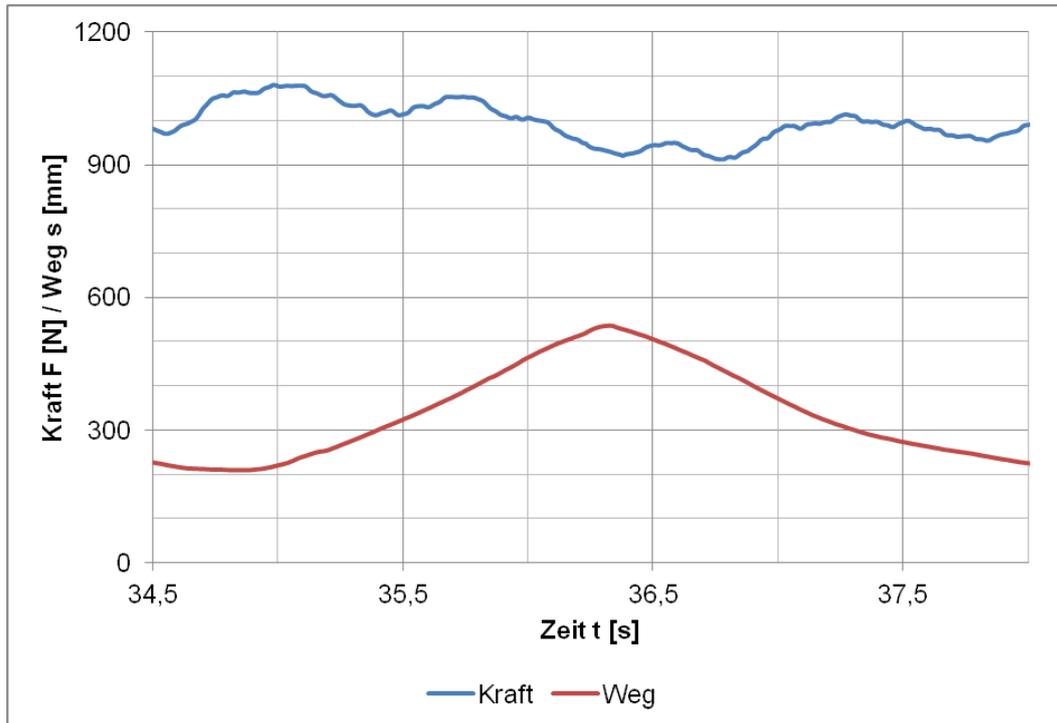


Abbildung 50: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 11

In Abbildung 51 sind die Geschwindigkeit und der Weg der Einzelwiederholung dargestellt. Die Geschwindigkeit erreicht während der Streckung Werte bis zu 0,35m/s, während der Beugung Werte bis über 0,3m/s. Die Umkehrbewegung in der Streckung ist sehr schnell, was man im steilen Abfallen der Geschwindigkeitskurve erkennen kann.

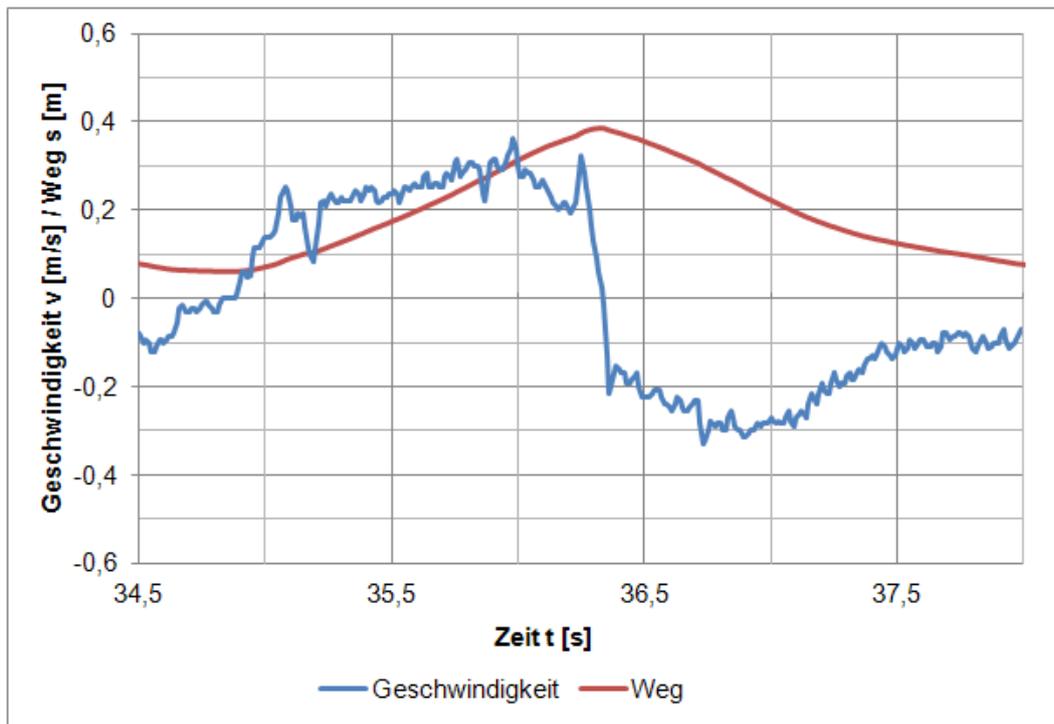


Abbildung 51: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 11

8.1.11.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Sowohl im Video als auch in den Grafiken ist zu erkennen, dass die Bewegung ruhig und kontrolliert ausgeführt ist. Die Kraftkurve zeigt keine Einbrüche und die Geschwindigkeit ist langsam. Die Umkehrung in der Streckung ist ruhig und kontrolliert.

8.1.11.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 52 sind die durchschnittlichen Bewegungsdauern der Streckungen und Beugungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Beugungen immer langsamer als die Streckungen sind und dass die Bewegung gleichmäßig durchgeführt wurde.

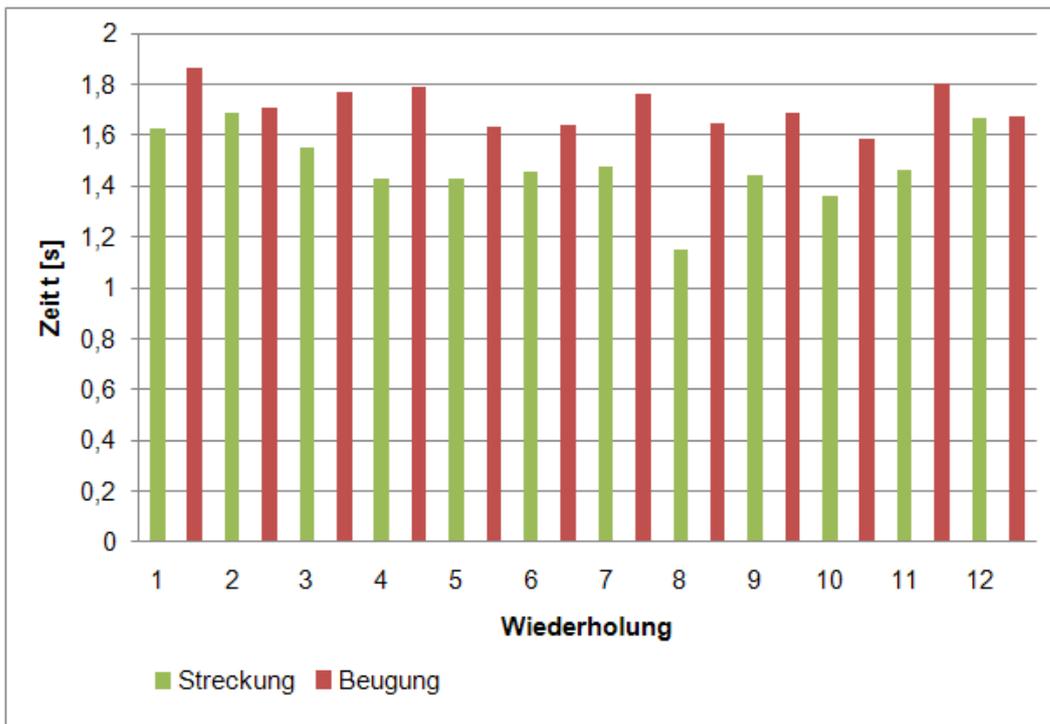


Abbildung 52: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 11

In Abbildung 53 ist die Bewegungsamplitude der einzelnen Versuchsdurchgänge dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass der Bewegungsumfang während der einzelnen Wiederholungen und auch zwischen den unterschiedlichen Versuchen sehr regelmäßig war.

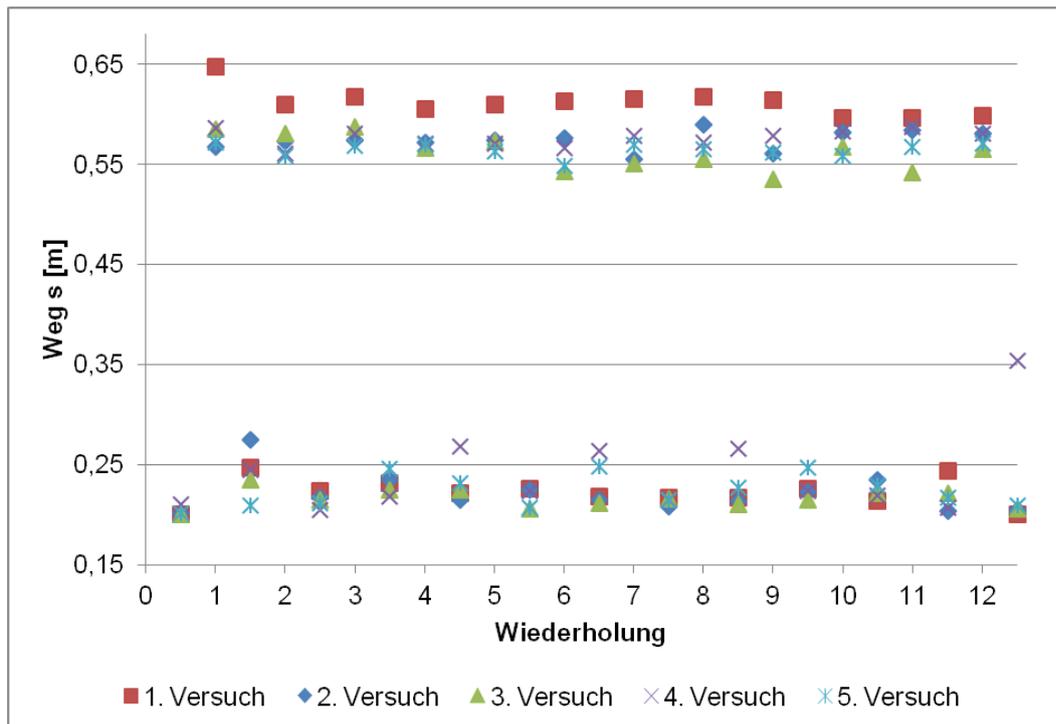


Abbildung 53: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 11

8.1.12 Probandin 12

Probandin 12 ist 31 Jahre alt, 1,62m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.12.1 Videoanalyse

Die Bewegung ist sehr schnell ausgeführt. Das Umkehrverhalten ist sowohl in der Beugung als auch in der Streckung schnell und dadurch unruhig. Die Bewegungsamplitude ist unregelmäßig, wobei die Streckung deutlicher ausgeführt werden sollte. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 54 und 55 dargestellt sind so ist zu erkennen, dass die Streckung und die Beugung kontrolliert durchgeführt sind, die Geschwindigkeit ist allerdings etwas zu hoch. In der Streckung ist eine Haltephase erkennbar.

8.1.12.2 Messdaten

Die Wegkurve in Abbildung 54 zeigt aufgrund der Steigungen, dass die Bewegung schnell durchgeführt und in der Umkehr gehalten wurde. Die Kraftkurve zeigt nur geringe Veränderungen.

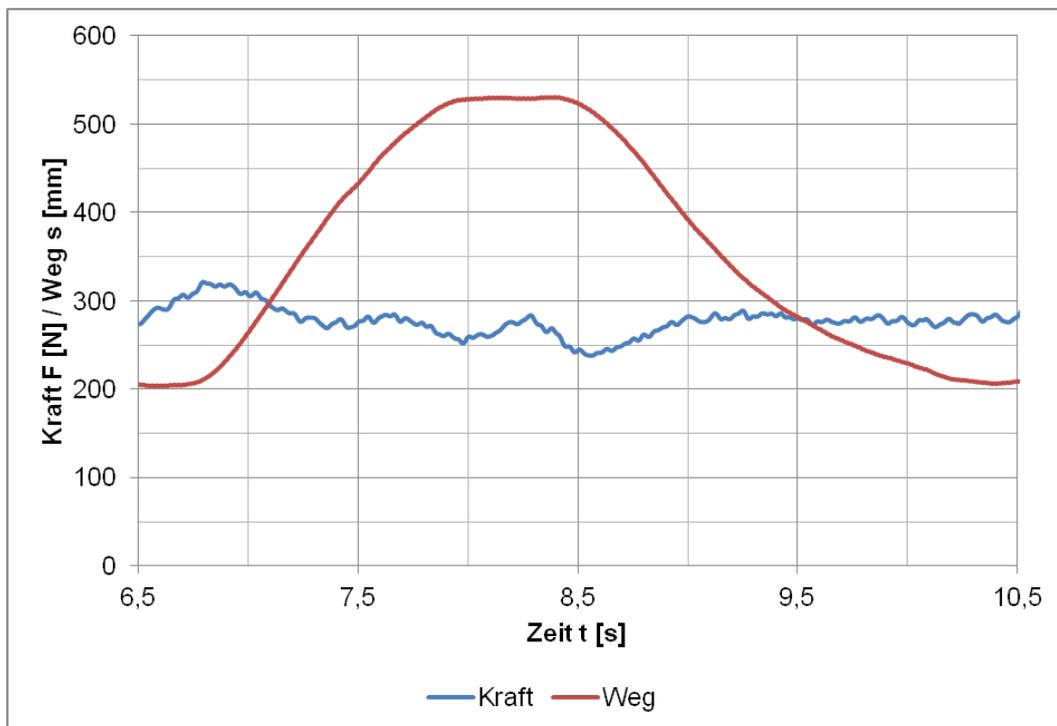


Abbildung 54: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 12

In Abbildung 55 sind der Weg und die Geschwindigkeit einer Einzelwiederholung abgebildet. Die Geschwindigkeit steigt in der Streckung bis über 0,4m/s und in der Beugung bis zu 0,35m/s.

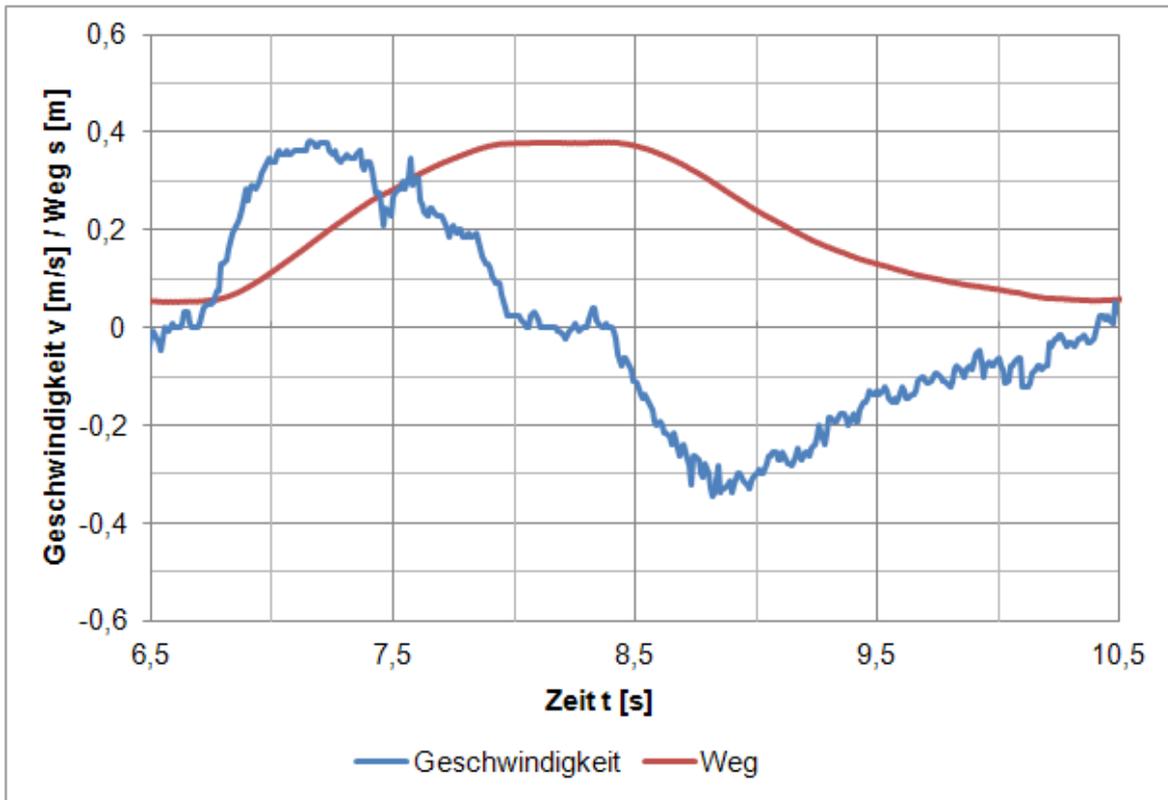


Abbildung 55: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 12

8.1.12.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Vergleicht man die Videoanalyse mit den Messdaten so ist bei beiden zu erkennen, dass die Bewegung ruhig ausgeführt wurde, aber etwas langsamer sein sollte. Sowohl in der Wegkurve als auch im Video ist das kurze Halten der Streckung erkennbar. Auch die Kraftkurve ohne Einbrüche deutet auf eine ruhige Bewegungsausführung hin.

8.1.12.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 56 sind die durchschnittlichen Zeiten für die einzelnen Streckungen und Beugungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die Zeiten stark voneinander unterscheiden. Einmal ist die Streckung schneller, einmal die Beugung.

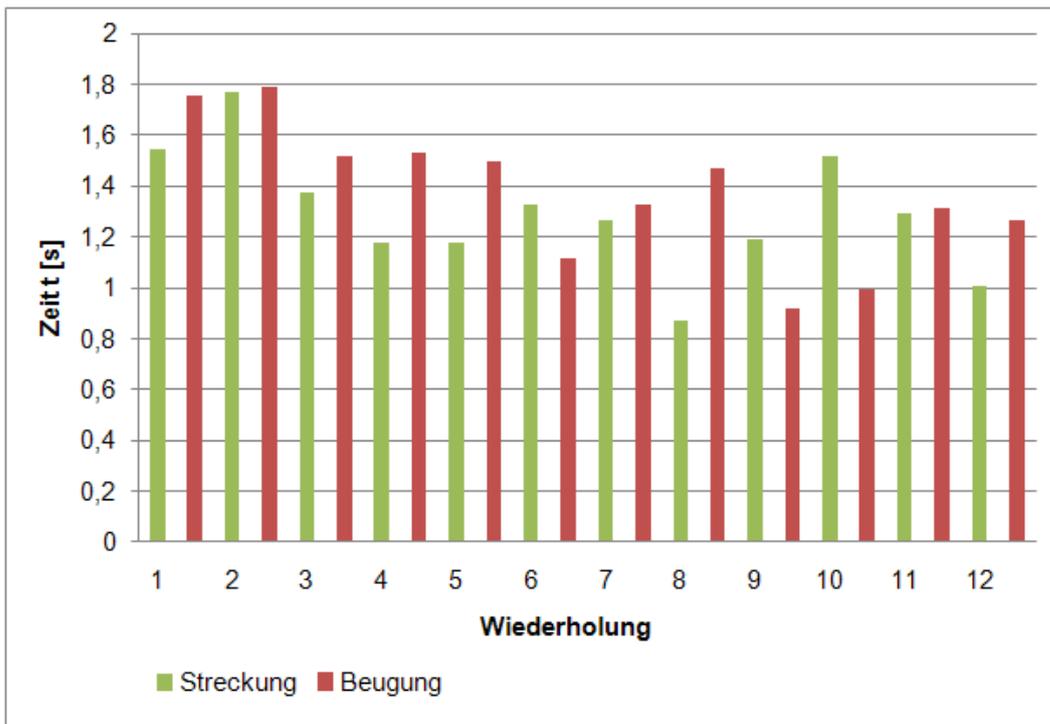


Abbildung 56: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 12

In Abbildung 57 sind die Bewegungsamplituden der einzelnen Versuchsdurchgänge abgebildet. Die Versuche unterscheiden sich untereinander und innerhalb der einzelnen Wiederholungen.

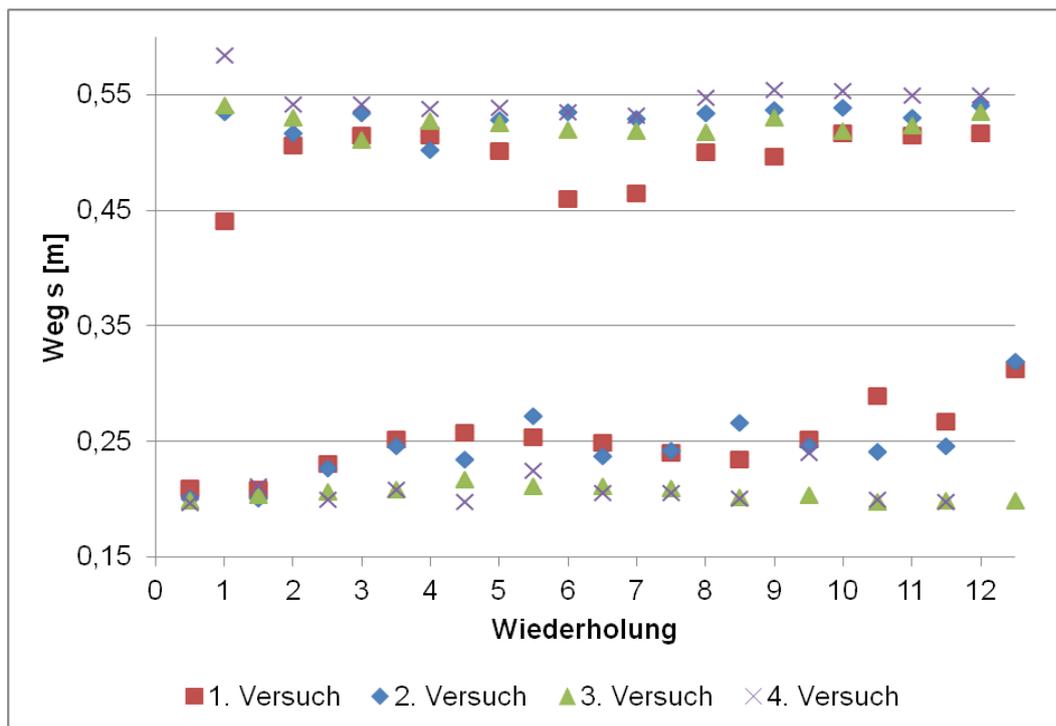


Abbildung 57: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 12

8.1.13 Proband 13

Proband 13 ist 27 Jahre alt, 1,93m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.13.1 Videoanalyse

Die Bewegung ist zu schnell ausgeführt, wobei die Streckung langsamer ausgeführt wird als die Beugung. Das Umkehrverhalten verläuft manchmal mit Haltephasen, manchmal schnell. Die Bewegungsamplitude ist teilweise unregelmäßig. Die volle Bewegungsamplitude in der Streckung wurde durch den für die Beinlänge zu kurzen Schlitten der Beinpresse behindert. Die Beugung könnte deutlicher ausgeführt werden. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, die in den Abbildungen 58 und 59 dargestellt sind, so ist zu erkennen dass die Bewegung unruhig und schnell ausgeführt wird. In der Beugung ist eine Unterbrechung der Bewegung zu erkennen.

8.1.13.2 Messdaten

In Abbildung 58 sind der Weg und die Kraft einer Bewegung abgebildet. An der Steigung der Wegkurve ist zu erkennen, dass die Bewegung schnell ausgeführt wurde. Die Kraft zeigt keine großen Schwankungen. Während der Streckung und zu Beginn der Beugung sinkt die Kraft etwas, am Ende der Beugung steigt sie an.

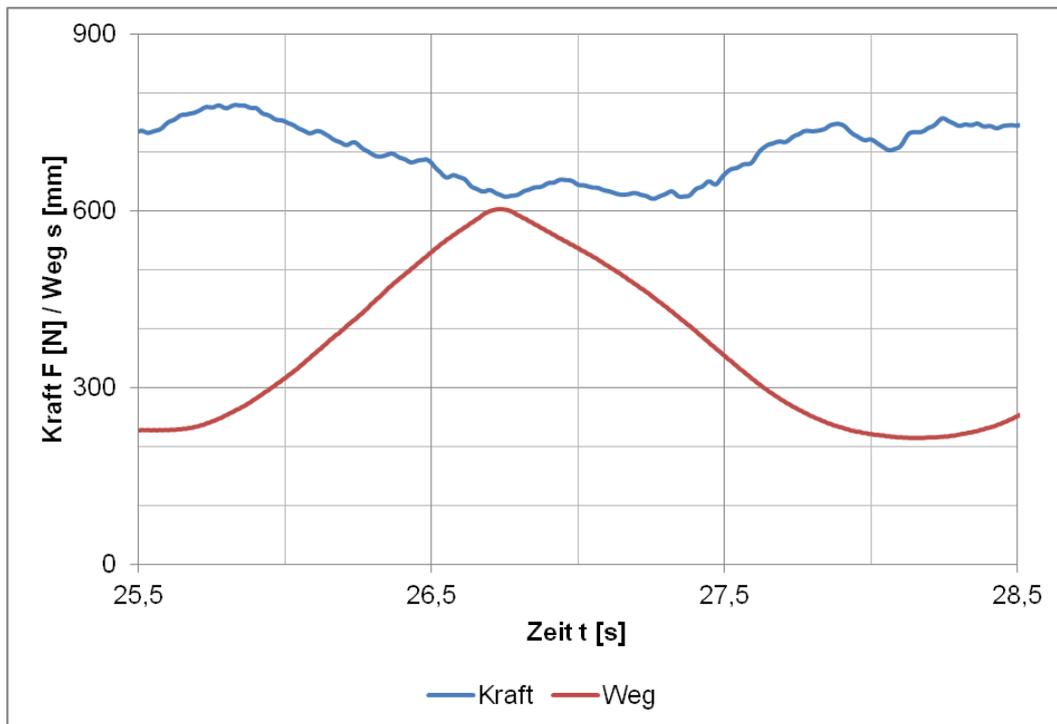


Abbildung 58: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 13

In Abbildung 59 ist die Geschwindigkeit der Einzelwiederholung dargestellt. Hier ist am starken Abfall der Geschwindigkeit die schnelle Umkehrbewegung zu erkennen. Die Werte der Geschwindigkeit steigen während der Streckung bis zu 0,5m/s, während der Beugung bis zu 0,45m/s.

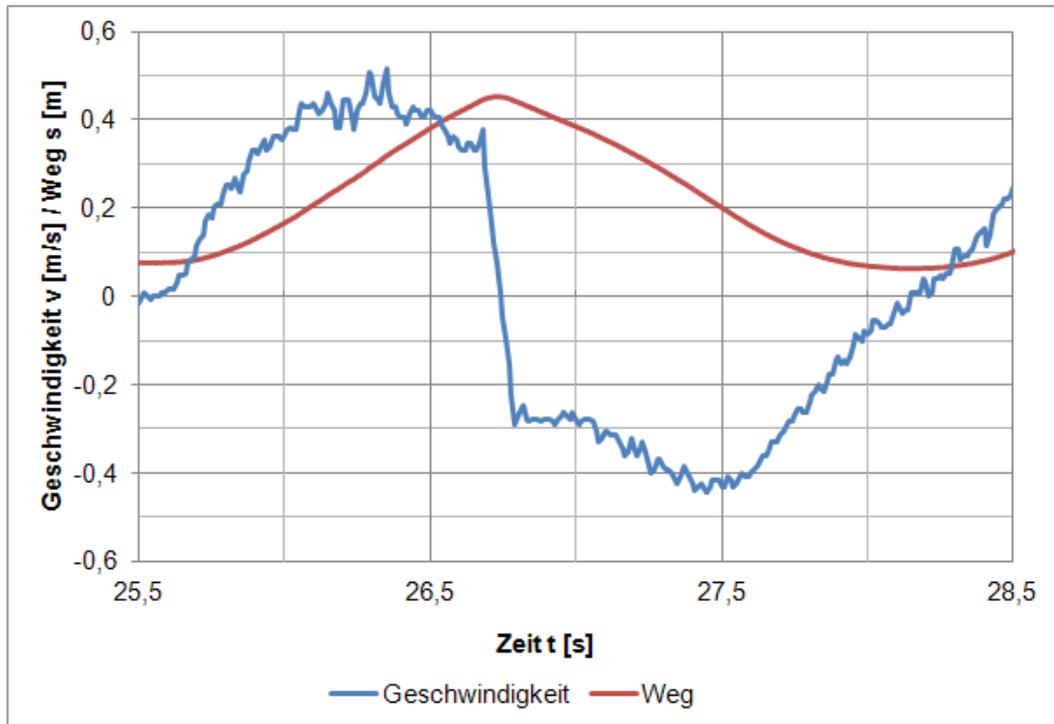


Abbildung 59: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 13

8.1.13.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Die Videoanalyse und die Messdaten zeigen beide, dass die Bewegung unruhig durchgeführt wird. Die Kraftkurve zeigt zwar keine Einbrüche, aber die Geschwindigkeitskurve weist in der Beugung einen Buckel auf.

8.1.13.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 60 sind die durchschnittliche Dauern der einzelnen Streckungen und Beugungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die einzelnen Streckungen und Beugungen unregelmäßig lang dauern. Meistens wird die Streckung etwas langsamer ausgeführt.

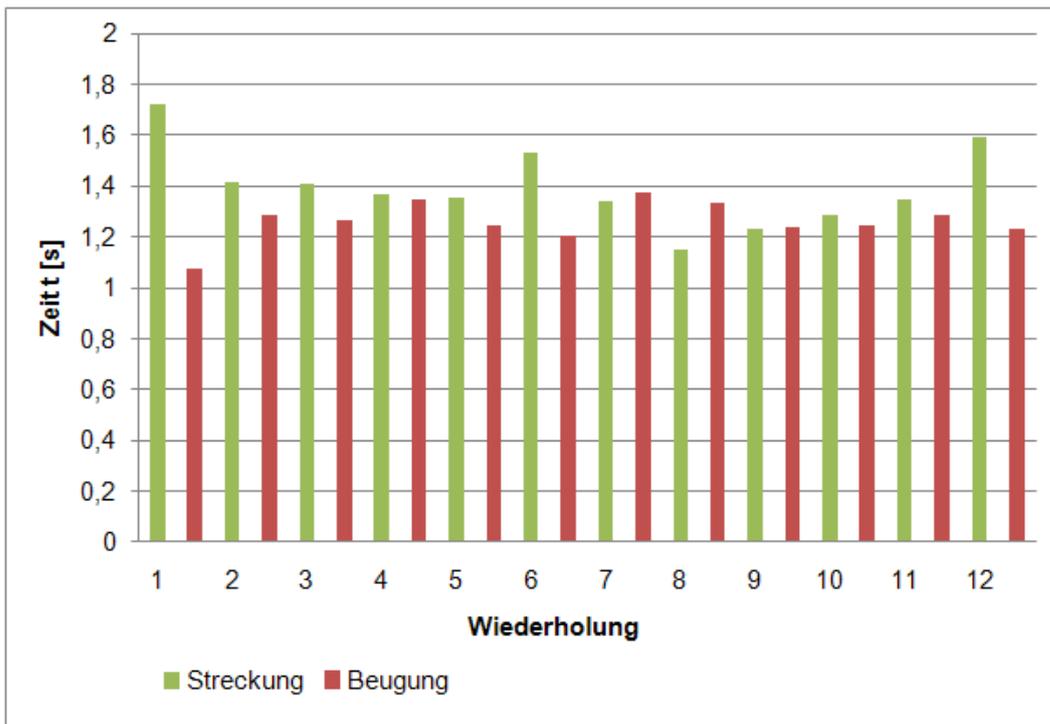


Abbildung 60: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 13

In Abbildung 61 sind die Bewegungsamplituden der einzelnen Versuchsdurchgänge dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass sich die Amplituden in der Beugung meistens ähneln, in der Streckung allerdings voneinander abweichen.

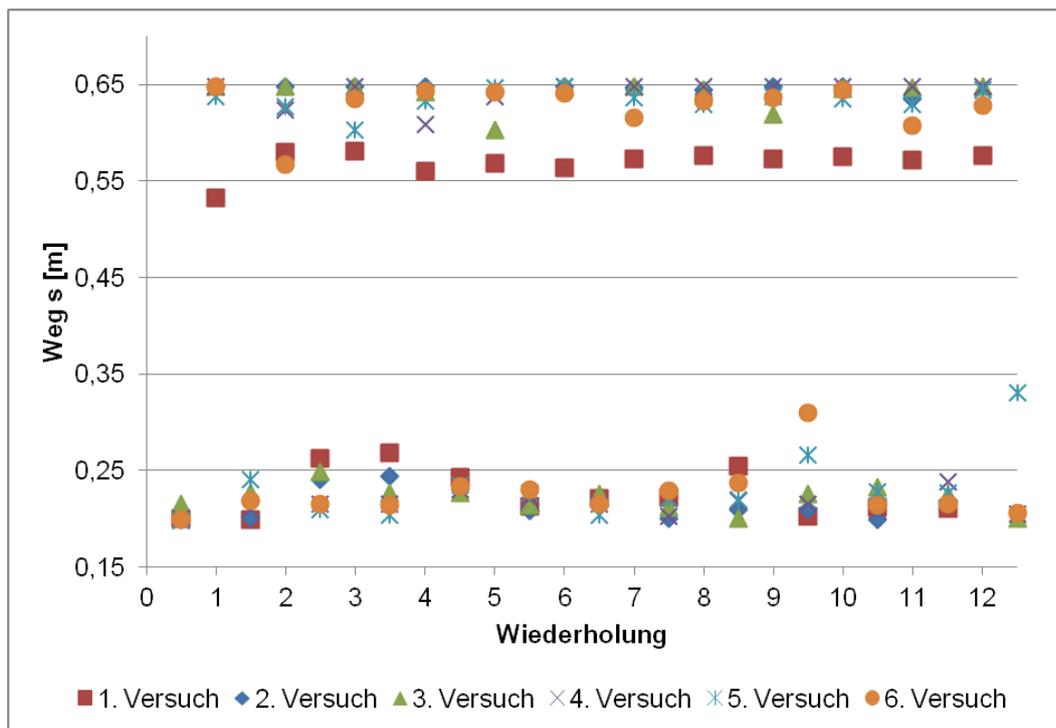


Abbildung 61: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 13

8.1.14 Probandin 14

Probandin 14 ist 25 Jahre alt, 1,64m groß und hat keine Erfahrung an der Beinpresse.

8.1.14.1 Videoanalyse

Die Bewegungsgeschwindigkeit ist zu schnell, wobei die Streckung teilweise schneller ausgeführt ist als die Beugung und umgekehrt. Die Umkehrbewegung verläuft in der Streckung oft ruckartig und der Beginn der Beugung schnell. In der Beugung ist die Umkehrung gleichmäßig, aber auch schnell. Die Bewegungsamplitude ist teilweise unregelmäßig, und die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Wiederholung, deren Messdaten in den Abbildungen 62 und 63 dargestellt sind, so ist die Bewegung zwar kontrolliert, aber zu schnell ausgeführt.

8.1.14.2 Messdaten

In Abbildung 62 sind der Weg und die Kraft während einer Einzelwiederholung abgebildet. An der steilen Wegkurve ist zu erkennen, dass die Bewegung schnell ausgeführt wurde. Die Kraftkurve zeigt zu Beginn der Streckung einen Anstieg und während der Umkehrbewegung eine leichte Entlastung. In der Beugung ist ein starkes Abfallen der Kraft zu sehen, da die Beugung zu stark ausgeführt wurde und das Gewicht aufgelegt ist.

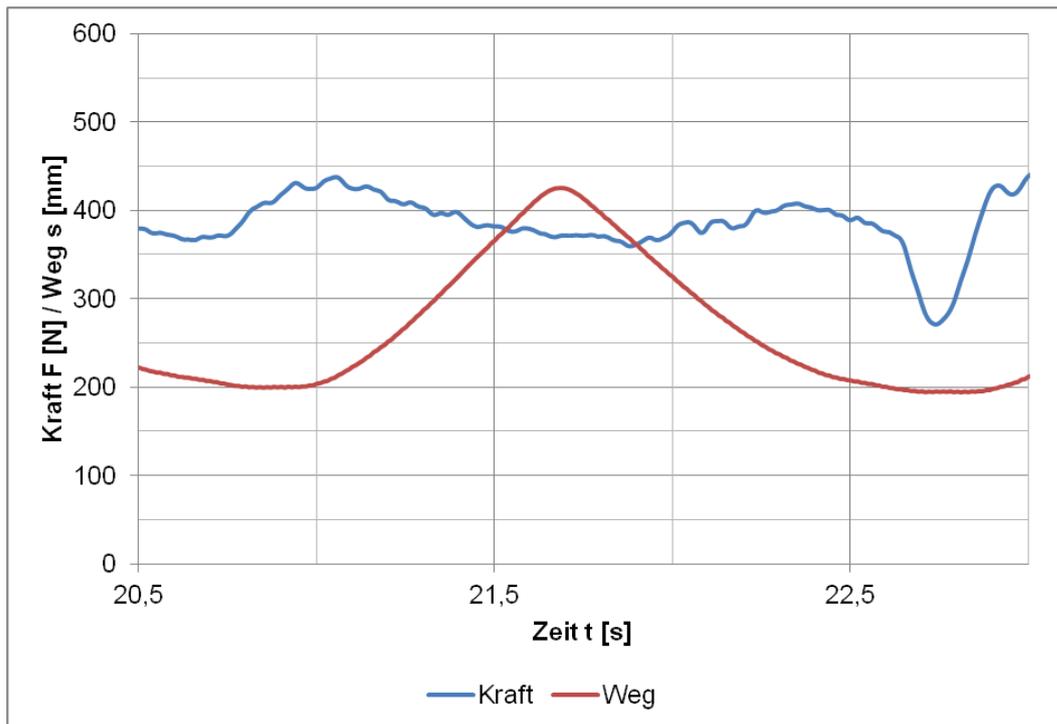


Abbildung 62: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 14

In Abbildung 63 sind die Kurven des Weges und der Geschwindigkeit einer Einzelwiederholung dargestellt. Die Geschwindigkeit steigt während Streckung und Beugung auf bis über 0,4m/s an. Der starke Abfall der Geschwindigkeit in der Umkehrbewegung zeigt, dass diese sehr schnell abläuft.

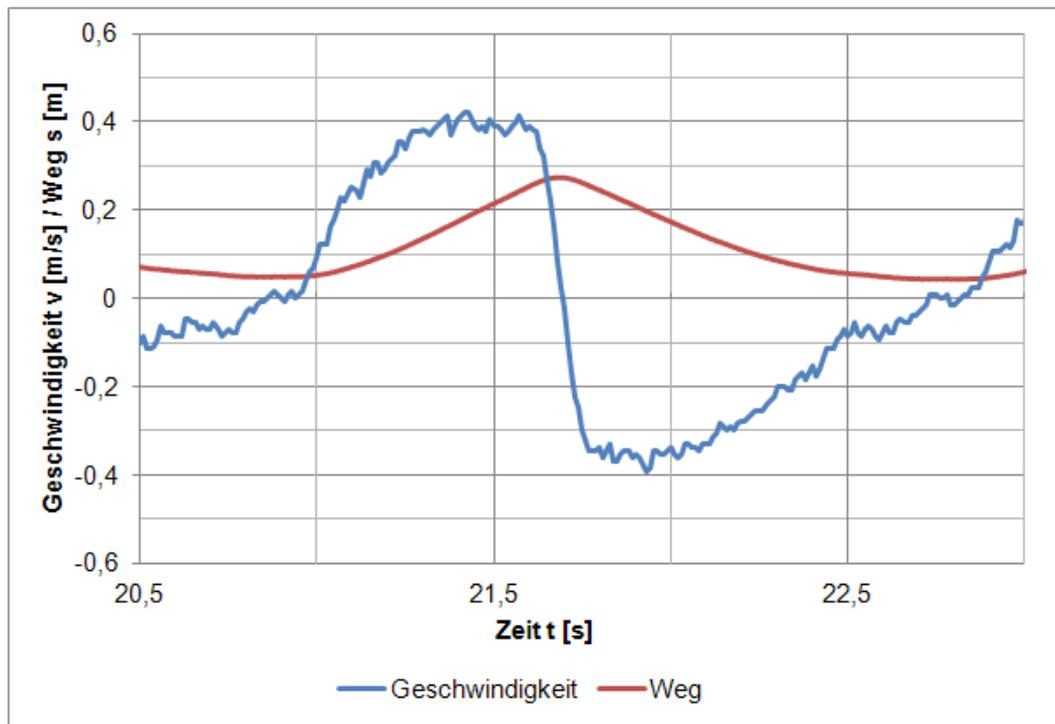


Abbildung 63: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 14

8.1.14.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

In beiden Analysemethoden ist zu erkennen, dass die Bewegung zu schnell ausgeführt wird, sie aber kontrolliert und regelmäßig durchgeführt wird. Die Kraftkurve zeigt nur einen Einbruch, weil die starke Beugung zu einem Ablegen des Gewichts geführt hat.

8.1.14.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 64 sind die durchschnittliche Dauer der einzelnen Streckungen und Beugungen abgebildet. Sowohl die Dauer der Streckungen als auch die Dauer der Beugungen sind unterschiedlich.

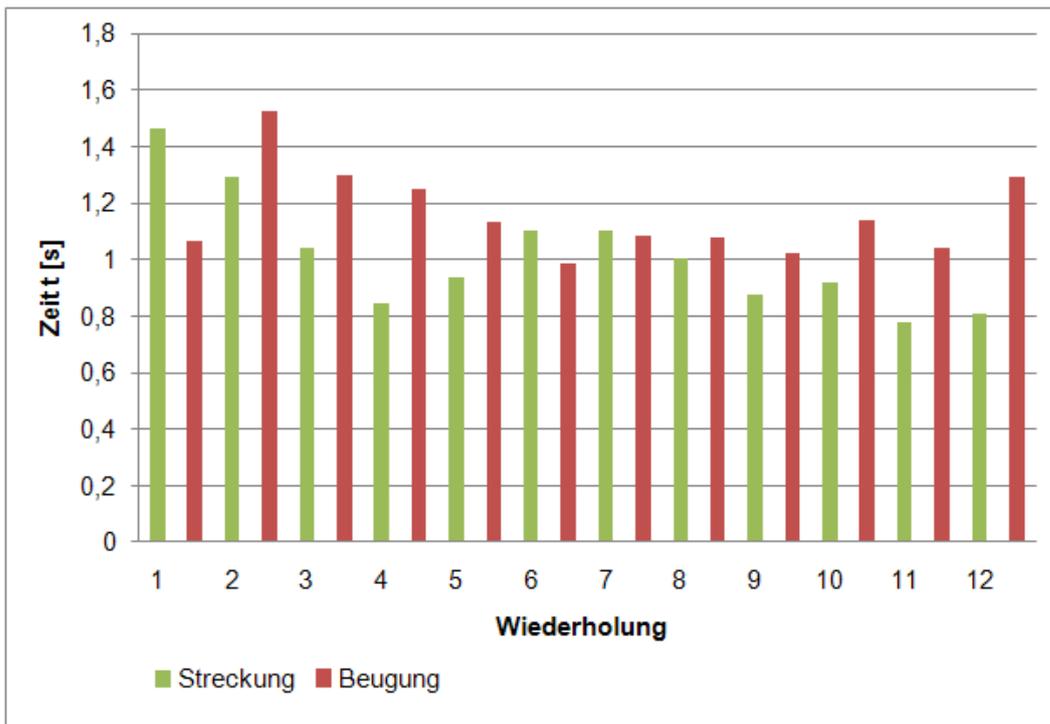


Abbildung 64: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 14

In Abbildung 65 sind die Bewegungsamplituden der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge dargestellt. Die Amplituden sind sowohl bei den Einzelwiederholungen als auch zwischen den einzelnen Versuchsdurchgängen unterschiedlich.

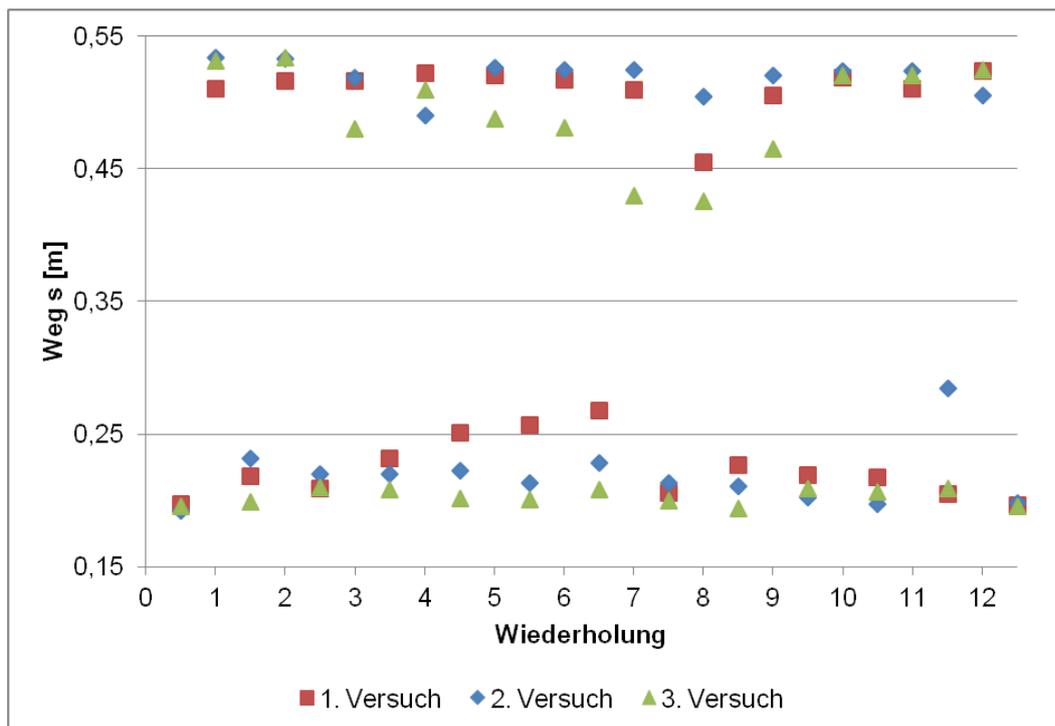


Abbildung 65: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 14

8.1.15 Probandin 15

Probandin 15 ist 20 Jahre alt, 1,62m groß und erfahren an der Beinpresse.

8.1.15.1 Videoanalyse

Die Bewegung wird sehr schnell und unregelmäßig ausgeführt. Einmal ist die Streckung schneller, einmal die Beugung. Die Umkehrbewegung verläuft in der Streckung und teilweise in der Beugung schnell und kantig. Die Bewegungsamplitude ist unregelmäßig. Die Beine werden teilweise zu stark gestreckt und zu wenig gebeugt. Die Beinachsen bleiben stabil.

Betrachtet man die Einzelwiederholung, deren Daten in den Abbildungen 66 und 67 dargestellt werden, so ist zu erkennen, dass die Bewegung zu schnell durchgeführt wird. Die Bewegung ist allerdings regelmäßig und geführt.

8.1.15.2 Messdaten

In Abbildung 66 sind die Wegkurve und die Kraftkurve einer Einzelwiederholung abgebildet. An den Steigungen der Wegkurve ist zu sehen, dass die Bewegung sehr schnell ausgeführt wird. Außerdem sind die zwei Wendepunkte in den

Beugungen ungleich hoch. Die Kraftkurve zeigt im Laufe der Streckung einen Abfall und steigt im Laufe der Beugung wieder an. In der gebeugten Position finden demnach die größten Belastungen statt.

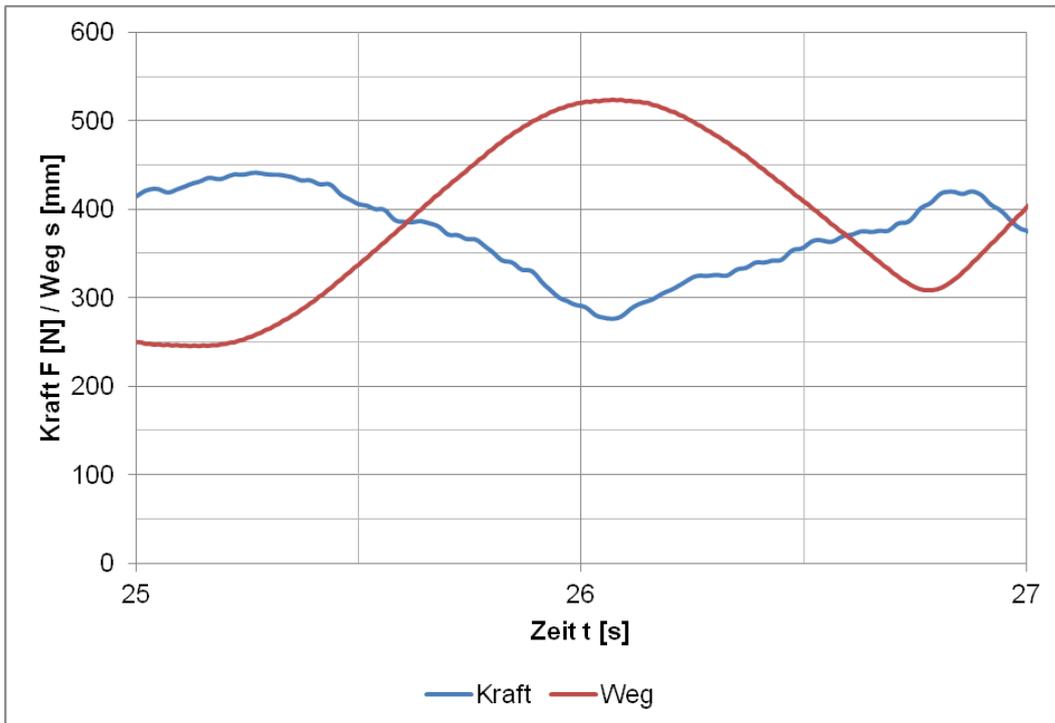


Abbildung 66: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 15

Die Geschwindigkeit während der Einzelwiederholung, die in Abbildung 67 zu sehen ist, wächst während der Streckung auf über 0,45m/s und während der Beugung auf bis über 0,4m/s an. Der Übergang zwischen Streckung und Beugung ist bei dieser Einzelwiederholung relativ langsam, weil die Geschwindigkeit flach abfällt.

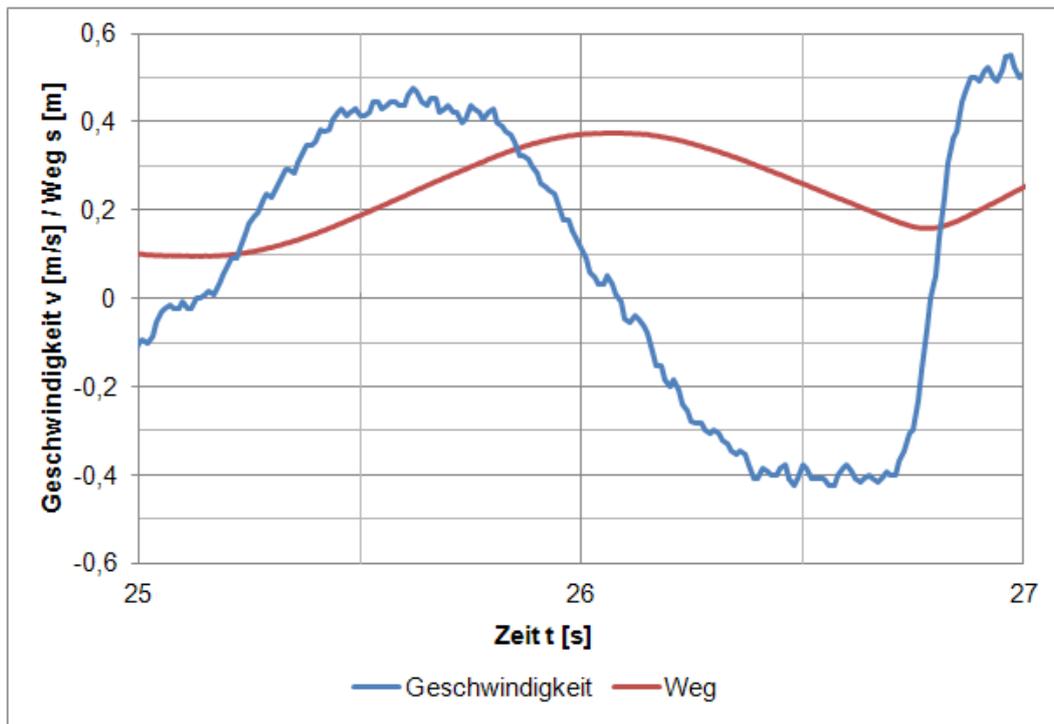


Abbildung 67: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 15

8.1.15.3 Zusammenhang zwischen Video und Messdaten

Vergleicht man die Videoanalyse mit den dargestellten Kurven, so kann in beiden die zu schnelle Bewegung festgestellt werden. Die Kraftkurve zeigt einen Abfall während der Streckung und einen Anstieg während der Beugung, was auf eine schwungvolle Bewegung hindeutet. Die Wegkurve und die Geschwindigkeitskurve deuten auf eine regelmäßige Bewegung hin.

8.1.15.4 Erweiterte Datenanalyse

In Abbildung 68 sind die durchschnittliche Dauer der Beugungen und Streckungen abgebildet. Die Dauern der Streckungen und Beugungen weichen stark voneinander ab. Meistens sind die Beugungen langsamer durchgeführt als die Streckungen.

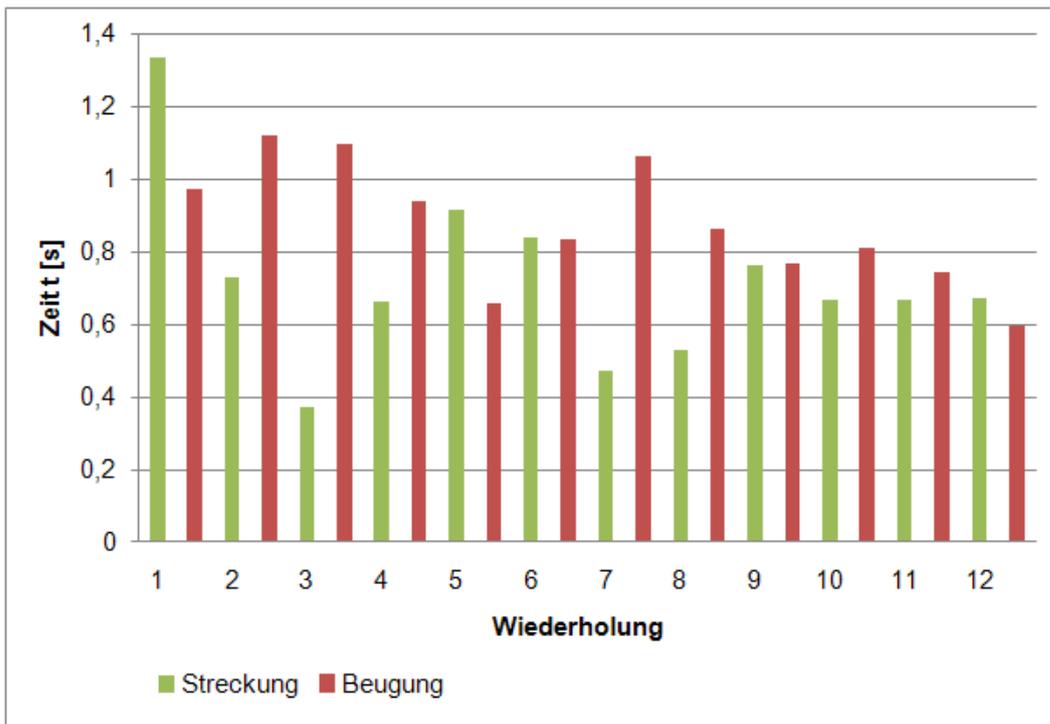


Abbildung 68: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 15

In Abbildung 69 sind die Bewegungsamplituden der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich der Bewegungsumfang sowohl zwischen den Einzelwiederholungen als auch zwischen den Versuchsdurchgängen unterscheidet.

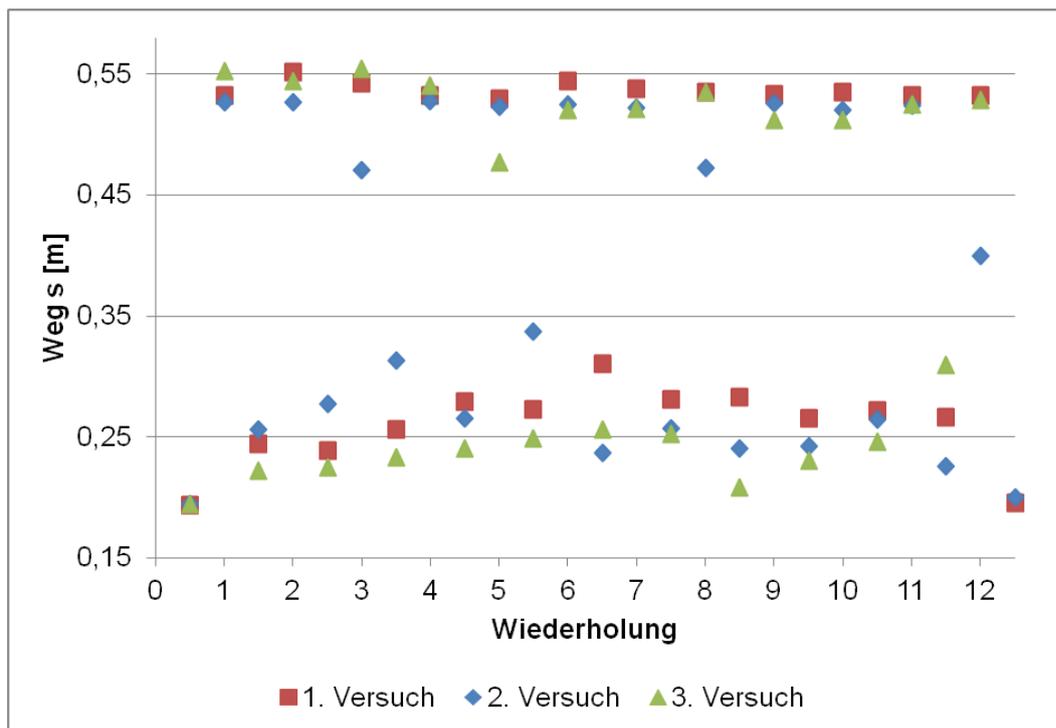


Abbildung 69: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 15

9 Parameter der Auswertung

Hier werden die speziellen Parameter herausgearbeitet, die auf eine richtige Bewegungsausführung deuten. Diese Parameter ergeben sich aus der Kombination der 62 Datensätze und der Videoanalyse.

9.1 Kraft

Obwohl es sich um Krafttraining handelt, sollte die Belastung auf die Gelenke vor allem im gesundheitsfördernden Bereich gering ausfallen. Die Kraftkurve sollte demnach keine Kraftspitzen aufweisen, sondern möglichst gleichmäßig bleiben und keinen großen Schwankungen unterliegen. Wenn die Bewegung gleichmäßig und ruhig ausgeführt wird, dann gibt es keine Einbrüche oder Spitzen in der Kurve. Bei ruckartigen Richtungswechseln oder Geschwindigkeitsänderungen entstehen Kraftspitzen, die zu erhöhten Belastungen in den Gelenksstrukturen führen.

Durch die Aufzeichnung der Kraftkurve kann den Sportlerinnen und Sportlern veranschaulicht werden, wie sich die Kraft während der Ausführung verhält und welcher Belastungsverlauf sich für die Gelenke daraus ergibt.

9.2 Geschwindigkeit

Die Bewegungsausführung sollte vor allem bei Übungsanfängern langsam und ruhig ausfallen. Im Lauf der Bewegung sollte die Geschwindigkeit langsam ansteigen und zum Wendepunkt hin wieder langsam abfallen. Je steiler die Geschwindigkeitskurve verläuft, desto ruckartiger und schneller ist die Bewegung. Die Geschwindigkeit sollte unter 0,32m/s bleiben, was einer Bewegungsdauer von 1-2s für die einzelnen Beugungen und Streckungen entspricht.

Durch die Darstellung der Geschwindigkeitskurve wird den Sportlerinnen und Sportlern vor Augen geführt, wie gleichmäßig oder ruckartig die Ausführung ihrer Bewegung ist. Außerdem können sie selbst kontrollieren, ob sie gewisse Geschwindigkeitsgrenzen überschreiten.

9.3 Weg

Die Bewegungsamplitude sollte an der Beinpresse möglichst groß sein, wobei die Knie nicht ganz durchgestreckt werden dürfen. Der Weg sollte demnach innerhalb der einzelnen Wiederholungen auch möglichst weit sein. Zwischen den Wiederholungen soll die Weite konstant bleiben. Die einzelnen Versuche sollten untereinander auch eine ähnliche Bewegungsamplitude aufweisen. Anhand der Wegkurve im Zeitverlauf kann erkannt werden, wie gleichmäßig und ruhig die Bewegung ausgeführt wurde. Je steiler die Wegkurve ist, desto schneller und ruckartiger ist die Bewegung.

Die Sportlerinnen und Sportler können anhand der Auswertung des Weges überprüfen, wie regelmäßig der Weg zwischen den einzelnen Wiederholungen ist und die Bewegungsamplitude. Außerdem kann anhand der Wegkurve der Verlauf der Bewegung nachvollzogen werden und im Zusammenhang mit der Kraft- oder der Geschwindigkeitskurve betrachtet werden.

10 Schlussfolgerung

In diesem Teil der Arbeit werden die Ergebnisse zusammengefasst, Grenzen aufgezeigt und ein Ausblick für weitere Forschungsmöglichkeiten geben.

Bewegung und Sport spielen für die Gesundheitsförderung eine bedeutende Rolle, weil dadurch wichtige Schutzfaktoren und Ressourcen gestärkt werden und so den Belastungen des täglichen Lebens besser entgegengewirkt werden kann.

Neben dem Ausdauertraining dem Beweglichkeitstraining und dem Koordinationstraining stellt Krafttraining eine wichtige Rolle für ein ausgeglichenes gesundheitsförderndes Training dar. Im gesundheitsfördernden Bereich sollte das Krafttraining mit geringen Gewichten und vor allem bei Anfängerinnen und Anfängern eher nach der Kraftausdauer Methode durchgeführt werden. Die Bewegungsausführung sollte langsam und ruhig ausfallen.

Unter Berücksichtigung des gesundheitsfördernden Krafttrainings wurde dann der Versuchsablauf an der Beinpresse entwickelt.

Die Beinpresse wurde von der Abteilung für Biomechanik, Bewegungswissenschaft und Sportinformatik des Instituts für Sportwissenschaft der Universität Wien mit Weg- und Kraftsensoren ausgestattet und ein dazu passendes Programm entwickelt, um die Daten zu filtern und aufzuzeichnen.

Während der Versuchsdurchführung wurden die Messdaten der Sensoren aufgezeichnet und parallel dazu ein Video der Bewegungsausführung gemacht. Die Messdaten der Sensoren und die Videoaufzeichnung wurden anschließend ausgewertet und die Ergebnisse miteinander verglichen und verknüpft.

Durch die Videoanalyse konnte die Bewegungsausführung visuell betrachtet und beurteilt werden. Die Daten der Sensoren gaben Aufschluss über den Weg-, Kraft- und Geschwindigkeitsverlauf. Außerdem wurde die durchschnittliche Dauer der Streckungen und Beugungen und die Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Übungsverläufe dargestellt.

Bei der Auswertung ist der Weg zu Beginn der Analyse ein guter Anhaltspunkt, weil er mit seinen Steigungen und Plateaus auf schnelle, ruckartige oder gehaltene Phasen in der Bewegung aufmerksam machen kann.

Die Kraft in Zusammenhang mit der Geschwindigkeit eignet sich, um die Qualität der Bewegung zu beurteilen. Sind die Umkehrbewegungen ruckartig, zeigt die Kraftkurve aufgrund der Trägheit sofort Spitzen in beide Richtungen. Wird die Streckung oder die Beugung unregelmäßig ausgeführt, zeigt sowohl die Geschwindigkeit starke Anstiege als auch die Kraft Unregelmäßigkeiten. Außerdem sollte die Geschwindigkeit nicht auf über 0,32m/s ansteigen, weil das auf eine zu schnell Bewegungsausführung hindeutet.

Die Dauer der einzelnen Streckungen und Beugungen und die Bewegungsamplitude sind ein gutes Instrument, um die sichere Beherrschung der Bewegung festzustellen. Je neuer die Bewegung für einen Probanden ist, desto weiter weichen die einzelnen Bewegungsamplituden voneinander ab, weil die Bewegung erlernt werden muss und dann erst gefestigt werden kann.

Für die Sportlerinnen und Sportler wird der „Mobile Motion Advisor“ in Zukunft eine wichtige Hilfestellung im Training darstellen, weil eine genaue Darstellung der Bewegungsausführung erfolgt und so eine individuelle Rückmeldung gegeben werden kann.

Trotz der angebrachten Sensoren kann auf die Instruktion eines qualifizierten Trainers nicht verzichtet werden. Hier gelangen wir zu den derzeitigen Grenzen des Systems. Die richtige Positionierung der Füße oder die Kontrolle der Beinachse sowie der Kontakt mit der Rückenlehne werden mit den vorhandenen Sensoren schließlich nicht überprüft.

Um die Daten in ein neuronales Netz zu integrieren, sollte die Messkette noch verbessert werden, weil es im Lauf der Studie immer wieder zu Messfehlern gekommen ist. Ein neuronales Netz könnte diese Daten in vorliegender Form nur schwer verarbeiten. Außerdem muss ein Programm entwickelt werden, das die verschiedenen Kurven automatisch berechnet sowie die Wendepunkte erkennt und auswertet.

Im weiteren Lauf der Entwicklung des „Mobile Motion Advisors“ sollte auch der Leistungssportbereich mit einbezogen werden, weil es zum Beispiel im Rahmen des Schnellkrafttrainings interessant wäre, welchen Geschwindigkeitsverlauf die einzelnen Wiederholungen aufweisen. Im Maximalkrafttraining kann der Kraftverlauf ein wichtiger Anhaltspunkt für die Belastungen während des

Bewegungsverlaufes sein. Im gesundheitsfördernden Bereich könnte der „Mobile Motion Advisor“ durch die Kombination mit einem Metronom oder einer visuellen Hilfestellung die Bewegungsgeschwindigkeit vorgegeben werden und dadurch die Bewegungsqualität zusätzlich verbessert werden.

Die Sensoren geben eine zuverlässige Auskunft über die Qualität der Bewegungsausführung an der Beinpresse, und bei verbesserter Messkette können die Daten gut für die Entwicklung eines neuronalen Netzes eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- Altgeld, T. & Kolip, P. (2004). Konzepte und Strategien der Gesundheitsförderung. In K. Hurrelmann, T. Klotz und J. Haisch (Hrsg.), *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung* (S. 41-51). Bern: Huber.
- Becker, P. (2006). Gesundheit und Gesundheitsmodelle. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (S. 31-41). Schorndorf: Hofmann.
- Brinckmann, P., Frobin, W., & Leivseth, G. (2000). *Orthopädische Biomechanik*. Stuttgart [u.a.]: Thieme.
- Boeckh-Behrens, W. & Buskies, W. (2006). Stärkung physischer Gesundheitsressourcen: Konzepte, Effekte, Methoden. Kraftfähigkeit. In K. Bös & W. Brehm (Hrsg.), *Handbuch Gesundheitssport* (S. 255-264). Schorndorf: Hofmann.
- Bundesministerium für Gesundheit, Gesundheit Österreich GmbH und Geschäftsbereich Fonds Gesundes Österreich (2010). *Österreichische Empfehlungen für gesundheitswirksame Bewegung*. Zugriff am 22. Februar unter <http://www.fgoe.org/presse-publikationen/downloads/forschung/bewegungsempfehlungen/2010-04-28.1864800615>.
- Bürklein, M. (2007). Gesundheitsverständnis und Gesundheitsmodelle. In L. Vogt & A. Neumann (Hrsg.), *Sport in der Prävention : Handbuch für Übungsleiter, Sportlehrer, Physiotherapeuten und Trainer* (2. Aufl., S. 5-32) Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Ehrsam, R. & Gutzwiller, F. (2006). Die Bedeutung der Muskelkraft. In W. Kieser (Hrsg.) *Krafttraining in Prävention und Therapie. Grundlagen, Indikationen, Anwendung* (S. 13-22). Bern: Huber.
- Escamilla, R., Fleisig, G., Zheng, N., Lander, J., Barrentine, S., Andrews, J., Bergemann, B. & Moorman, C. (2001). Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (9), 1552-1566.
- Gabriel, H., Wick, Ch. & Puta, Ch. (2007). Komponenten präventiven Gesundheitstrainings - Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit, Koordination. In L. Vogt & A. Neumann (Hrsg.), *Sport in der Prävention: Handbuch für Übungsleiter, Sportlehrer, Physiotherapeuten und Trainer* (2. Aufl., S. 33-65). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Geiger, L (2003). *Gesundheitstraining. Biologische und medizinische Zusammenhänge. Gezielte Bewegungsprogramme zur Prävention*. München: BLV.
- Goebel, S. & Stephan, A. (2006). Veränderungen durch Krafttraining. In W. Kieser (Hrsg.), *Krafttraining in Prävention und Therapie: Grundlagen - Indikationen - Anwendungen* (1. Aufl., S. 51-67). Bern: Huber.
- Haskell, W., Lee, I., Pate, R., Powell, K., Blair, S., Franklin, B., Macera, C., Heath, G., Thompson, P. & Bauman, A. (2007). Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39 (8) 1423-1434.
- Hurrelmann, K., Klotz, T., & Haisch, J. (2004). Einführung: Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. In K. Hurrelmann, T. Klotz und J. Haisch (Hrsg.), *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung* (S. 11-20). Bern: Huber.
- Kapandji, I. (1999). *Funktionelle Anatomie der Gelenke: schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik* (3. Aufl.). Stuttgart: Hippokrates.
- Kersten, R., & Siebecke, R. (2010). *Gerätefitness: Das Lehrbuch zur Trainer-Ausbildung*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

- Murphy, R., Dugdill, L & Crone, D. (2009). Physical activity, health and health promotion. In L. Dugdill & D. Crone (Eds.), *Physical Activity & Health Promotion. Evidence-based Approaches to Practice* (pp. 3-20). Chichester: Blackwell.
- Olivier, N., Marschall, F. & Büsch, D. (2008). *Grundlagen der Trainingswissenschaft und -lehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Platzer, W. (2009). *Taschenatlas Anatomie*. (10. Aufl.). Stuttgart: G. Thieme.
- Preuchl, E., Baca, A., Navatchkov, H., Kornfeind, P., Bichler, S. & Boescoer M. (2010). Mobile Motion Advisor – a feedback system for physical exercise in schools. *Procedia Engineering*, 2 (2), 2741-2747.
- Rana, S., Chleboun, G., Gilders, R., Hagerman, F., Herman, J., Hikida R., Kushnick M., Staron, R. & Toma K. (2008). Comparison of early phase adaptations for traditional strength and endurance, and low velocity resistance training programs in college-aged women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (1), 119-127.
- Reimann, S. & Hammelstein, P. (2006). Ressourcenorientierte Ansätze. In B. Renneberg & P. Hammelstein (Hrsg.), *Gesundheitspsychologie* (S. 13-28). Heidelberg: Springer.
- Rey, G. & Wender, K. (2008). *Neuronale Netze. Eine Einführung in die Grundlagen, Anwendungen und Datenauswertung*. (1. Aufl.). Bern: Huber.
- Schauder, P. & Koch, H. (2006). Facetten und Ziele der Prävention. In P. Schauder, H. Berthold, H. Eckel, & G. Ollenschläger (Hrsg.), *Zukunft sichern: Senkung der Zahl chronisch Kranker: Verwirklichung einer realistischen Utopie* (S. 30-38). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Scriven, A. (2010). *Promoting health: a practical guide* (6. Aufl.). London: Elsevier Health Sciences.
- U.S. Department of Health and Human Services (2008). *2008 Physical activity guidelines*. Zugriff am 22. Februar 2011 <http://www.health.gov/PAGuidelines/pdf/paguide.pdf>.
- Wahle, S. (2009). *Optimiertes Krafttraining mit der ILB-Methode*. Hamburg: Books on Demand.
- Weltgesundheitsorganisation (1986). *Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung*. Zugriff am 14. Februar 2011 unter <http://www.api.or.at/sp/download/whodoc/e%2090%20ottawa%20charta%20deutsch.pdf>.
- Weltgesundheitsorganisation (2009). *Verfassung der Weltgesundheitsorganisation*. Zugriff am 14. Februar 2011 unter <http://www.admin.ch/ch/d/sr/i8/0.810.1.de.pdf>.
- Wirhed, R. (2001). *Sportanatomie und Bewegungslehre* (3. Aufl.). Stuttgart: Schattauer.
- Zimmermann, K. (2000). *Gesundheitsorientiertes Muskelkrafttraining : Theorie, Empirie, Praxisorientierung*. Schorndorf: Hofmann.

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Einfluss körperlicher Aktivität auf Krankheiten und Symptome (U.S. Department of Health and Human Services, 2008, S. 7)	14
Abbildung 2: Arbeitsweise der Muskulatur (Fry & Newton, zit. nach Olivier, Marschall & Büsch, 2008, S. 95)	23
Abbildung 3: Stufenplan eines Gesundheitsorientierten Krafttrainings (Geiger, 2003, S. 63)	26
Abbildung 4: Beinpresse.....	42
Abbildung 5: Informationsschreiben, eigenverfasstes Schreiben der Autorin.....	51
Abbildung 6: Einverständniserklärung, eigenverfasstes Schreiben der Autorin.....	52
Abbildung 7: Datenblatt, eigenverfasstes Formular der Autorin	53
Abbildung 8: Plattform-Wägezelle der Firma HBM (http://www.hbm.com/uploads/pics/02_weighing_pw12c3.jpg Zugriff am 02.10.2011)	54
Abbildung 9: Streudiagramm	59
Abbildung 10: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 1	62
Abbildung 11: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 1	62
Abbildung 12: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 1	63
Abbildung 13: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 1	64
Abbildung 14: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 2.....	65
Abbildung 15: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 2.....	66
Abbildung 16: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 267	
Abbildung 17: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 2.....	68
Abbildung 18: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 3.....	69
Abbildung 19: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 3.....	70
Abbildung 20: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 3.....	71
Abbildung 21: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 3.....	72

Abbildung 22: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 4	73
Abbildung 23: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 4	73
Abbildung 24: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 4	74
Abbildung 25: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 4	75
Abbildung 26: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 5	76
Abbildung 27: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 5	77
Abbildung 28: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 5	78
Abbildung 29: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 5	79
Abbildung 30: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 6	80
Abbildung 31: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 6	81
Abbildung 32: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 6	82
Abbildung 33: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Übungsdurchgänge von Probandin 6	82
Abbildung 34: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 7	83
Abbildung 35: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 7	84
Abbildung 36: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 7	85
Abbildung 37: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 7	86
Abbildung 38: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 8	87
Abbildung 39: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 8	88
Abbildung 40: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 8	89
Abbildung 41: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 8	89

Abbildung 42: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 9.....	90
Abbildung 43: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 9.....	91
Abbildung 44: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 9	92
Abbildung 45: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuche von Proband 9.....	92
Abbildung 46: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 10.....	93
Abbildung 47: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 10.....	94
Abbildung 48: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 10.....	95
Abbildung 49: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 10.....	96
Abbildung 50: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 11.....	97
Abbildung 51: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 11.....	98
Abbildung 52: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 11.....	99
Abbildung 53: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 11.....	100
Abbildung 54: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 12.....	101
Abbildung 55: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 12.....	102
Abbildung 56: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 12.....	103
Abbildung 57: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 12.....	104
Abbildung 58: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 13.....	105
Abbildung 59: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Proband 13.....	106
Abbildung 60: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Proband 13.....	107

Abbildung 61: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Proband 13	108
Abbildung 62: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 14	109
Abbildung 63: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 14	110
Abbildung 64: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 14	111
Abbildung 65: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 14	112
Abbildung 66: Kraft- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 15	113
Abbildung 67: Geschwindigkeits- und Wegdiagramm einer Einzelwiederholung von Probandin 15	114
Abbildung 68: Durchschnittliche Zeiten der Streckungen und Beugungen von Probandin 15	115
Abbildung 69: Bewegungsamplitude der unterschiedlichen Versuchsdurchgänge von Probandin 15	116

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Möglichkeiten der individuellen Gesundheitserhaltung (Bürklein, 2007, S. 6).....	12
Tabelle 2: Belastungsdosierung im gesundheitsorientierten Fitness-Krafttraining (Boeckh- Behrens & Buskies, 2006, S. 260)	27
Tabelle 3: Zusammenfassung der Anpassungen des menschlichen Organismus an Krafttraining (Goebel & Stephan, 2006, S. 65).....	33
Tabelle 4: Formeln zur Berechnung der Kurven	55
Tabelle 5: Werte aus den Datenblättern der Probandinnen und Probanden	57
Tabelle 6: Größe, Masse und Alter der Probandinnen.....	58
Tabelle 7: Größe, Masse und Alter der Probanden.....	58

Anhang

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (zum Beispiel für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (zum Beispiel Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.

Maria Waltersam, Bakk. rer. nat

Lebenslauf

Geburtsdatum: 26.05.1985

Ausbildung

- 1991-1995 Karl-Stingl Volksschule, Mödling
- 1995-1999 Jakob-Thoma Hauptschule, Mödling
- 1999-2003 Oberstufenrealgymnasium BORG3, Wien
- 2003-2009 Bakkalaureatsstudium Sportmanagement, Universität Wien
- 2005 Instruktorin für Snowboarden, Hintertux
- 2006 Lehrwartin für Kunstturnen, Linz
- 2006 Instruktorin für Snowboarden-Freestyle, Kaunertal
- Seit 2009 Magisterstudium Sportwissenschaft
- Seit 2011 Ausbildung zur Instruktorin Fit – Gesundheit

Berufserfahrung

Sportunion Mödling

- Seit 2002 Trainerin für Kunstturnen, Nachwuchsgruppe ab 6 Jahren und Wettkampfgruppe
- Seit 2010 Trainerin für Gerätturnen, Aufbaugruppe 4-6 Jahren
- Seit 2010 Trainer für das Erwachsenenturnen „Gymnastic's Fantastic“
- Seit 2011 Trainerin für Abenteuerturnen 7-10 Jahre
- Musik und Choreografie für diverse Auftritte und Schauturnen der Kunstturnerinnen

Die mödlinger Sportfreunde

- Seit 2009 Leiterin der Sektion „Gymnastics“

Auslandsaufenthalt

- 2004 Trainerin für Gerätturnen in einem Sommercamp, Massachusetts, USA

2004-2006 Snowboardlehrerin bei Schulschikursen