



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Pausendauer zwischen Belastungssätzen im Krafttraining  
und deren Bedeutung für die Entwicklung von Muskelkraft  
und Muskelmasse“

verfasst von / submitted by

Haliniak Jeff Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien, 2021 / Vienna, 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

UA 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

## **Abstract**

Lifting weights is the primary method to cause muscular adaptations and make strength and hypertrophy gains. The rest interval between sets plays an important role in planning an effective resistance training program. The goal of this paper was to define the optimal rest interval duration between sets to increase strength and muscle mass and in this regard analyse the differences between trained and untrained and between single- and multi-joint exercises. Therefore, a systematic review was performed and the following electronic databases were searched: PubMed, Scopus and Web of Science. 16 studies focussing on the measurements of strength and 6 focussing on the measures of muscle hypertrophy met the following criteria and were included in the review: a) experimental study published in a peer reviewed journal; b) a minimum of 2 training groups, with the only difference between groups being the rest interval duration and all other parameters like sets and repetitions being equal; c) the study lasted for a minimum of 4 weeks with at least 2 training sessions per week; d) at least one method of measuring changes in muscle mass was used in the study. 1-10RM tests including isometric and isokinetic tests. Or at least one method of measuring a change in muscle mass; e) participants had no known chronic disease or injury. Methodological quality was assessed using the PEDro scale which showed the included studies ranging in between moderate and very good quality. Literature shows that trained individuals should rest 2-5 minutes between sets if their goal is to increase strength or gain muscle mass whereas untrained individuals can make robust increases in strength and muscle mass using a rest interval of around 1 minute.

Keywords: rest interval, strength, hypertrophy, trained, untrained

## **Kurzzusammenfassung**

Krafttraining ist die primäre Methode, um muskuläre Anpassungen hervor zu rufen und sowohl eine Steigerung der Kraft als auch der Muskelmasse zu erzielen. Die Pausendauer zwischen den Sätzen spielt eine wichtige Rolle bei der Planung eines effektiven Krafttrainings. Ziel dieser Arbeit war es die optimale Pausendauer für die Steigerung der Kraft und Muskelmasse zu definieren und dabei sowohl auf die Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Personen als auch zwischen ein- und mehrgelenkigen Übungen einzugehen. Dazu wurde ein systematischer Review durchgeführt und die Datenbanken PubMed, Scopus und Web of Science durchsucht. 16 Studien, die sich mit der Entwicklung der Kraft und 6 die sich mit der Entwicklung der Muskulatur beschäftigten, erfüllten folgende Kriterien und wurden in das Review aufgenommen: a) experimentelle Studie, die

in einem begutachteten Journal veröffentlicht wurde; b) mindestens 2 Trainingsgruppen, die sich nur durch die Dauer der Pause zwischen den Sätzen unterschieden. Alle weiteren Parameter wie die Anzahl der Trainingssätze und Wiederholungen mussten gleich sein; c) die Dauer der Trainingsintervention betrug mindestens 4 Wochen mit mindestens 2 Trainingseinheiten pro Woche; d) Durchführung von mindestens einem Test zur Bewertung der Entwicklung der Kraft. 1-10RM Tests, einschließlich isometrische und isokinetische Tests. Oder Durchführung von mindestens einem Test, um eine Veränderung der Muskelmasse zu identifizieren; e) Die ProbandInnen hatten keine zuvor bekannten chronischen Beschwerden oder Verletzungen. Die Qualität dieser Studien, welche mit der PEDro Skala bewertet wurde, war zwischen mäßig und sehr gut. Die Literatur zeigt, dass trainierte Personen, um Kraft und Muskelmasse zu steigern zwischen 2 und 5 Minuten Pause benötigen, wohingegen untrainierte Personen bereits mit Pausen von ungefähr einer Minute stabile Resultate hinsichtlich der Steigerung der Kraft und Muskelmasse erzielen.

Schlüsselwörter: Pausendauer, Kraft, Hypertrophie, trainiert, untrainiert

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abstract .....</b>	<b>II</b>
<b>Kurzzusammenfassung .....</b>	<b>II</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Forschungsfrage .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Methodik .....</b>	<b>3</b>
3.1. Strategie der Literaturrecherche .....	3
3.2. Flow Chart .....	5
3.3. Methodische Qualität.....	5
3.4. Studienauswahl - Kraft .....	7
3.5. Studienauswahl - Hypertrophie .....	10
3.6. Beschreibung der Studien.....	11
<b>4. Resultate .....</b>	<b>41</b>
4.1. Methodische Qualität.....	43
4.2. Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Kraft .....	44
4.3. Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Hypertrophie.....	48
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>50</b>
5.1. Ergebnisse der Veränderung der Kraft bei trainierten ProbandInnen .....	50
5.2. Ergebnisse der Veränderung der Kraft bei untrainierten ProbandInnen .....	51
5.3. Ergebnisse der Veränderung der Muskelmasse bei trainierten ProbandInnen ....	54
5.4. Ergebnisse der Veränderung der Muskelmasse bei untrainierten ProbandInnen	55
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>55</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>62</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>64</b>
<b>Eigenständigkeitserklärung.....</b>	<b>65</b>

## **1. Einleitung**

Krafttraining und die damit verbundene Steigerung der Muskulatur und Kraft spielt eine wichtige Rolle in der Aufrechterhaltung einer gesunden Lebensqualität und trägt unter anderem dazu bei, Fett zu reduzieren, den Grundumsatz zu steigern, den Blutdruck zu senken, Blutfette zu verbessern und die Insulinsensitivität zu steigern. (Ratamess et al., 2009) Muskuläre Kraft zeigt eine starke Korrelation mit verbesserter Sprungkraft, Sprintleistung, Richtungswechsel, sportartspezifischer Leistung und wirkt sich positiv auf die Postaktivierungspotenzierung und die Prävention von Verletzungen aus (Suchomel et al., 2016). Die wichtigsten Faktoren bei der Planung eines effektiven Krafttrainings sind die progressive Überbelastung, die Spezifität und die Variation. Zudem spielt die Umsetzung des Trainingsplans und die sorgfältige Planung der Muskelaktivität, die Intensität, das Volumen, die Auswahl und Reihenfolge der Übungen, die Trainingsfrequenz und die Pausendauer zwischen den Sätzen eine Schlüsselrolle in der Planung von individualisierten Trainingsplänen (Kraemer et al., 2002).

Bei der Planung eines Krafttrainings wird auf die Pausendauer zwischen den Sätzen jedoch oft wenig Wert gelegt und keine spezifischen Angaben dazu gemacht. Eine gewisse Pausendauer zwischen den Sätzen ist notwendig, weil die Muskulatur beim Krafttraining durch die Beanspruchung des anaeroben Stoffwechsels sehr schnell ermüdet (Willardson, 2008). Die Pausendauer zwischen den Sätzen ist dabei von verschiedenen Faktoren abhängig. Den Hauptfaktor stellt das Trainingsziel dar, aber auch Elemente wie Muskelfaserzusammensetzung, Trainingshistorie, beanspruchte Muskulatur, Ausmaß der bewegten Last, Reihenfolge der Übungen während einer Trainingssession, aktive oder passive Regeneration, Art der Muskelaktion, ob bis zum Muskelversagen trainiert wird und ob das Training als Zirkeltraining durchgeführt wird, spielen eine wichtige Rolle (Willardson, 2006).

Zum Thema Pausendauer zwischen den Sätzen haben de Salles et al., (2009) ein Review durchgeführt, wobei sie sowohl die akuten als auch die chronischen Auswirkungen der Pausendauer analysierten. So zeigte sich eine signifikante Verminderung der Wiederholungen bei einer Pausendauer unter 3 Minuten, was hinsichtlich der Steigerung der Kraft, Schnellkraft, Kraftausdauer und Muskulatur relevant ist. Die Studie (Willardson, 2008) zeigte, dass diese Faktoren von der Fähigkeit abhängig sind die Anzahl der geplanten Wiederholungen über mehrere aufeinander folgende Sätze aufrechtzuerhalten. Hinsichtlich der Steigerung der Kraft untersuchten de Salles et al., (2009) die Studien (Pincivero et al.,

1997; Pincivero & Campy, 2004; Robinson et al., 1995), welche sich alle mit Übungen der unteren Extremität beschäftigten. Sie stellten fest, dass mit einer Pausendauer von 2-3 Minuten signifikant bessere Resultate erzielt werden als mit Pausen von 30 bis 90 Sekunden und dass längere Pausen höhere Intensitäten und Volumen beim Training erlauben. Zudem fanden sie heraus, dass noch längere Pausen von 4 Minuten und mehr nicht notwendig sind, da diese zu keiner weiteren Verbesserung führen.

Das Review von Henselmans und Schoenfeld, (2014) verwirft die Annahme, dass die optimale Pausendauer zur Stimulierung der Hypertrophie zwischen 30 Sekunden und einer Minute liegt, da keine der bisher durchgeführten Studien einen Vorteil für kurze gegenüber längeren Pausen hinsichtlich der Steigerung der Muskulatur zeigte. Die Studie (Buresh et al., 2009) dahingegen sogar einen Vorteil für die Gruppe mit 2,5 Minuten Pause gegenüber jener mit einer Minute Pause aufzeigte.

In ihrem systematischen Review untersuchten (Grgic et al., 2017) 6 Studien. 5 dieser Studien (Buresh et al., 2009; Fink et al., 2017; Hill-Haas et al., 2007; Piirainen et al., 2011; Villanueva et al., 2015) wurden mit untrainierten ProbandInnen und eine Studie (Schoenfeld et al., 2015) mit trainierten ProbandInnen durchgeführt. Die Interventionsdauer lag durchschnittlich bei 8,3 Wochen und die Dauer der Pausen betrug bei der kurzen Gruppe zwischen 20 und 60 Sekunden und bei der längeren Pausengruppe zwischen 80 und 240 Sekunden. Zwischen den beiden Gruppen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. Jedoch war es unklar, ob es hinsichtlich der Steigerung der Muskulatur und Pausendauer Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Personen gab.

Grgic et al., (2018) untersuchten die Auswirkungen der Pausendauer auf die Entwicklung der Kraft in ihrem systematischen Review. In ihrer Auswertung fanden sie heraus, dass eine Steigerung der Kraft mit einer großen Breite unterschiedlicher Pausendauern möglich ist. Es zeigte sich, dass sich die Pausendauer unterschiedlich bei trainierten und untrainierten Personen auswirkt. So zeigten sich bei den Studien (Schoenfeld et al., 2015; de Salles et al., 2010), dass bei trainierten Personen längere Pausen notwendig sind um eine Steigerung der Kraft hervor zu rufen. In der Studie (Simao, 2006) konnten dahingegen nach einer 4-wöchigen Trainingsphase keine Unterschiede zwischen der 1- und der 3 Minuten Pausengruppe beim 10RM Bankdrücken und Bicepscurl festgestellt werden. Bei den Studien mit untrainierten Personen (Villanueva et al., 2015; Buresh et al., 2009; Fink et al., 2017; Garcia-Lopez et al., 2007) zeigten sich keine Unterschiede zwischen unterschiedlicher Pausendauer bei dynamischen Krafttests, wohingegen (Pincivero et al., 1997; Pincivero &

Campy, 2004; Piirainen et al., 2011) eine größere Steigerung der Kraft bei den Gruppen mit längerer Pausendauer zu beobachtet war. Zusammenfassend schlossen (Grgic et al., 2018) darauf, dass um Kraft zu steigern bei trainierten Personen längere Pausen von über 2 Minuten notwendig sind, dies bei untrainierten Personen aber bereits mit Pausen zwischen 1 und 2 Minuten möglich ist.

Ziel dieser Arbeit ist es mit der bestehenden Literatur die optimale Pausendauer beim Krafttraining für die Steigerung von Muskelkraft und Muskelmasse zu bestimmen und somit Vorgaben für die Planung von Krafttrainings zur Erreichung unterschiedlicher Ziele zu liefern.

## **2. Forschungsfrage**

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Pausendauer zwischen den Belastungssätzen beim Krafttraining und deren Bedeutung für die Entwicklung von Muskelkraft und Muskelmasse untersucht.

Die behandelten Forschungsfragen lauten wie folgt:

- „Welches ist die optimale Pausendauer zwischen den Belastungssätzen beim Krafttraining für die Entwicklung von Muskelkraft und Muskelmasse?“
- „Gibt es hinsichtlich der Pausendauer beim Krafttraining Unterschiede zwischen trainierten und untrainierten Personen?“
- „Gibt es hinsichtlich der Pausendauer beim Krafttraining Unterschiede zwischen ein- und mehrgelenkigen Übungen?“

## **3. Methodik**

Im Folgenden wird der Suchprozess, welcher für die Auswahl der relevanten Studien angewandt wurde, vorgestellt. Bei der Arbeit handelt es sich um ein systematisches Review. Die Recherche bestand darin alle relevanten Studien zur Beantwortung der Fragestellung zu finden und dann mit den davor festgelegten Einschlusskriterien abzugleichen. Für die Recherche wurden die Datenbanken PubMed, Scopus und Web of Science verwendet.

### **3.1. Strategie der Literaturrecherche**

Bei der Recherche wurden die Begriffe: "rest interval", "rest period", "recovery time", "inter-set rest interval", "resistance training", "strength training", "strength", "training intensity", "muscle hypertrophy", "muscular hypertrophy", "cross sectional area", "muscle mass", "training load", "body composition", "fat free mass", "gains", "training volume" mit den Booleschen Operatoren „AND“ und „OR“ benutzt.

Für die Recherche wurden folgende Kriterien festgelegt, welche eine Studie erfüllen musste, um in das Review aufgenommen zu werden:

- Eine experimentelle Studie, die in einem begutachteten Journal veröffentlicht wurde.
- Es gab mindestens 2 Trainingsgruppen, die sich nur durch die Dauer der Pause zwischen den Sätzen unterschieden. Alle weiteren Parameter wie die Anzahl der Trainingssätze und Wiederholungen mussten gleich sein.
- Die Dauer der Trainingsintervention betrug mindestens 4 Wochen mit mindestens 2 Trainingseinheiten pro Woche.
- Durchführung von mindestens einem Test zur Bewertung der Entwicklung der Kraft. 1-10RM Tests, einschließlich isometrische und isokinetische Tests. Oder Durchführung von mindestens einem Test, um eine Veränderung der Muskelmasse zu identifizieren.
- Die ProbandInnen hatten keine zuvor bekannten chronischen Beschwerden oder Verletzungen.

### 3.2. Flow Chart

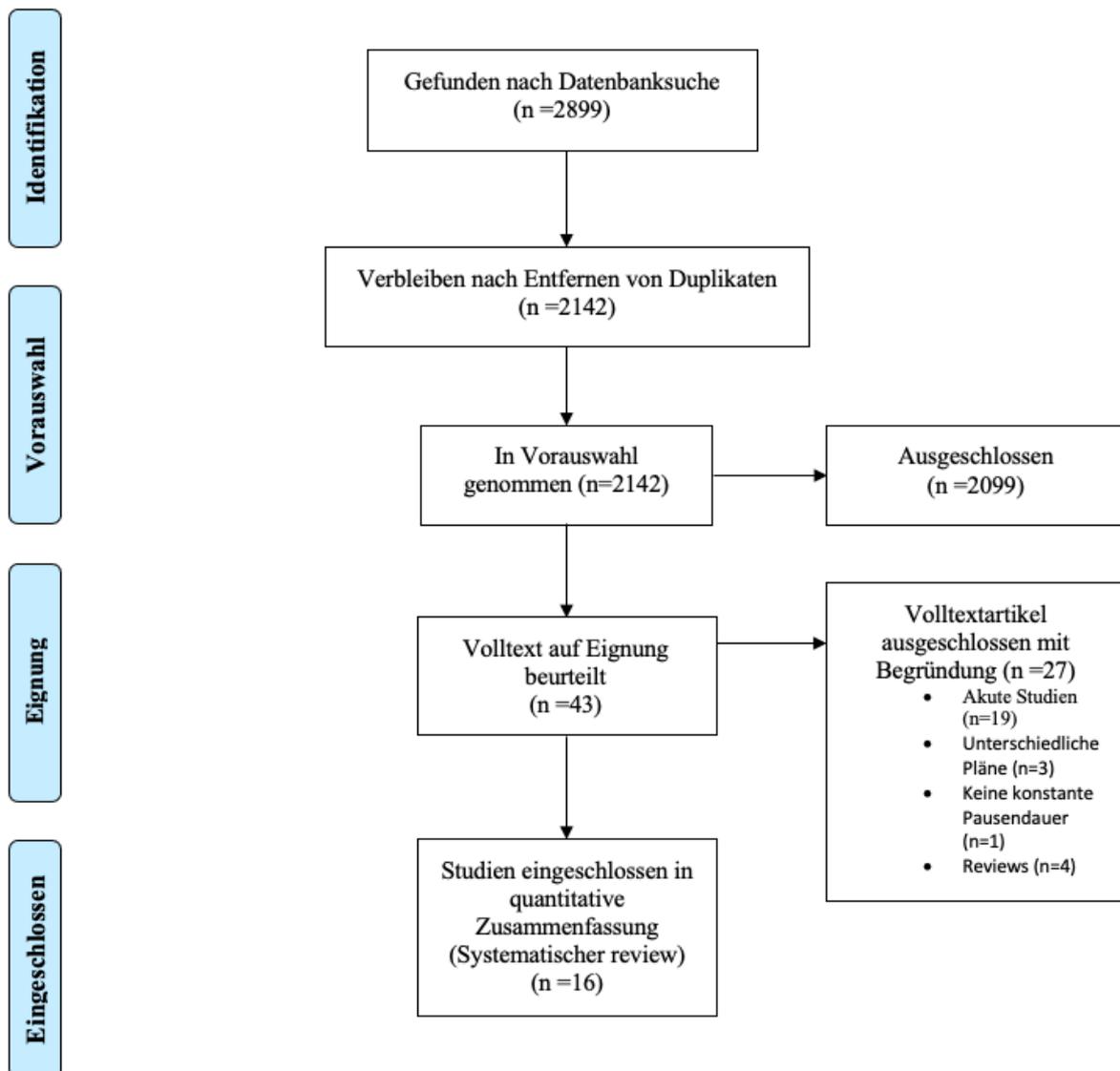


Abbildung 1: Flow Chart

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, 2009

### 3.3. Methodische Qualität

Die methodische Qualität der einzelnen Studien wurde mit der PEDro Skala bestimmt. (Maher et al., 2003) Die Skala besteht im Original aus 11 Kriterien welche mit 1 (erfüllt) und 0 (nicht erfüllt oder keine Angabe) bewertet werden. Das erste Kriterium beschäftigt sich mit der externen Validität und wird daher für die Gesamtwertung nicht beachtet. Die Kriterien 5,6 und 7 bewerten die Verblindung. Da es in kontrollierten Trainingsstudien sehr schwer, bis unmöglich ist die ProbandInnen und Wissenschaftler zu verblinden, wurden diese Punkte auch für die Auswertung gestrichen. Die zu bewertenden Kriterien waren somit folgende:

1. Die ProbandInnen wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet.
2. Die Zuordnung der Gruppe erfolgte verborgen.
3. Zu Beginn der Studie waren die Gruppen hinsichtlich der wichtigsten Indikatoren ähnlich.
4. Zumindest ein zentrales Ergebnis wurde von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten ProbandInnen gemessen.
5. Alle ProbandInnen, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung bekommen oder waren in der Kontrollgruppe.
6. Für mindestens ein zentrales Ergebnis wurden statistische Gruppenvergleiche berichtet.
7. Für mindestens ein zentrales Ergebnis wurden sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße angegeben.

Somit war die maximale Anzahl der zu erreichenden Punkten 7 anstelle von 11 und wurde mit: 6-7= ausgezeichnete Qualität; 5= gute Qualität; 4= mäßige Qualität; 0-3= schlechte Qualität bewertet. Dieselbe Herangehensweise benutzten Kümmel et al., (2016), um die methodische Qualität in ihrem Review zu bewerten. Die Resultate der Auswertung werden in der Tabelle 27 dargestellt.

### 3.4. Studienauswahl - Kraft

Tabelle 1: Studienauswahl - Kraft

Studie	ProbandInnen-Merkmale	Trainingsplan (SätzeXWdh)	Training bis Muskelversagen	Interventionsdauer/Frequenz	Vergleich der Pausendauer (Gruppen)	Krafttest
Buresh et al., (2009)	12 untrainierte junge Männer	3X10	Ja	10 Wochen/ 4X pro Woche	1 Minute 2,5 Minuten	5RM Kniebeuge, Bankdrücken
De Salles et al., (2010)	36 trainierte junge Männer	3X4-6/ 3X8-10	Ja	16 Wochen/ 4X pro Woche	1 Minute 3 Minuten 5 Minuten	1RM Bankdrücken, Beinpresse
Fink et al., (2017)	21 untrainierte junge ProbandInnen	4X max mit 40% 1RM	Ja	8 Wochen/ 2X pro Woche	30 Sekunden 2,5 Minuten	1RM Bankdrücken, Kniebeuge
García-Lopez et al., (2007)	21 untrainierte ProbandInnen	3X max mit 60- 75% MWIK	Ja	5 Wochen/ 2X pro Woche	1 Minute 4 Minuten	maximale willkürliche isometrische Kontraktion (Ellenbogen)
Gentil et al., (2010)	34 untrainierte junge Männer	2X8-12	Ja	12 Wochen/ 2X pro Woche	2 Minuten 4 Minuten	1RM Bankdrücken, Beinpresse
Hill-Haas et al., (2007)	18 untrainierte Frauen	2-5X15-20	Ja	5 Wochen/ 3X pro Woche	20 Sekunden 80 Sekunden	3RM Beinpresse

Jambassi Filho et al., (2017)	21 trainierte ältere Frauen	3X15	Ja	8 Wochen/3X pro Woche	1 Minute 3 Minuten	maximale willkürliche isometrische Kontraktion (Beinpresse)
Longo et al., (2020)	34 trainierte junge ProbandInnen	3X max mit 80% 1RM	Ja	10 Wochen/2X pro Woche	1 Minute 3 Minuten	IRM Beinpresse
Piirainen et al., (2011)	21 untrainierte junge Männer	3X10	Ja	7 Wochen/3X pro Woche	Ø 55 Sekunden 2 Minuten	IRM Kniestrecker (Dynamometer) 10RM Kniestrecker, Kniebeuger
Pincivero et al., (1997)	15 untrainierte junge Männer	4-7X10	nicht angegeben	4 Wochen/3X pro Woche	40 Sekunden 160 Sekunden	isokinetisches maximales Drehmoment Kniestrecker/ Kniebeuger 60°/S, 180°/S
Pincivero et al., (2004)	15 untrainierte junge Männer	4-7X20	nicht angegeben	6 Wochen/2X pro Woche	40 Sekunden 160 Sekunden	isokinetisches maximales Drehmoment Kniestrecker
Robinson et al., (1995)	33 trainierte junge Männer	3-5X10	Ja	5 Wochen/4X pro Woche	30 Sekunden 1,5 Minuten 3 Minuten	IRM Kniebeuge

Schoenfeld et al., (2015)	21 trainierte junge Männer	3X8-12	Ja	8 Wochen/3X pro Woche	1 Minute 3 Minuten	1RM Kniebeuge, Bankdrücken
Simão et al., (2006)	26 trainierte junge Männer	4x8-12	Ja	4 Wochen/3X pro Woche	1 Minute 3 Minuten	10RM Bankdrücken, Bicepscurl
Villanueva et al., (2015)	22 untrainierte alte Männer	2-3x 4-6	Nein	8 Wochen/3X pro Woche	1 Minute 4 Minuten	1RM Brustdrücken, Beinpresse
Willardson & Burkett, (2008)	15 trainierte junge Männer	5-8X 3-15	Ja	12 Wochen/2X pro Woche	2 Minuten 4 Minuten	1RM Kniebeuge

### 3.5. Studienauswahl - Hypertrophie

Tabelle 2: Studienauswahl - Hypertrophie

Studie	ProbandInnen-Merkmale	Trainingsplan (SätzeXWdh)	Training bis Muskelversagen	Interventionsdauer/Frequenz	Vergleich der Pausendauer (Gruppen)	Hypertrophie-Test
Buresh et al., (2009)	12 untrainierte junge Männer	3X10	Ja	10 Wochen/4X pro Woche	1 Minute 2,5 Minuten	hydrostatisches Wiegen/ geschätzte Muskel-Querschnittsfläche
Fink et al., (2017)	21 untrainierte junge ProbandInnen	4X max mit 40%/1RM	Ja	8 Wochen/ 2X pro Woche	30 Sekunden 2,5 Minuten	Muskel-Querschnittsfläche (Triceps/Oberschenkel)
Hill-Haas et al., (2007)	18 untrainierte Frauen	2-5X15-20	Ja	5 Wochen/ 3X pro Woche	20 Sekunden 80 Sekunden	anthropometrische Messungen
Longo et al., (2020)	34 trainierte junge ProbandInnen	3X max mit 80% 1RM	Ja	10 Wochen/2X pro Woche	1 Minute 3 Minuten	Muskel-Querschnittsfläche (Quadriceps)
Piirainen et al., (2011)	21 untrainierte junge Männer	3x10	Ja	7 Wochen/3X pro Woche	Ø 55 Sekunden 2 Minuten	Skelettmuskelmasse (Bioimpedanzanalyse)
Schoenfeld et al., (2015)	21 trainierte junge Männer	3X8-12	Ja	8 Wochen/3X pro Woche	1 Minute 3 Minuten	Muskeldicke durch Ultraschallbildgebung- Biceps, Triceps, Quadriceps, Vastus lateralis
Villanueva et al., (2015)	22 untrainierte alte Männer	2-3x 4-6	Nein	8 Wochen/3X pro Woche	1 Minute 4 Minuten	Fettfreie Körpermasse (Dual-Röntgen Absorptiometrie)

### 3.6. Beschreibung der Studien

Im Folgenden werden die Studien, welche die Einschlusskriterien erfüllten im Einzelnen beschrieben.

#### **Studie 1: The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. (Buresh et al., 2009)**

ProbandInnen: Probanden waren 12 untrainierte junge Männer (19-27 Jahre). Alle Probanden hatten ein wenig Erfahrung mit Krafttraining, waren aber keine Leistungssportler und keiner hatte in den letzten 3 Monaten vor der Intervention mehr als einmal pro Woche trainiert.

Studienaufbau: Die Probanden wurden angewiesen täglich im Minimum 1,7 Gramm Protein pro Kilogramm Körpergewicht zu konsumieren. Sie wurden nach dem Zufallsprinzip einer von zwei Gruppen zugeordnet, wobei die eine Gruppe zwischen den Sätzen 1 Minute (SR-short rest) und die andere Gruppe 2,5 Minuten (LR-long rest) Pause machte. Die Trainingsintervention dauerte 10 Wochen und das Training war als 2er Split aufgebaut. An Tag 1 wurde die Muskulatur der unteren Extremität und die Schultermuskulatur trainiert. An Tag 2 wurde die Brust- und Rückenmuskulatur trainiert. Das Training bestand aus ein- und mehrgelenkigen Übungen. Der Trainingsplan wird in Tabelle 3 dargestellt.

*Tabelle 3: Trainingsplan*

Trainingstag 1			Trainingstag 2		
Übung	Sätze	Wiederholungen	Übung	Sätze	Wiederholungen
Kniebeuge	3	10	Latzug	3	10
Beinbeuger	3	10	Rudern (Maschine)	3	10
Beinstrecker	3	10	Bankdrücken (Maschine)	3	10
Fersenheben (stehend)	3	10	Brust Flys	3	10
Kurzhanteldrücken (sitzend)	2	10	Kurzhantel Curls	2	10
Kurzhantel Seitenheben	2	10	Bizeps Curls (Maschine)	2	10
Hintere Delts	2	10	Kurzhantel Rückstoß	2	10
Crunches	2	bis Ermüdung			

Buresh et al., (2009)

An den ersten beiden Trainingstagen wurde das Training von einem von der NSCA (National Strength and Conditioning Association) zertifizierten Trainer überwacht und die Technik verbessert. An den zwei nächsten Tagen wurde mit Hilfe des Trainers jenes Gewicht bestimmt, was im dritten Satz zum Muskelversagen führte. Die Trainingswoche wurde so gestaltet, dass Trainingstag 1 und 2 an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt wurden. Danach wurde 1 Tag pausiert und danach die beiden Trainingstage wiederholt und am Ende der Woche dann wieder 2 Tage pausiert. Dieser Rhythmus wurde über die 10

Wochen der Intervention beibehalten. Die Probanden wurden wöchentlich kontaktiert, um etwaige Fragen zu beantworten und die Trainingsgewichte anzupassen. Die meisten Trainingstage waren nicht überwacht. Die Probanden führten über jeden Trainingstag ein Protokoll, indem Trainingsgewichte, Sätze, Beginn und Ende jedes Trainings angegeben wurden, um so die Konformität und die vorgeschriebenen Pausendauern zu überwachen. Wenn ein Proband im dritten Satz einer Übung eine 11. Wiederholung in 2 aufeinanderfolgenden Trainingstagen schaffte, wurde das Trainingsgewicht um ungefähr 5 Prozent gesteigert. Die Probanden machten über den Zeitraum der Trainingsintervention im letzten Satz zwischen 8 und 11 Wiederholungen.

Die Körperzusammensetzung wurde durch hydrostatisches Wiegen und das Residualvolumen durch Heliumauflösung mit dem Collins Spirometer bestimmt. Anhand dieser Resultate wurde die Magermasse ermittelt. Zudem wurden die Muskelquerschnittsfläche des Oberschenkels mit der Gleichung von Knapnik et al., (1996) und die Muskelquerschnittsfläche vom Arm mit der Gleichung von Heymsfield et al., (1982) bestimmt.

Veränderungen der Kraft wurden mit dem 5RM im Bankdrücken und mit Kniebeugen bestimmt, indem dieser vor und nach der Intervention ermittelt wurde. Beide Übungen wurden in der Multipresse durchgeführt. Aus Sicherheitsgründen wurde die Multipresse den freien Übungen und der 5RM dem 1RM vorgezogen. Zur Bestimmung des 5RM wurde das Gewicht nach und nach bis zum Gewicht gesteigert, mit welchem der Proband keine 5 Wiederholungen mehr schaffte. Zwischen den Sätzen wurde 3 Minuten Pause gemacht. Das maximale Gewicht, mit welchem der Proband 5 Wiederholungen zu Stande brachte, wurde als 5RM eingetragen.

Resultate: Die Einhaltung der Trainingsrichtlinien wurde durch die Übermittlung der maximal 40 Trainingstagebücher kontrolliert. Die Erfüllungsquote lag bei  $88,8 \pm 11,5\%$ , wobei es zwischen den beiden Gruppen diesbezüglich keine Unterschiede gab. Die Trainingsdauer dauerte aufgrund der längeren Pausen länger in der LR Gruppe als in der SR Gruppe. Die Trainingsgewichte waren beim Bankdrücken und Kniebeugen in Woche 10 in beiden Gruppen signifikant höher als in Woche 2. Die relativen Veränderungen des 5RM Bankdrücken und 5 RM Kniebeugen werden in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: relative Veränderung- Kraft

Test	SR Gruppe	LR Grupp	Total
<b>Bankdrücken 5RM (%)</b>	10,5 ± 3,99*	14,9 ± 8,73*	12,7 ± 6,85*
<b>Kniebeuge 5RM (%)</b>	24,0 ± 12,19*	27,4 ± 11,74*	25,7 ± 11,55*
SR= 1 Minute Pause zwischen den Sätzen, LR= 2,5 Minuten Pause zwischen den Sätzen *signifikanter Unterschied zwischen pre und post Testungen (p≤0,05)			

Buresh et al., (2009)

Es konnte in beiden Gruppen, sowohl beim Bankdrücken als auch bei der Kniebeuge, eine signifikante Steigerung beim 5RM Test festgestellt werden. Zwischen den Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 5: relative Veränderung- Muskelmasse

Test	SR Gruppe	LR Grupp	Total
<b>Magere Körpermasse (%)</b>	3,1 ± 2,1*	1,8 ± 2,3	2,5 ± 2,2*
<b>Muskelquerschnittsfläche Arm (%)</b>	5,1 ± 2,9*	12,3 ± 7,2*§	8,7 ± 6,4*
<b>Muskelquerschnittsfläche Bein (%)</b>	3,1 ± 3,0*	6,6 ± 5,0*	4,8 ± 4,3*
SR= 1 Minute Pause zwischen den Sätzen, LR= 2,5 Minuten Pause zwischen den Sätzen *signifikanter Unterschied zwischen pre und post Testungen (p≤0,05) §signifikanter Unterschied zwischen SR und LR (p≤0,05)			

Buresh et al., (2009)

Tabelle 5 zeigt die relativen Veränderungen der mageren Körpermasse und der Muskelquerschnittsfläche. Beide Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung der Muskelquerschnittsfläche des Oberarms und Oberschenkels. Bei der LR Gruppe gab es eine signifikant höhere Steigerung der Muskelquerschnittsfläche beim Oberarm als bei der SR Gruppe. Die SR Gruppe zeigte eine signifikante Steigerung der mageren Körpermasse. Zwischen den Gruppen wurden hinsichtlich der mageren Körpermasse jedoch keine signifikanten Unterschiede gefunden.

### **Studie 2: Strength increases in upper and lower body are larger with longer inter-set rest intervals in trained men. (de Salles et al., 2010)**

ProbandInnen: Probanden waren 36 trainierte junge Männer. Gruppe 1 (G1: 1 Minute Pause; n=12; 22,4 ± 1,3 Jahre; 180,1 ± 2,5cm; 82,2 ± 4,0kg); Gruppe 3 (G3: 3 Minuten Pause; n=12; 22,3 ± 1,0 Jahre; 178,2 ± 1,9cm; 78,2 ± 3,0kg); Gruppe 5 (G5: 5 Minuten Pause; n=12; 22,3 ± 1,0 Jahre; 180,5 ± 2,9cm; 81,3 ± 3,2kg). Um an der Studie teil zu nehmen, wurden folgende Kriterien festgelegt: im Minimum 4 Jahre Trainingserfahrung mit 3 Trainingstagen pro Woche; keine Erkrankungen, die sich durch die Teilnahme an der Studie verschlimmern

könnten; eine Einnahme von leistungssteigernden Substanzen (z.B Kreatin, Steroide). Die Probanden wurden zudem gebeten, während dem Zeitraum der Studie keine andere Form von Training zu absolvieren.

Studienaufbau: Die Probanden wurden nach dem Zufallsprinzip in 3 Gruppen eingeteilt, welche sich nur durch die Pausendauer zwischen den Sätzen unterschieden haben. G1 machte 1 Minute Pause zwischen den Sätzen, G3 machte 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen und G5 machte 5 Minuten Pause zwischen den Sätzen.

Die Veränderung der Kraft wurde im Bankdrücken und der Beinpresse gemessen. Vor dem Beginn der Trainingsintervention wurde die Maximalkraft im Bankdrücken und in der 45° Beinpresse während 3 Tagen getestet. Zwischen den Testtagen waren im Minimum 48 Stunden Pause. Um Fehlerquellen beim Test zu minimieren, wurde folgende Strategie angewandt: a) für die Durchführung der Übung gab es eine standardisierte Anleitung; b) die Probanden wurden durch verbale Anfeuerung unterstützt; c) das Gewicht der angewandten Gewichtsscheiben wurde mit einer kalibrierten Wage gemessen. Das 1RM wurde in maximal 5 Versuchen ermittelt und zwischen den Versuchen wurde 5 Minuten Pause gemacht. Zwischen den verschiedenen Übungen wurde 10 Minuten Pause gemacht. Das schwerste Gewicht, welches an einem der 3 Tage bewältigt wurde, wurde als 1RM berücksichtigt. Das 1RM wurde nach 8 und nach 16 Wochen mit dem gleichen Verfahren getestet.

Jede Gruppe führte das gleiche Trainingsprogramm durch, hierbei waren die Trainingsfrequenz, die Übungen, die Sätze und der Wiederholungsbereich ausgeglichen. Wenn die Anzahl der Wiederholungen bei einem Satz über oder unter dem vorgeschriebenen Bereich lag, wurde das Gewicht angepasst, sodass die Anzahl der Wiederholungen konstant in dem geplanten Bereich lag. Pro Woche wurde 4 Mal trainiert. Dabei wurden unterschiedliche Wiederholungsbereiche (4-6RM und 8-10RM) abwechselnd angewandt. Montags und donnerstags wurden folgende Übungen gemacht: Bankdrücken, Schrägbankdrücken, pronierter breiter Latzug, supinierter schmaler Latzug, Military Press, Langhantel Curls, V Stange über Kopf drücken und Crunches. Dienstags und freitags wurden folgende Übungen gemacht: 45° Beinpresse, Hack Squat, Beinstrecker, Beinbeuger und sitzend Wadendrücken. Zu Beginn des Trainings wurde sich jedes Mal mit 2 Sätze mit 20 Wiederholungen und 50% des 1RM der ersten Übung aufgewärmt. Danach wurden von jeder Übung 3 Sätze bis zur freiwilligen Erschöpfung gemacht.

Resultate: Die Erfüllungsquote der Trainingsrichtlinien lag bei 100%. Das Trainingsvolumen war für die Beinpresse plus Bankdrücken bei G3 und G5 signifikant höher als bei G1 ( $p < 0,05$ ). Die Entwicklung des 1RM im Bankdrücken wird in Abbildung 2 dargestellt.

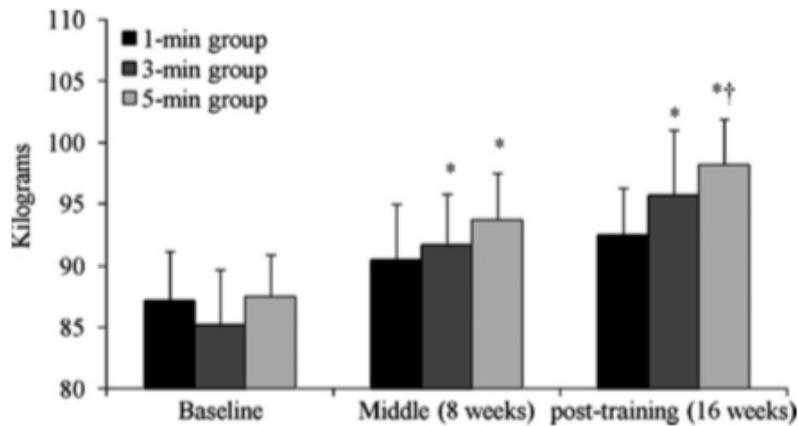


Abbildung 2: Bankdrücken 1RM nach 8- und 16 Wochen (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). \* $p < 0,05$  gegenüber Ausgangswert. † $p < 0,05$  gegenüber 1 Min Gruppe

De Salles et al., (2010)

Bei G1 konnte keine signifikante Veränderung nach 8 und nach 16 Wochen festgestellt werden. G3 und G5 zeigten eine signifikante Steigerung nach 8 und nach 16 Wochen im Vergleich mit dem Ausgangswert. G5 zeigte nach 16 Wochen eine signifikant höhere Steigerung als G1.

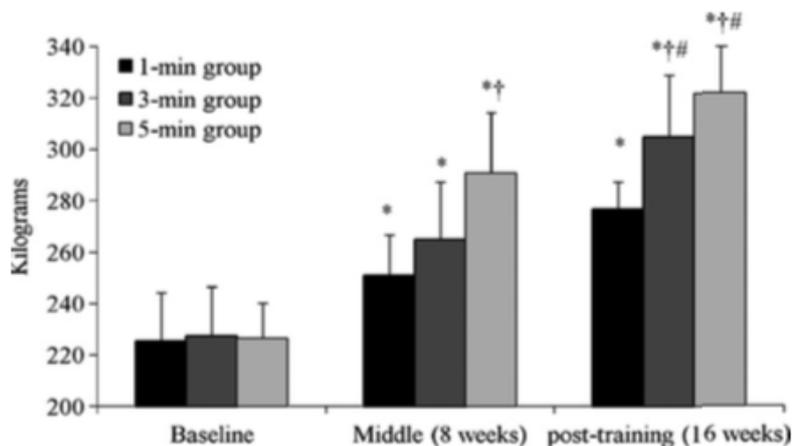


Abbildung 3: Beinpresse 1RM nach 8- und 16 Wochen (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). \* $p < 0,05$  gegenüber Ausgangswert. # $p < 0,05$  gegenüber 8 Wochen. † $p < 0,05$  gegenüber 1 Min Gruppe.

De Salles et al., (2010)

Die Entwicklung des 1 RM bei der Beinpresse wird in Abbildung 3 dargestellt. Jede Gruppe zeigte nach 8 und nach 16 Wochen eine signifikante Steigerung im Vergleich mit dem Ausgangswert. G3 und G5 zeigten eine signifikante Steigerung nach 16 Wochen im

Vergleich nach 8 Wochen. G5 zeigte nach 8 Wochen einen signifikant höheren 1RM als G1. G3 und G5 zeigten nach 16 Wochen einen signifikant höheren 1RM als G1.

**Studie 3: Acute and long-term responses to different rest intervals in low- load resistance training. (Fink et al., 2017)**

ProbandInnen: 21 untrainierte junge ProbandInnen nahmen an der Studie teil. S (short rest) Gruppe (n=11;  $20,2 \pm 0,3$  Jahre;  $169,3 \pm 1,0$ cm;  $64,7 \pm 2,0$ kg) L (long rest) Gruppe (n=10;  $20,2 \pm 0,5$  Jahre;  $165,1$ ;  $59,5 \pm 1,7$ kg). Sie hatten in den 2 Jahren vor Beginn der Studie kein regelmäßiges Krafttraining betrieben, waren aber in anderen Sportarten aktiv.

Studienaufbau: Die Trainingsintervention zog sich über den Zeitraum von 8 Wochen mit jeweils 2 Trainingseinheiten pro Woche. Pro Einheit wurden 4 Sätze Bankdrücken und 4 Sätze Kniebeugen gemacht. Beide Übungen wurden mit 40% des 1RM und bis zum Muskelversagen durchgeführt. Die ProbandInnen wurden angewiesen den konzentrischen Teil der Bewegung schnell (1 Sekunde) und den exzentrischen Teil langsamer (2 Sekunden) auszuführen. Die ProbandInnen wurden in 2 Gruppen eingeteilt. Beide führten das gleiche Trainingsprogramm durch, wobei der einzige Unterschied die Pausendauer zwischen den Sätzen war. Gruppe S machte 30- und Gruppe L machte 150 Sekunden Pause. Qualifizierte Trainer achteten während des Trainings auf die korrekte Ausführung der Übungen. Um die Nahrungsaufnahme nach dem Training auszugleichen, nahmen alle ProbandInnen nach dem Training den gleichen Shake zu sich. Die Muskelquerschnittsfläche des Triceps und Oberschenkel wurde mit der Magnetresonanztomographie eine Woche vor Beginn und eine Woche nach dem Ende der Trainingsintervention bestimmt. Die Veränderungen der Kraft wurden mit dem 1RM im Bankdrücken und der Kniebeuge ermittelt. Dieser wurde ebenfalls eine Woche vor der Beginn und eine Woche nach Abschluss der Trainingsintervention bestimmt. Die Kniebeuge wurde als gültig gewertet, wenn der Oberschenkel parallel zum Boden war und beim Bankdrücken mussten beide Ellenbogen am Ende des Versuchs durchgestreckt sein, der Kopf, der obere Rücken und das Gesäß auf der Bank und beide Füße flach am Boden stehen. Um das 1RM zu ermitteln wurden maximal 5 Versuche durchgeführt und dazwischen 3 Minuten Pause gemacht.

Resultate: Die Erfüllungsquote der Trainingsrichtlinien lag in beiden Gruppen über 90%.

Tabelle 6: Veränderung Muskelquerschnittsfläche (cm<sup>2</sup>)

Muskelquerschnittsfläche (cm <sup>2</sup> )	S Gruppe (30 Sek)			L Gruppe (150 Sek)		
	Davor	Danach	Effektstärke	Davor	Danach	Effektstärke
<b>Triceps</b>	6,6 ± 1,1	7,2 ± 1,2*	0,52	5,3 ± 1,2	5,8 ± 1,1 *	0,43
<b>Oberschenkel</b>	41,0 ± 3,4	43,3 ± 4,4*	0,58	37,5 ± 3,7	40,7 ± 3,2 *	0,93

Mittelwert Muskelquerschnittsfläche ± Standartabweichung = Effektstärke; \*p<0,05 signifikante Veränderung im Vergleich zu davor

Fink et al., (2017)

Tabelle 6 zeigt die Veränderung der Muskelquerschnittsfläche. Bei beiden Gruppen zeigten sowohl beim Triceps als auch beim Oberschenkel signifikante Veränderungen von davor zu danach. Zwischen den Gruppen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Tabelle 7: Veränderung 1RM

1RM (kg)	S Gruppe (30 Sek)			L Gruppe (150 Sek)		
	Davor	Danach	Effektstärke	Davor	Danach	Effektstärke
<b>Bankdrücken</b>	69,1 ± 12,3	76,1 ± 12,3 *	0,58	64,4 ± 10,7	69,5 ± 11,2 *	0,47
<b>Kniebeuge</b>	119,1 ± 19,2	125,5 ± 17,9 *	0,35	113,2 ± 16,6	118,9 ± 17,3 *	0,34

Mittelwert Muskelquerschnittsfläche ± Standartabweichung = Effektstärke; \*p<0,05 signifikante Veränderung im Vergleich zu davor

Fink et al., (2017)

Tabelle 7 zeigt die Veränderung des 1RM. Bei beiden Gruppen zeigten sich sowohl im Bankdrücken als auch im Kniebeugen signifikante Veränderungen von davor zu danach. Zwischen den Gruppen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. Das Gesamttrainingsvolumen war in jeder Einheit signifikant höher bei der L Gruppe.

#### **Studie 4: Effects of short vs. long rest period between sets on elbow- flexoir muscular endurance during resistance training to failure. (García-López et al., 2007)**

ProbandInnen: 21 untrainierte ProbandInnen nahmen an der Studie teil. SR (n=7; 23,2 ± 2,7 Jahre; 73,2 ± 10,0kg; 177 ± 6,2cm); LR (n=7; 25,5 ± 3,5 Jahre; 83,0 ± 6,0kg; 178,1 ± 3,3cm); CG (26,3 ± 3,6; 78,7 ± 10,3kg; 176,4 ± 4,2cm).

Studienaufbau: Die ProbandInnen wurden nach dem Zufallsprinzip in 3 Gruppen eingeteilt: SR (n=7) machte 1 Minute Pause zwischen den Sätzen; LR (n=7) machte 4 Minuten Pause zwischen den Sätzen und CG (n=7) trainierte nicht. Die Trainingsintervention dauerte 5 Wochen mit jeweils 2 Trainingseinheiten pro Woche. Die ersten beiden Wochen wurde mit 60% der maximal willkürlichen isometrischen Kontraktion (MWIK) trainiert, die in Woche 3 auf 65%, in Woche 4 auf 70% und in Woche 5 auf 75% gesteigert. Pro Trainingstag wurden 3 Sätze bis zum Muskelversagen an der Armbeugemaschine gemacht und die ProbandInnen wurden angeleitet jede Beugung so schnell wie möglich durchzuführen. Die Veränderung der Kraft wurde durch die maximale isometrische Kontraktion im Ellenbogen gemessen.

Vor dem Beginn der Trainingsintervention wurde die MWIK im Ellenbogen bei einem 90° Winkel getestet. Der Test wurde im Sitzen durchgeführt. Der Arm wurde so fixiert, dass die 90° Position eingehalten wurde. Nach 3 submaximalen Versuchen zum Aufwärmen wurden 2 maximale, beidseitige, 5 Sekunden isometrische Beugungen im Ellenbogen mit einem 90° Winkel durchgeführt. Zwischen beiden Versuchen wurde 3 Minuten Pause gemacht und der höchste der beiden Werte wurde beibehalten.

Resultate: Die Anzahl der durchgeführten Wiederholungen über die Dauer der Intervention war bei der LR Gruppe signifikant höher (31,6%;  $p < 0,05$ ) als bei der SR Gruppe. Die Resultate der Tests zur Bestimmung der maximal willkürlichen isometrischen Kontraktion vor und nach der Trainingsintervention werden in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Veränderung maximal willkürliche isometrische Kontraktion (kg)

MWIK (kg)	Davor	Danach
SR (n=7)	48,4 ± 14,6	54,3 ± 13,5
LR (n=7)	47,6 ± 16,2	54,9 ± 12,2
CG (n=7)	48,2 ± 11,9	48,6 ± 10,9

García-López et al., (2007)

Es wurden sowohl zwischen davor und danach als auch zwischen den einzelnen Gruppen keine signifikanten Unterschiede gefunden.

### **Studie 5: Chronic effects of different between set rest durations on muscle strength in nonresistance trained young men. (Gentil et al., 2010)**

ProbandInnen: Zu Beginn der Studie nahmen 40 männliche Probanden daran teil. Die Probanden wurden zufällig ausgewählt, mussten im Minimum 18 Jahre alt sein und durften keine Erfahrung im Krafttraining haben. Aus zeitlichen Gründen mussten 6 Probanden abbrechen und wurden daher für den abschließenden 1RM Test nicht berücksichtigt. Somit blieben 34 Probanden, die in zwei Gruppen eingeteilt waren. LR (n=16; 22,4 ± 2,6 Jahre; 73,1 ± 13,6kg; 171,9 ± 8,2cm); SR (n=18; 22,4 ± 2,6 Jahre; 73,8 ± 14,0kg; 159,9 ± 7,8cm).

Studienaufbau: Vor Beginn der Studie mussten alle Probanden an 3 bis 4 Einheiten teilnehmen, um sich mit dem Trainingsprogramm vertraut zu machen. Die Veränderung der Kraft wurde durch das 1RM im Bankdrücken und der Kniebeuge bestimmt und sowohl vor als auch nach der Trainingsintervention ermittelt. Die Probanden wurden nach Kraft des Ober- und Unterkörpers gepaart und dann nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt. Beide Gruppen führten über die Dauer von 12 Wochen ein Ganzkörpertraining durch, wobei

2 Mal pro Woche trainiert und zwischen 2 Trainingseinheiten im Minimum 48 Stunden Pause gemacht wurden. Beide Gruppen machten die gleichen Übungen und machten pro Übung 2 Sätze mit jeweils 8-12 Wiederholungen. Alle Trainingseinheiten wurden, um die Sicherheit der Probanden und die exakte Einhaltung des Trainingsplans zu gewährleisten, genauestens überwacht. Der Trainingsplan wird in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Trainingsplan

A	B	C
Bankdrücken	Sitzend Brustdrücken	Sitzend Brustdrücken
Beinpresse (45°)	Sitzend Beinpresse	Kniestrecker
Latziehen (supiniert)	Sitzend rudern	Sitzend rudern
Gestreckte Kreuzheben	Sitzend Kniebeuger	Kniestrecker
Sit ups	Sti ups	Sit ups
jeweils 2 Sätze; 8-12 Wiederholungen		

Gentil et al., (2010)

Das Trainingsgewicht wurde gesenkt, wenn es ein Proband nicht schaffte 8 Wiederholungen durchzuführen und gesteigert, wenn er mehr als 12 Wiederholungen mit dem Gewicht schaffte, um so die Wiederholungszahl im vorgeschriebenen Bereich zu halten. Die Probanden wurden angeleitet, die Wiederholungen im 4 Sekunden Takt durchzuführen, wobei 2 Sekunden für die konzentrische und 2 Sekunden für die exzentrische Phase. Die Gruppen unterschieden sich in der Pausendauer zwischen den Sätzen, indem die SR Gruppe die Pause im Verhältnis 1:3 (Satz beginnt alle 2 Minuten) und die LR Gruppe die Pause im Verhältnis 1:6 (Satz beginnt alle 4 Minuten) machte. Während den Trainingseinheiten wurde Musik mit 120 Schlägen pro Minute abgespielt, um dadurch die Bewegungsgeschwindigkeit der Wiederholungen besser kontrollieren zu können.

Resultate: Beim Trainingsvolumen gab es über die 12 Wochen keine signifikanten Unterschiede zwischen den 2 Gruppen.

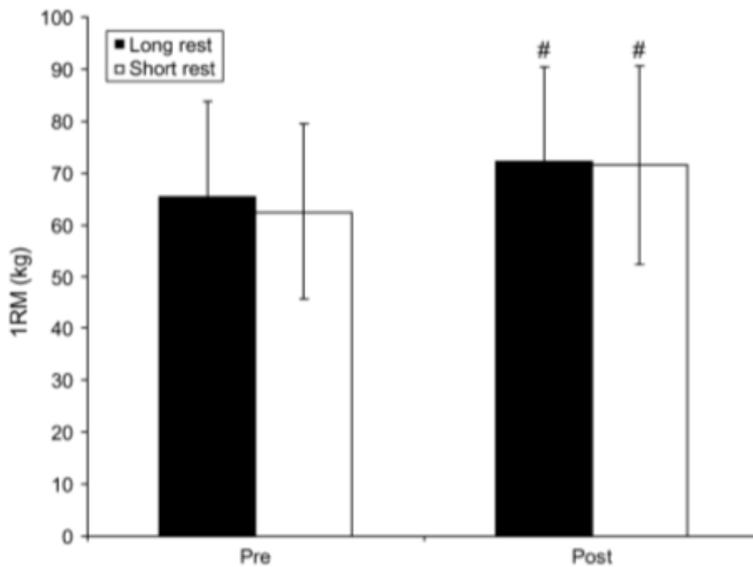


Abbildung 4: Veränderung des 1RM (Bankdrücken) nach 12 Wochen Training. (SR und LR). #  $p < 0,05$  im Vergleich zu davor.

Gentil et al., (2010)

Abbildung 4 zeigt die Veränderungen des 1RM im Bankdrücken. Sowohl bei der SR, als auch bei der LR Gruppe, zeigte sich nach 12 Wochen eine signifikante Steigerung des 1RM (LR:  $10,5 \pm 6,4\%$ ; SR:  $14,4 \pm 8,1\%$ ). Zwischen den Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied gefunden.

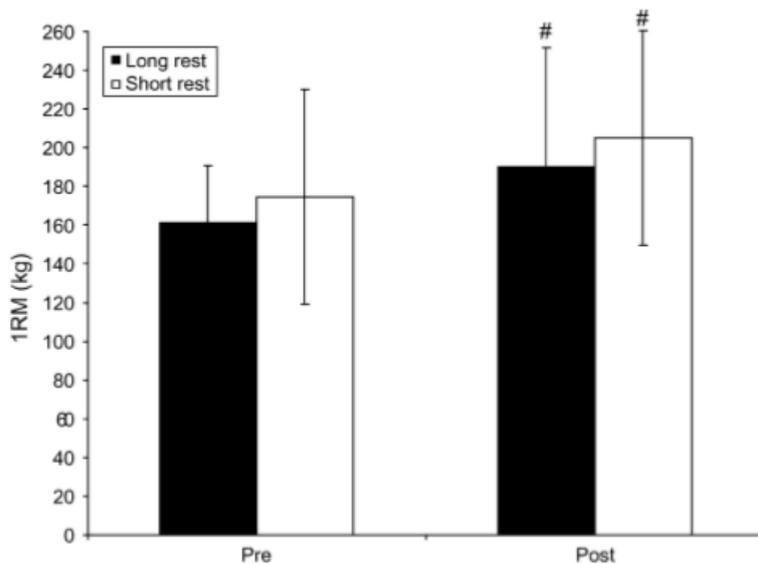


Abbildung 5: Veränderung des 1RM (Beinpresse) nach 12 Wochen Training. (SR und LR). #  $p < 0,05$  im Vergleich zu davor

Gentil et al., (2009)

Abbildung 5 zeigt die Veränderungen des 1RM in der Beinpresse. Sowohl bei der SR, als auch bei der LR Gruppe, zeigte sich nach 12 Wochen eine signifikante Steigerung des 1RM (LR: 17,8% ± 12,3%; SR: 17,5 ± 9,2%). Zwischen den Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied gefunden.

**Studie 6: Effets of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated sprint ability. (Hill-Haas et al., 2007)**

ProbandInnen: 18 weibliche Probandinnen nahmen an der Studie teil. Sie betrieben in ihrer Freizeit unterschiedliche Mannschaftssportarten, hatten jedoch in den letzten 12 Monaten vor Beginn der Studie kein Krafttraining absolviert. Während dem Zeitraum der Trainingsintervention betrieben sie neben dem Krafttraining der Studie noch ihre normale Sportart. Sie wurden angewiesen während der Studie ihre normalen Ess- und Trinkgewohnheiten beizubehalten, aber 2 Stunden vor den Testungen nichts zu essen oder zu trinken und 24 Stunden vor den Testungen keinen Alkohol zu trinken.

Studienaufbau: Vor dem Beginn der Studie absolvierten alle Probandinnen 3 Einheiten, um sich mit dem Trainingsprogramm vertraut zu machen. Danach wurde in 2 Testeinheiten die 5X6 Sekunden wiederholte Sprintfähigkeit, die Körperzusammensetzung und das 3RM ermittelt. Sie wurden nach Sprintfähigkeit und 3RM gepaart und dann nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt. Die Studie zog sich über einen Zeitraum von 5 Wochen. Der Trainingsplan wird in Tabelle 10 dargestellt.

*Tabelle 10: Trainingsplan*

Übungen	Sätze	Wiederholungen	Intensität (3RM)
Kniebeugen	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Banksteigen mit Hantel	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Beinpresse	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Ausfallschritte mit Hantel	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Beinstrecker	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Beinbeuger	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Bankdrücken	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Rudern im sitzen	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Latzug	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Schulterdrücken	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
Crunches	2-5	15-20	70a, 60b, 50c
a=1. Satz; b=2. Satz; c=3.-5. Satz			

Hill-Haas et al., (2007)

Beide Gruppen absolvierten das gleiche Trainingsprogramm mit dem einzigen Unterschied, dass eine Gruppe 20- und die andere Gruppe 80 Sekunden Pause zwischen den Sätzen machte. Um das Trainingsvolumen zwischen beiden Gruppen auszugleichen wurden die Probandinnen gepaart. Jede Probandin in der 80 Sekunden Gruppe hatte eine Partnerin in der 20 Sekunden Gruppe, wobei beide genau die gleiche Anzahl an Wiederholungen mit dem gleichen Gewicht machten. Um eine Kontrollgruppe zu haben, absolvierten die Probandinnen der 80 Sekunden Gruppe, vor dem eigentlichen Beginn der Studie, die gleiche Testprozedur, vor und nach einer 5-wöchigen Periode ohne Training. Alle Einheiten wurden, um die Sicherheit der Probandinnen zu gewahren, genauestens überwacht.

Die Veränderung der Kraft wurde mit dem 3RM der Beinpresse bestimmt. Bei den Testungen wurde zwischen den Versuchen eine Pause von im Minimum 90 Sekunden gemacht. Die Veränderung der Muskelmasse wurde durch anthropometrische Messungen und mit dem Umfang des Oberschenkels bestimmt.

Resultate: Die Resultate der 3RM Tests werden in Tabelle 11 dargestellt.

*Tabelle 11: Resultate 3RM*

<b>3RM Beinpresse (kg)</b>	<b>Davor</b>	<b>Danach</b>
<b>20 Sek</b>	92,7 ± 10,4	110,9 ± 9,7
<b>80 Sek</b>	98,8 ± 10,6	144,1 ± 9,7*#
*signifikante Steigerung im Vergleich zu davor (p<0,05)		
#signifikanter Unterschied im Vergleich mit 20 Sek (p<0,05)		

Hill-Haas et al., (2007)

Lediglich die Gruppe mit 80 Sekunden Pause zeigte eine signifikante Steigerung des 3RM nach der 5-wöchigen Trainingsintervention. Zudem war die Steigerung der 80 Sekunden Gruppe signifikant höher als jene der 20 Sekunden Gruppe.

*Tabelle 12- Resultate- Umfang Oberschenkel*

<b>Umfang (cm)</b>		<b>Davor</b>	<b>Danach</b>
<b>Oberschenkel</b>	<b>20 Sek</b>	56,8 ± 1,2	58,1 ± 1,2
	<b>80 Sek</b>	55,8 ± 1,4	56,3 ± 1,3
<b>Oberschenkel- mitte</b>	<b>20 Sek</b>	49,9 ± 1,2	52,1 ± 0,8
	<b>80 Sek</b>	50,3 ± 1,3	50,9 ± 1,4

Hill-Haas et al., (2007)

Tabelle 12 zeigt die Resultate der anthropometrischen Messungen des Oberschenkels. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen davor und danach sowie keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

**Studie 7: Chronic effects of different rest intervals between sets on dynamic and isometric muscle strength and muscle activity in trained older women. (Jambassi Filho et al., 2017)**

ProbandInnen: Zu Beginn der Studie nahmen 24 trainierte Frauen an der Studie teil. Da aus persönlichen Gründen 3 von ihnen die Studie abbrachen blieben 21 Probandinnen welche in 2 Gruppen eingeteilt waren: G-1Min (n=10; 66,5 ± 4,7 Jahre; 68,1 ± 10,3kg; 157,7 ± 4,6cm); G-3Min (n=11; 66,3 ± 4,3 Jahre; 70,1 ± 12,7kg; 157,3 ± 5,6cm). Die Probandinnen hatten zuvor bereits Erfahrung im Krafttraining (3,8 ± 2,9 Jahre) und nahmen in den 6 Monaten vor Beginn der Studie an einem angeleiteten Trainingsprogramm teil, welches folgende Eigenschaften hatte: a) 3 Trainingstage pro Woche an nicht aufeinanderfolgenden Tagen; b) 8 Übungen, wovon eine die Beinpresse war; c) 3 Sätze mit 50-70% des 15RM; d) 2 Minuten Pause zwischen den Sätzen. Die Probandinnen wurden angewiesen während der Studie ihre normalen Ess- und Trinkgewohnheiten beizubehalten und keine anderen intensiven sportlichen Aktivitäten zu betreiben.

Studienaufbau: Vor Beginn der 8-wöchigen Trainingsintervention wurden die Probandinnen in 2 Einheiten mit den Testmodalitäten vertraut gemacht. 2 bis 3 Tage danach wurden die Krafttests durchgeführt und die Trainingsgewichte bestimmt. Die maximale willkürliche isometrische Kontraktion wurde in der Beinpresse getestet und zum Aufwärmen wurden 2 submaximale isometrische Kontraktionen gemacht. Danach wurden sie ermutigt über 5 Sekunden maximale willkürliche isometrische Kontraktionen auszuüben. Jede Probandin absolvierte 3 Durchgänge mit dazwischen 3 Minuten Pause und bekamen visuelles Feedback. Die MWIK wurde als den höchsten wahrgenommenen Wert innerhalb der ersten Sekunde nach Beginn der Kontraktion definiert. Die Probandinnen wurden nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt. Die Trainingsintervention dauerte 8 Wochen mit jeweils 3 Trainingseinheiten pro Woche, welche an nicht aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt wurden. Die beiden Gruppen absolvierten ein identisches Trainingsprogramm und unterschieden sich nur darin, dass die eine Gruppe 1 Minute- und die andere 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen machte. Beide Gruppen machten als Hauptübung 3 Sätze mit 15 Wiederholungen Beinpresse und um einen gesamten Trainingsreiz zu setzen wurden zusätzlich: Fliegende, Tricepsdrücken, Latzug, Biceps curls, Schulterdrücken, Wadenheben,

Crunches, gemacht. Das Trainingsgewicht wurde so gewählt, dass es im 3. Satz zu Muskelversagen kam. Die Probandinnen wurden angewiesen eine Wiederholung in 2 Sekunden durchzuführen (1 Sekunde für die konzentrische Phase und 1 Sekunde für die exzentrische Phase). Jede Trainingseinheit wurde genauestens von den Forschern der Studie überwacht.

Resultate: Die Resultate der MWIK Testungen werden in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Resultate MWIK (N)

Beinpresse (MWIK) (N)	Davor	Danach
<b>1 Min</b>	937,0 ± 155,5	977,6 ± 233,1
<b>3 Min</b>	810,5 ± 129,2	852,1 ± 132,7

Jambassi Filho et al., (2017)

Zwischen der Gruppe mit einer Minute Pause zwischen den Sätzen und der Gruppe mit 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen wurde kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Steigerung der MWIK gefunden. Zudem wurde bei keiner der beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied zwischen davor und danach gefunden.

**Studie 8: Volume load rather than resting interval influences muscle hypertrophy during high-intensity resistance training. (Longo et al., 2020)**

ProbandInnen: Zu Beginn nahmen 34 junge ProbandInnen an der Studie teil. Sie hatten in den letzten 6 Monaten vor Beginn der Studie keine Form von Krafttraining betrieben. Die Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln in den letzten 2 Monaten vor Beginn der Studie und die Anwendung anaboler Steroide. 6 ProbandInnen brachen die Studie aus persönlichen Gründen die Studie ab und somit blieben 18 Männer und 10 Frauen übrig ( $22,5 \pm 5,7$  Jahre;  $169,5 \pm 9,5$ cm;  $65,6 \pm 13$ kg) welche, die Analyse einbezogen wurden. Die ProbandInnen wurden angewiesen ihre normalen Ess- und Trinkgewohnheiten über den Zeitraum der Studie beizubehalten und 48 Stunden vor den Testungen keinen Alkohol und 24 Stunden vor den Testungen kein Koffein mehr zu trinken.

Studienaufbau: Die Studie wurde über eine Dauer von 10 Wochen durchgeführt mit dem Ziel die Unterschiede zwischen eine Krafttraining mit 1 und mit 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen zu vergleichen. Die Veränderungen der Kraft wurden mit dem 1RM bestimmt. Nach einer Eingewöhnungsphase wurde das 1RM in der unilateralen 90° Beinpresse für beide Beine ermittelt. Der 1RM Test wurde alle 72 Stunden wiederholt, bis das 1RM nicht

mehr als 5% von den vorigen Resultaten abwich. Die Veränderungen der Muskelmasse wurden durch die Querschnittsfläche des Quadriceps angegeben, die mit der Magnetresonanztomographie ermittelt wurde. Jedes Bein der ProbandInnen wurde in einer zufälligen und ausgeglichen Weise nach dem 1RM und den Werten der Querschnittsfläche einer von 4 Gruppen zugeordnet: a) LI: 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen, n=14; b) SI: 1 Minute Pause zwischen den Sätzen, n=14; c) VSI-LI: 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen aber mit dem gleichen Volumen wie SI, n=14; d) VLI-SI: 1 Minute Pause zwischen den Sätzen aber mit dem gleichen Volumen wie LI; n=14.

Über einen Zeitraum von 10 Wochen wurde 2 Mal pro Woche trainiert, wobei zum Aufwärmen 5 Minuten mit 9km/h auf dem Laufband gelaufen und danach 1 Satz von 5 Wiederholungen mit 50% des 1RM gemacht wurde. Die ProbandInnen der LI und SI Gruppe machten dann, mit einem Bein, 3 Sätze mit 80% des 1RM bis zum Muskelversagen. Danach machten sie mit dem andern Bein das VLI-SI oder VSI-LI Protokoll bis zum Muskelversagen mit 80% des 1RM bis das gleiche Volumen wie bei LI oder SI erreicht war. Die Wiederholungen wurden im 2-Sekunden-Takt durchgeführt (1 Sekunde für den konzentrischen und 1 Sekunde für den exzentrischen Teil).

Resultate:

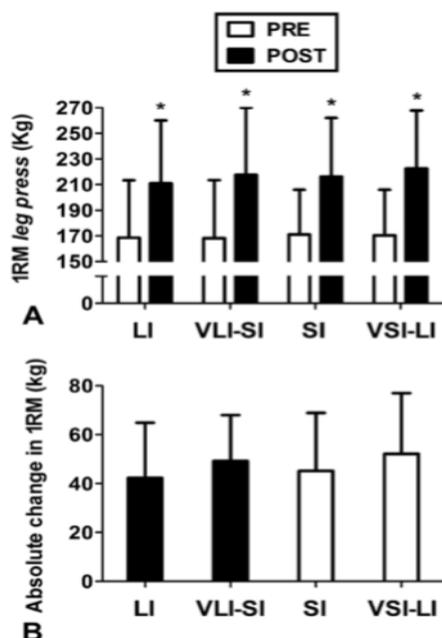


Abbildung 6: a) 1RM davor und danach (Beinpresse); b) 1RM Unterschied zwischen davor und danach (Beinpresse)  
\*signifikanter Unterschied zu davor ( $p < 0,05$ )

Longo et al., (2020)

Abbildung 6 zeigt die Veränderung des 1RM der Beinpresse. Alle Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung zwischen davor und danach. Zwischen den Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede.

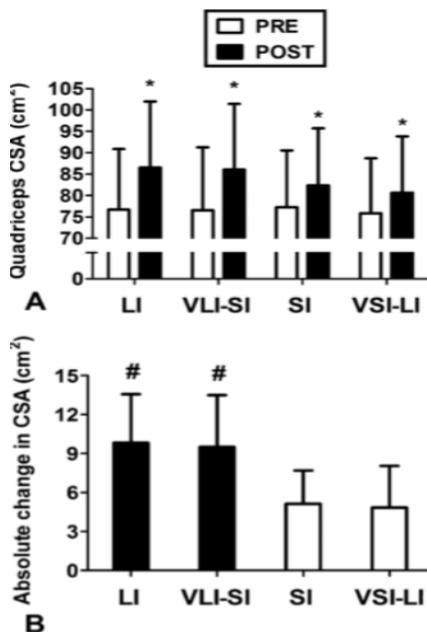


Abbildung 7: a) Querschnittsfläche davor und danach (Quadriceps); b) Querschnittsfläche Unterschied zwischen davor und danach (Quadriceps) \*signifikanter Unterschied zu davor ( $p < 0,05$ ); #signifikanter Unterschied zu SI und VSI-LI ( $p < 0,05$ )

Longo et al., (2020)

Abbildung 6 zeigt Veränderung der Querschnittsfläche (cm<sup>2</sup>) des Quadriceps. Alle Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung zwischen davor und danach. Die LI und VLI-SI zeigten signifikant höhere Steigerungen als SI und VSI-LI. Das Trainingsvolumen war signifikant höher für LI und VLI-SI als für SI und VSI-LI.

**Studie 9: Effects of a heart rate-based recovery period on hormonal, neuromuscular, and aerobic performance during 7 weeks of strength training in men. (Pirainen et al., 2011)**

ProbandInnen: 24 männliche Probanden nahmen zu Beginn der Studie daran teil. Die Probanden gaben in Form eines Fragebogens Angaben über ihren physischen Zustand und wurden aufgrund dieser Resultate in 2 gleiche Gruppen eingeteilt. Keiner der Probanden hatte in den 12 Monaten vor Beginn der Studie Krafttraining gemacht. 21 Probanden ( $31 \pm 9$  Jahre) beendeten die Studie. (FT80 Gruppe:  $n=12$ ; Kontrollgruppe;  $n=9$ ) Die Probanden wurden angewiesen ihren normalen Lebensstil fortzuführen und nebenbei keine weitere Art von Krafttraining zu machen.

Studienaufbau: Zu Beginn der Studie wurden die Probanden mit allen Trainingsmodalitäten vertraut gemacht und die Trainingsintervention zog sich über den Zeitraum von 7 Wochen mit jeweils 3 Trainingseinheiten pro Woche. Die FT80 Gruppe benutzte den Polar FT80 Pulsmesser, welcher die Pausendauer angab. Die Pausendauer wurde durch einen Algorithmus von Polar bestimmt und betrug im Durchschnitt 55 Sekunden. Der Polar FT80 Pulsmesser gab dem Probanden das Signal, wann der nächste Satz begonnen werden sollte. Die Kontrollgruppe machte 2 Minuten Pause zwischen den Sätzen. Beide Gruppen absolvierten den gleichen Trainingsplan, der in Tabelle 14 dargestellt wird.

Tabelle 14: Trainingsplan

Programm 1			Programm 2		
Übung	Sätze	Wiederholungen	Übung	Sätze	Wiederholungen
Beinpresse	3	10	Kniestrecker	3	10
Plantarflexion	3	10	Kniebeuger	3	10
Bankdrücken	3	10	Rudern	3	10
Ellenbogen strecken	3	10	Latzug	3	10
Schulterdrücken	3	10	Aufrechtes Rudern	3	10
Rückenstrecker	3	15-20	Rücken	3	10
Crunches	3	15-20	Rumpfrotation	3	10

Piirainen et al., (2011)

In der ersten Trainingseinheit wurde das 10RM bestimmt. Programm 1 und 2 wurden abwechselnd durchgeführt und zwischen den Trainingseinheiten wurde im Minimum 48 Stunden Pause gemacht. Das Trainingsgewicht wurde gesteigert, wenn der Proband 11 oder mehr Wiederholungen schaffte. Das 1RM beim Kniestrecker wurde mit einem Kniestrecker Dynamometer bei Beginn der Studie, nach 4- und nach 7 Wochen gemessen. Die Probanden saßen mit einem Hüftwinkel von 110° und Kniewinkel von 90° und das Gewicht wurde so lange gesteigert bis es die Probanden nicht mehr schafften das Knie bis zu einem 170° Winkel zu strecken. Zwischen den Versuchen wurde 45 Sekunden Pause gemacht. Das 10RM der Kniestrecker und Kniebeuger wurde vor und nach der Studie gemessen. Wenn die 6 ersten Wiederholungen sichtbar zu leicht waren, wurde das Gewicht gesteigert. die Skelettmuskelmasse wurde mit der Bioimpedanzanalyse bestimmt.

Resultate:

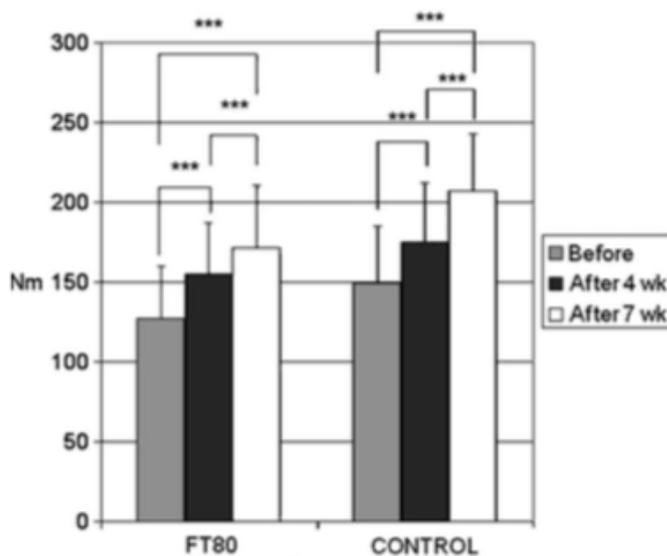


Abbildung 8: Konzentrisches 1RM (Nm) davor, nach 4- und nach 7 Wochen. (\*\*\*) $p < 0,001$ )

Piirainen et al., (2011)

Abbildung 8 zeigt die Veränderung des 1RM Kniestrecker im Dynamometer (Nm) nach 4- und nach 7 Wochen. Beide Gruppen zeigten von davor zu Woche 4, (Ft:  $24,0 \pm 11,8\%$ ,  $p < 0,001$ ; Kontrollgruppe:  $18,0 \pm 12,9\%$ ,  $p < 0,001$ ), von Woche 4 bis Woche 7 (FT:  $13,1 \pm 8,1\%$ ,  $p < 0,001$ ; Kontrollgruppe:  $19,6 \pm 13,4\%$ ,  $p < 0,001$ ) und von davor zu Woche 7 signifikante Steigerungen, ohne sich dabei signifikant voneinander zu unterscheiden.

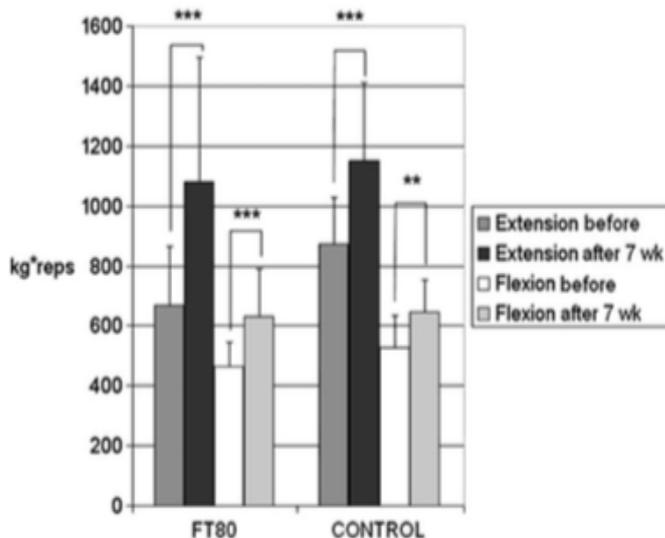


Abbildung 9: Konzentrisches 10RM (kg X Wiederholungen), Kniebeuger und Kniestrecker, davor und nach 7 Wochen; (\*\*\*) $p < 0,001$ , (\*\*) $p < 0,01$ )

Piirainen et al., (2011)

Abbildung 9 zeigt die Veränderung des 10RM (Kg X Wiederholungen) Kniebeuger und Kniestrecker davor und nach 7 Wochen. Beide Gruppen zeigten beim Kniestrecker eine signifikante Steigerung nach 7 Wochen (FT:  $63,3 \pm 33,6\%$ ,  $p < 0,001$ ; Kontrollgruppe:  $32,7 \pm 21,3\%$ ,  $p < 0,001$ ) Zwischen den Gruppen zeigte sich eine signifikant höhere Steigerung bei der FT80 Gruppe. Beide Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung beim Kniebeuger (FT:  $53,8 \pm 21,6\%$ ,  $p < 0,001$ ; Kontrollgruppe:  $24,8 \pm 25,8\%$ ,  $p < 0,01$ ).

Beide Gruppen zeigten nach 7 Wochen eine signifikante Steigerung der Skelettmuskelmasse (FT80:  $2,3 \pm 1,1\%$ ,  $p < 0,001$ ; Kontrollgruppe:  $2,4 \pm 2,6\%$ ,  $p < 0,05$ ), wobei zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied gefunden wurde.

#### **Studie 10: Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. (Pincivero et al., 1997)**

ProbandInnen: 15 untrainierte, junge Männer ( $21,7 \pm 1,9$  Jahre;  $172,5 \pm 8,5$ cm;  $68,7 \pm 9,8$ kg) nahmen an der Studie teil. Sie hatten in den 6 Monaten vor Beginn der Studie kein Krafttraining gemacht.

Studienaufbau: Die Probanden wurden nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt, wobei beide Gruppen das gleiche Trainingsprogramm absolvierten und sich nur hinsichtlich der Pausendauer zwischen den Sätzen unterschieden. Jeder Proband trainierte eines seiner Beine, welches nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurde, während das andere Bein im Rahmen der Kontrollgruppe getestet wurde. Die Trainingsintervention zog sich über einen Zeitraum von 4 Wochen mit 3 Trainingseinheiten pro Woche. Pro Einheit machten die Probanden in der ersten Woche 4 Sätze Beinbeuger und Beinstrecker mit jeweils 10 Wiederholungen am „Biodex System 2 Isokinetic Dynamometer“. Die Anzahl der Sätze wurde jede Woche um einen gesteigert. Eine Gruppe machte 40 Sekunden Pause zwischen den Sätzen und die andere Gruppe machte 160 Sekunden Pause zwischen den Sätzen. Die maximale, wechselseitige, konzentrische, isokinetische Kniebeugung und Kniestreckung wurde mit einer davor festgelegten Winkelgeschwindigkeit von 90 Grad/Sekunde durchgeführt. Vor und nach der Trainingsintervention wurde die wechselseitige, konzentrische, isokinetische Kniebeugung und Kniestreckung mit einer Winkelgeschwindigkeit von 60 und 180 Grad/Sekunde bestimmt. Zum Aufwärmen wurden 5 submaximale und danach 2 bis 3 maximale Wiederholungen durchgeführt. Anschließend wurden 5 maximale Wiederholungen mit 60 Grad/Sekunde und nach einer 5-minütigen Pause, 30 maximale Wiederholungen mit 180 Grad/Sekunde gemacht und dann von beiden

das Spitzendrehmoment bestimmt. Während den Trainingseinheiten und Testungen wurden die Probanden verbal angefeuert und bekamen ein visuelles Feedback.

Resultate: Die Resultate werden in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Resultate Veränderung nach 4-wöchiger Trainingsintervention (%)

Veränderung Davor-Danach (%)		
40 Sek	Max. Drehmoment	-9,5 ± 2,7
160 Sek	Beinbeuger (Nm) 60°/S	-2,4 ± 3,2
40 Sek	Max. Drehmoment	0,7 ± 2,2
160 Sek	Beinstrecker (Nm) 60°/S	5,9 ± 3,5*
40 Sek	Max. Drehmoment	-8,3 ± 5,9*
160 Sek	Beinbeuger (Nm) 180°/S	6,0 ± 5,4
40 Sek	Max. Drehmoment	0,5 ± 2,5
160 Sek	Beinstrecker (Nm) 180°/S	8 ± 4,4*
*signifikanter Unterschied zu davor (p<0,05)		

Pincivero et al., (1997)

Nach 4-wöchiger Trainingsintervention zeigte sich eine signifikante Steigerung bei der Gruppe mit 160 Sekunden Pause beim maximalen Drehmoment 60°/Sekunde beim Beinstrecker und beim maximalen Drehmoment 180°/Sekunde beim Beinbeuger. Zudem wurde bei der Gruppe mit 40 Sekunden Pause eine signifikante Verschlechterung des maximalen Drehmoments 180°/Sekunde beim Beinbeuger gefunden.

**Studie 11: The effects of rest interval and training on quadriceps femoris muscle. Part 1: Knee extensor torque and muscle fatigue. (Pincivero & Campy, 2004)**

ProbandInnen: 15 junge, untrainierte Männer (22,4 ± 0,75 Jahre; 178,5 ± 1,37cm; 78,1 ± 2,61kg) nahmen an der Studie teil. Sie hatten in den letzten 6 Monaten vor Beginn der Studie kein Krafttraining für die untere Extremität gemacht.

Studienaufbau: Vor dem Beginn der Trainingsintervention wurde die isokinetische Kraft und die Ermüdung eines nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Beines von jedem Probanden bestimmt. Getestet wurde die isokinetische Kraft und Ermüdung des Qadriceps mit dem „Biodex System 2 Isokinetic Dynamometer“ mit einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/Sekunde. Vor den Testungen und den Trainings wurde zum Aufwärmen 5 Minuten auf dem Laufband gegangen und danach gedehnt. Das Bewegungsausmaß lag zwischen 90° Beugung und maximaler Streckung des Kniegelenks. Die Probanden wurden dann per Zufallsprinzip in 3 Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 und 2 absolvierten den gleichen

Trainingsplan mit dem einzigen Unterschied, dass Gruppe 1 40 Sekunden- und Gruppe 2 160 Sekunden Pause zwischen den Sätzen machte. Gruppe 3 trainierte nicht und fungierte als Kontrollgruppe. Die Intervention zog sich über einen Zeitraum von 6 Wochen mit jeweils 2 Trainingseinheiten pro Woche. Das Training des Quadriceps wurde am „Biodex System 2 Isokinetic Dynamometer“ mit einer davor festgelegten Winkelgeschwindigkeit von 180 Grad/Sekunde durchgeführt. Der Trainingsplan wird in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Trainingsplan

Trainingsplan		
Woche	Sätze	Wiederholungen
1	4	20
2	5	20
3	6	20
4	5	20
5	6	20
6	7	20

Pincivero und Campy, (2004)

In den 6 Wochen machte jeder Proband 1440 Wiederholungen. Zwischen den Trainingseinheiten waren mindestens 72 Stunden Pause.

Resultate: Die Resultate für das Spitzendrehmoment werden in Abbildung 10 dargestellt.

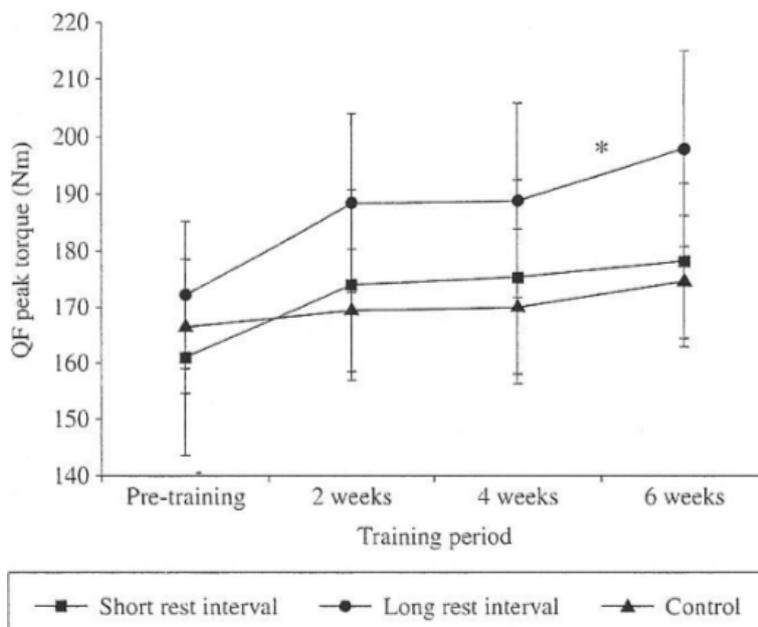


Abbildung 10: Tabelle 14: Isokinetisches Quadriceps Spitzendrehmoment über die 6 Wochen Trainingsperiode. \*signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ )

Pincivero und Campy, (2004)

Gruppe 2 (160 Sekunden Pause) zeigte nach der 6-wöchigen Trainingsintervention eine signifikante Steigerung des Spitzendrehmoments wohingegen bei Gruppe 1 (40 Sekunden Pause) keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden.

**Studie 12: Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. (Robinson et al., 1995)**

ProbandInnen: 33 trainierte, junge Männer ( $20,4 \pm 3,5$  Jahre;  $80,2 \pm 12,0$ kg) nahmen an der Studie teil. Die Probanden mussten in der Lage sein das 1,3-fache ihres Körpergewichts zu beugen und mussten bereits aktiv Krafttraining betreiben.

Studienaufbau: Die Probanden wurden in 3 Gruppen, mit 11 Probanden pro Gruppe eingeteilt. Einziger Unterschied zwischen den Gruppen war die Pausendauer zwischen den Sätzen. Gruppe 1 machte 180-, Gruppe 2 machte 90- und Gruppe 3 machte 30 Sekunden Pause zwischen den Sätzen. Die Trainingsintervention zog sich über einen Zeitraum von 5 Wochen mit jeweils 4 Einheiten pro Woche. Vor den Hauptübungen wurden 2 Sätze mit 10 Wiederholungen mit 40-45% und 45-50% des 1RM zum Aufwärmen gemacht. Der Trainingsplan wird in Tabelle 17 dargestellt. Dieser wurde gewählt, weil er sehr ähnlich zu den Trainingsplänen ist, welche im Football in der Vorbereitungsphase durchgeführt werden. Die Probanden hatten stets eine Uhr in ihrem Sichtfeld, um die Pausendauer exakt einzuhalten zu können. Während den Trainingseinheiten waren immer 2 Forscher zur Stelle, um sicherzugehen, dass das Protokoll genau durchgeführt wurde. Jeder Proband führte alle Sätze mit dem gleichen Gewicht durch. Dieses wurde individuell angepasst, sodass es für den einzelnen Proband fordernd war und er zugleich alle Sätze und Wiederholungen schaffte. Getestet wurde das 1RM der Kniebeuge.

*Tabelle 17: Trainingsplan*

Sonntag/Montag			Dienstag/Donnerstag		
Übung	Sätze	Wiederholungen	Übung	Sätze	Wiederholungen
Kniebeugen	5	10	Umsetzen	5	10
Schulterdrücken	5	10	Reißen	5	10
Bankdrücken	3	10	Shrugs	3	10
Kreuzheben	3	10	Rudern	3	10
Crunches	3	10	Crunches	3	10

Robinson et al., (1995)

Resultate: Die Resultate des 1RM Tests der Kniebeuge vor- und nach der 5-wöchigen Trainingsintervention wird in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Veränderung 1RM Kniebeuge

1RM Kniebeuge (kg)	Davor	Danach
<b>Gruppe 1 (180 Sek)</b>	124 ± 27	133 ± 29*
<b>Gruppe 2 (90 Sek)</b>	120 ± 23	127 ± 22
<b>Gruppe 3 (30 Sek)</b>	125 ± 24	128 ± 24
signifikante Steigerung, Gruppen gemeinsam im Vergleich zu davor (p<0,05); *signifikant höhere Steigerung als Gruppe 3 (p<0,05)		

Robinson et al., (1995)

Die 3 Gruppen zeigten gemeinsam eine Steigerung im Vergleich von davor zu danach. Gruppe 1, welche 180 Sekunden Pause zwischen den Sätzen machte, zeigte eine signifikant höhere Steigerung als Gruppe 3, welche 30 Sekunden Pause zwischen den Sätzen machte.

**Studie 13: Longer intersets rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. (Schoenfeld, et al., 2015)**

ProbandInnen: 23 trainierte junge Männer nahmen an der Studie teil. Alle Probanden mussten folgende Kriterien erfüllen: a) zwischen 18 und 35 Jahre alt sein; b) keine neuromuskuläre Störung oder Probleme mit dem Bewegungsapparat haben; c) im Jahr vor Beginn der Studie keine anabolen Steroide oder andere illegalen Substanzen, welche die Muskulatur steigern, genommen haben; d) im Minimum 6 Monate Erfahrung mit Krafttraining haben und in der Lage sein im Minimum ihr eigenes Körpergewicht zu beugen. 2 Probanden beendeten die Studie nicht, da sie an weniger als 80% der Trainingseinheiten teilnahmen.

Studienaufbau: Die Probanden wurden nach dem Eingangskrafttest gepaart und dann nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt (Kurz: n=12; 1 Minute Pause; Lang: n=11; 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen). Trainiert wurde an 3 nicht aufeinanderfolgenden Tagen pro Woche über einen Zeitraum von 8 Wochen und an jedem Trainingstag wurden die gleichen Übungen durchgeführt. Der Trainingsplan wird in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Trainingsplan

Trainingsplan		
Übung	Sätze	Wiederholungen
Kniebeuge	3	8-12
Beinpresse	3	8-12
Beinstecker	3	8-12
Bankdrücken	3	8-12
Military Press	3	8-12
Latzug	3	8-12
Kabelzug	3	8-12

Schoenfeld et al., (2015)

Die Sätze wurden alle bis zum Muskelversagen durchgeführt, wobei das Trainingsgewicht konstant angepasst wurde, damit die Anzahl an durchgeführten Wiederholungen zwischen 8 und 12 lag. Die Wiederholungen wurden mit einer konzentrischen Phase von 1 und einer exzentrischen Phase von 2 Sekunden in kontrollierter Weise durchgeführt. Jede Trainingseinheit wurde, um das Einhalten des Trainingsplans zu gewährleisten, von den Forschern überwacht. Es wurde versucht das Trainingsgewicht wöchentlich zu steigern. Die Veränderung der Muskeldicke wurde mittels Ultraschallbildgebung an 4 Stellen bestimmt: Ellenbogenflexoren (Biceps Brachii und Brachialis), Triceps Brachii, Quadriceps und Vastus lateralis. Die Kraft wurde durch das 1RM im Kniebeugen und Bankdrücken bestimmt. Zwischen den Wiederholungen zur Bestimmung des 1RM wurden zwischen 3 und 5 Minuten Pause gemacht. Die Wiederholung im Kniebeugen wurde als gültig gewertet, wenn der Oberschenkel parallel zum Boden war. Im Bankdrücken war die Wiederholung gültig, wenn folgende Punkte erfüllt wurden: Kopf, oberer Rücken und Gesäß auf der Bank, Füße am Boden und Arme am Ende der Bewegung komplett durchgestreckt.

Resultate: Die Resultate der Testungen zur Bestimmung der Muskeldicke werden in Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Veränderung Muskeldicke (cm)

Muskeldicke (cm)	Kurz (1 Minute)			Lang (3 Minuten)		
	Davor	Danach	Effektstärke	Davor	Danach	Effektstärke
Ellenbogenflexoren	4,00 ± 0,57	4,11 ± 0,53	0,18	4,28 ± 0,60	4,51 ± 0,50*	0,39
Triceps Brachii	4,10 ± 0,84	4,12 ± 0,60	0,03	4,14 ± 0,76	4,43 ± 0,84*	0,37
Anterior Quadriceps	5,25 ± 0,53	5,61 ± 0,56*	0,63	5,35 ± 0,65	6,06 ± 0,58*#	1,23
Vastus lateralis	3,59 ± 0,43	3,95 ± 0,46*	0,72	3,58 ± 0,58	3,99 ± 0,65*	0,81
*signifikanter Unterschied im Vergleich zu Davor (p<0,05)						
#signifikant höhere Steigerung im Vergleich zu Kurz (p<0,05)						

Schoenfeld et al., (2015)

Die Muskeldicke der Ellenbogenflexoren zeigte nur bei der 3-Minuten Gruppe eine signifikante Steigerung von 5,4% ( $p < 0,01$ ) im Vergleich zu davor. Zwischen den Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied. Beim Triceps Brachii zeigte ebenfalls nur die 3-Minuten Gruppe eine signifikante Steigerung von 7,0% ( $p < 0,01$ ) im Vergleich zu davor. Zwischen den Gruppen gab es auch hier keinen signifikanten Unterschied. Beim Quadriceps zeigten beide Gruppen einen signifikanten Unterschied zu davor. Die 3-Minuten Gruppe steigerte sich um 13,3% ( $p < 0,001$ ) und die 1-Minuten Gruppe um 6,9% ( $p < 0,01$ ). Dabei war die Steigerung von der 3-Minuten Gruppe signifikant höher als die der 1-Minuten Gruppe ( $p < 0,04$ ). Beim Vastus lateralis zeigten beide Gruppen, 10,0% ( $p < 0,01$ ) für die kürzere und 11,5% ( $p < 0,01$ ) für die längere Gruppe signifikante Steigerungen im Vergleich zu davor. Zwischen den Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied gefunden. Die ermittelte Effektstärke war bei allen getesteten Muskeln höher bei der Gruppe mit 3 Minuten Pause.

Die Resultate zur Bestimmung des 1RM werden in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Veränderung 1RM (kg)

1RM (kg)	Kurz (1 Minute)			Lang (3 Minuten)		
	Davor	Danach	Effektstärke	Davor	Danach	Effektstärke
<b>Bankdrücken</b>	94,2 ± 29,5	98,1 ± 29,0	0,16	93,4 ± 18,1	105,2 ± 18,9*#	0,49
<b>Kniebeuge</b>	119,4 ± 32,7	128,5 ± 31,5*	0,29	118,2 ± 31,0	136,1 ± 32,5*#	0,58
*signifikanter Unterschied im Vergleich zu Davor ( $p < 0,05$ )						
#signifikant höhere Steigerung im Vergleich zu Kurz ( $p < 0,05$ )						

Schoenfeld et al., (2015)

Hinsichtlich des 1RM im Bankdrücken wurde nur bei der 3-Minuten Gruppe (Lang) eine signifikante Steigerung von 12,7% ( $p < 0,001$ ) zu davor gefunden. Die 3-Minuten Gruppe zeigte eine signifikant höhere Steigerung als die 1-Minuten Gruppe ( $p < 0,02$ ).

Beim 1RM im Kniebeugen zeigten beide Gruppen eine signifikante Steigerung im Vergleich zu davor. Die 3-Minuten Gruppe steigerte sich um 7,6% ( $p < 0,001$ ) und 1-Minuten Gruppe um 15,2% ( $p < 0,001$ ). Die 3-Minuten Gruppe zeigte eine signifikant höhere Steigerung als die Gruppe mit 1 Minute Pause ( $p < 0,01$ ). Die Effektstärke war bei beiden Übungen höher bei der Gruppe mit 3 Minuten Pause.

Das gesamte Trainingsvolumen war höher bei Lang ( $51.385 \pm 9420\text{kg}$ ) als bei Kurz ( $44.755 \pm 12.166\text{kg}$ ), wobei dieser Unterschied jedoch nicht signifikant war.

**Studie 14: Análisis de diferentes intervalos entre las series en un programa de entrenamiento de fuerza. (Simão et al., 2006)**

ProbandInnen: 26 trainierte, junge Männer ( $22,5 \pm 2,1$  Jahre;  $180,5 \pm 4,3$ cm;  $83,4 \pm 5,3$ kg) nahmen an der Studie teil. Sie hatten minimum 4 Jahre Erfahrung mit Krafttraining und absolvierten minimum 3 Einheiten pro Woche.

Studienaufbau: Die Probanden wurden in 2 Gruppen eingeteilt. G1 machte 1 Minute Pause zwischen den Sätzen und G3 machte 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen. Die Trainingsintervention zog sich über einen Zeitraum von 4 Wochen mit jeweils 3 Einheiten pro Woche. Zwischen den Trainingseinheiten waren zwischen 48 und 72 Stunden Pause. In der Woche vor Beginn der Trainingsintervention wurden die Probanden in 3 Einheiten mit den Übungen und dem Ablauf des Trainings vertraut gemacht. Beide Gruppen machten das gleiche Krafttraining, welches in Tabelle 22 dargestellt wird.

*Tabelle 22: Trainingsplan*

<b>Trainingsplan</b>		
<b>Übung</b>	<b>Sätze</b>	<b>Wiederholungen</b>
Bankdrücken	4	8-12
Hack Kniebeuge	4	8-12
Bizepscurl	4	8-12
Beinpresse	4	8-12
Latzug	4	8-12
Crunches	4	15-20
Tricepsdrücken	4	8-12

Simão et al., (2006)

Die Sätze wurden alle bis zum Muskelversagen durchgeführt und das Trainingsgewicht konstant angepasst, damit die Wiederholungsanzahl im vorgegebenen Bereich lag. Vor den beiden ersten Übungen wurden zum Aufwärmen jeweils 2 Sätze mit 15 Wiederholungen und 50% des 1RM durchgeführt. Alle Einheiten wurden von einem Trainer überwacht und die Erfüllungsquote der Trainingsrichtlinien lag bei 100%. Die Veränderung der Kraft wurde mit dem 10RM im Bankdrücken und mit dem Bizepscurl bestimmt. Dieser wurde vor und nach der 4-wöchigen Trainingsintervention getestet. Zwischen den Sätzen wurde zwischen 2 und 5 Minuten Pause gemacht. Die Probanden wurden während den Testungen verbal angefeuert.

Resultate: Die Resultate der Veränderung des 10RM im Bankdrücken werden in Abbildung 11 dargestellt.

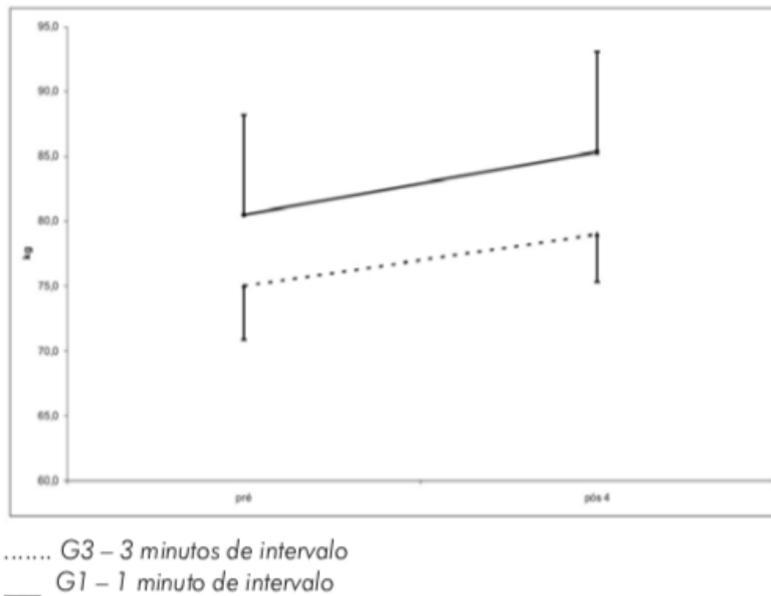


Abbildung 11: Veränderung des 10RM (kg) im Bankdrücken, vor und nach der 4-wöchigen Trainingsintervention

Simão et al., (2006)

Nach 4 Wochen Training zeigte keine der beiden Gruppen eine signifikante Steigerung des 10RM im Bankdrücken. Zwischen den Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede.

Die Resultate des 10RM im Bicepscurl werden in Abbildung 12 dargestellt.

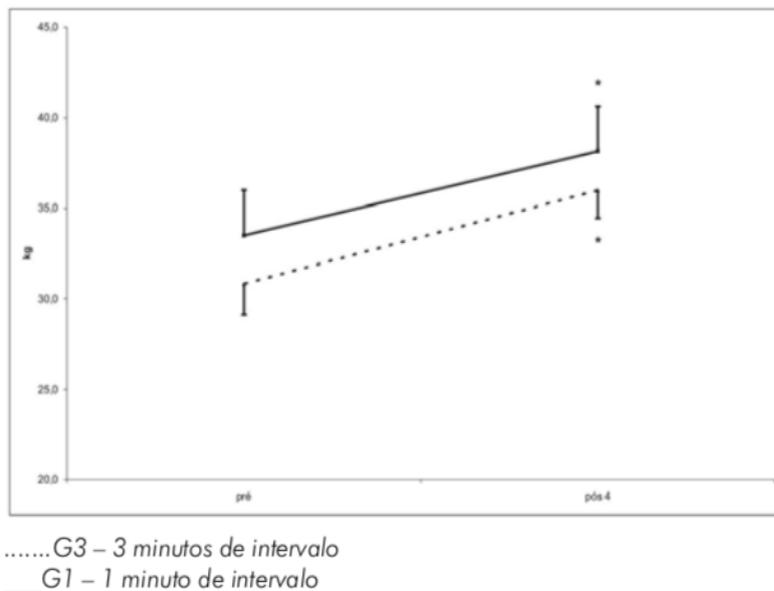


Abbildung 12: Veränderung des 10RM (kg) im Bicepscurl, vor und nach der 4-wöchigen Trainingsintervention; \*signifikanter Unterschied zu davor ( $p < 0,05$ )

Simão et al., (2006)

Nach 4 Wochen Training zeigte G1 und G3 eine signifikante Steigerung im Bicepscurl im Vergleich zu davor. Zwischen den Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied.

**Studie 15: Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. (Villanueva et al., 2014)**

ProbandInnen: 22 untrainierte Männer ( $68 \pm 4,1$  Jahre;  $1,8 \pm 0,1$ m;  $83,9 \pm 10,3$ kg) nahmen an der Studie teil. Sie hatten vor Beginn der Studie keine Erfahrung im Krafttraining und keiner der Probanden nahm irgendeine Form von leistungssteigernden Substanzen zu sich.

Studienaufbau: Die Studie zog sich über einen Zeitraum von 12 Wochen und war in 2 Mesozyklen eingeteilt. Der Fokus wurde in den ersten 4 Wochen, welche zur Eingewöhnung eingeplant wurden, auf die Steigerung der Kraftausdauer und Muskulatur gelegt und die Probanden absolvierten alle das gleiche Training. Dieses bestand aus 3 Trainingseinheiten pro Woche mit jeweils 6 verschiedenen Übungen. Pro Übung wurden 2 bis 4 Sätze mit jeweils 8 bis 15 Wiederholungen durchgeführt. Die ersten Testungen wurden 4 Wochen vor Beginn der Trainingsintervention durchgeführt, worauf 4 Wochen Kontrollperiode folgten und danach die Trainingsintervention startete. Nach dem ersten Mesozyklus wurden erneut Testungen durchgeführt und die Probanden nach dem 1RM in der Bankdrückmaschine gepaart und dann nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt. In den folgenden 8 Wochen machten beide Gruppen das gleiche Krafttraining mit dem einzigen Unterschied, dass die SS Gruppe (n=11) 1 Minute und die SL Gruppe (n=11) 4 Minuten Pause zwischen den Sätzen machte. Das Training bestand aus einem Ganzkörpertraining, welches 3 Mal pro Woche durchgeführt wurde. Pro Trainingseinheit wurden zwischen 4 und 6 Übungen mit jeweils 2 bis 3 Sätzen und zwischen 4 und 6 Wiederholungen gemacht. Die Übungen waren folgende:  $45^\circ$  Beinpresse, Bankdrückmaschine, Latzug, Rudern am Kabelzug, Aufsteigen mit Hanteln, rumänisches Kreuzheben mit Hanteln, Beinstrecker und Beinbeuger. An jedem dritten Trainingstag der Woche lag der Fokus auf der Entwicklung der Power. Die Probanden wurden angewiesen die 4 bis 6 Wiederholungen so schnell wie möglich durchzuführen, ohne dabei die korrekte Ausführung der Bewegung zu vernachlässigen. Die Trainingseinheiten wurden alle von einem ausgebildeten Trainer überwacht. Die Last wurde, um eine progressive Überbelastung zu erreichen, konstant angepasst und die Sätze wurden nicht bis zum Muskelversagen durchgeführt. Testungen wurden vor dem zweiten Mesozyklus (Woche 4), Woche 8 und am Ende (Woche 12) durchgeführt. Die Veränderung der Magermasse des Körpers wurde mit der Dual-Röntgen-Absorptiometrie und die

Veränderung der Kraft wurde durch das 1RM in der Beinpresse und der Bankdrückmaschine bestimmt.

Resultate: Die Resultate der Veränderungen der mageren Körpermasse nach der Durchführung eines 8-wöchigen Krafttrainingsplanes werden in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Veränderung der mageren Körpermasse (kg) nach 8-wöchigem Krafttraining (Woche 4-12)

	Magere Körpermasse (kg)		
	Davor	Danach	Effektstärke
SS (1Min)	59,2 ± 8,8	60,2 ± 9,4*#	0,37
SL (4Min)	57,5 ± 4,9	57,8 ± 5,3	
*signifikante Steigerung im Vergleich zu Davor (p<0,001) #signifikant höhere Steigerung als SL (p<0,001)			

Villanueva et al., (2004)

Nach 8 Wochen zeigte die SS Gruppe eine signifikante Steigerung der mageren Körpermasse (p<0,001), wobei die Steigerung auch signifikant höher als die von der SL Gruppe (p<0,001) war.

Die Resultate der Veränderungen des 1RM der Beinpresse und Bankdrückmaschine werden in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Veränderung des 1RM der Kniebeuge und Bankdrückmaschine (kg) nach 8-wöchigem Krafttraining (Woche 4-12)

	1RM Bankdrückmaschine (kg)		
	Davor	Danach	Effektstärke
SS (1Min)	74,6 ± 26,5	94,6 ± 30,4*#	0,65
SL (4Min)	68 ± 19,9	79,1 ± 25,7	
1RM Kniebeuge (kg)			
SS (1Min)	327,9 ± 102,4	430,4 ± 103,6* #	0,76
SL (4Min)	278,7 ± 89,7	338 ± 99,5	
*signifikanter Unterschied zu Davor (p<0,001) #signifikant höhere Steigerung als SL (p<0,005)			

Villanueva et al., (2004)

Nach 8-wöchigem Krafttraining zeigte die SS Gruppe eine signifikant höhere Steigerung im 1RM in der Bankdrückmaschine und der Kniebeuge als die SL Gruppe.

### Studie 16: The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. (Willardson & Burkett, 2008)

ProbandInnen: 15 trainierte Männer (2Min Gruppe: 20,71 ± 1,38Jahre; 182,52 ± 6,46cm; 82,7 ± 5,56kg/ 4Min Gruppe: 22,75 ± 4,56 Jahre; 180,66 ± 5,99cm; 81,31 ± 10,44kg)

nahmen an der Studie teil. Die Probanden spielten früher Football und machten bereits die letzten 4 Jahre vor Beginn der Studie Kniebeugen mit dem Ziel die Kraft und Muskelmasse zu steigern. Aus diesem Grund wurde ein ähnliches Trainingsprogramm in der Studie durchgeführt das sie bereits aus ihrem alltäglichen Training gewohnt waren. Die Probanden wurden angewiesen außer dem Plan der Studie kein weiteres Training für die untere Extremität zu machen, wobei sie die obere Extremität ganz normal weiter trainieren durften.

Studienaufbau: Die Studie zog sich über den Zeitraum einen 12 Wochen und war in 3 Mesozyklen von 4 Wochen unterteilt. Vor Beginn der Studie wurde das 1RM der Kniebeuge getestet und aufgrund von diesen Resultaten wurden die Probanden gepaart und dann nach dem Zufallsprinzip in 2 Gruppen eingeteilt. Beide Gruppen machten über die 12 Wochen den gleichen Trainingsplan mit dem einzigen Unterschied, dass eine Gruppe 2 Minuten Pause (n=7) und die andere Gruppe 4 Minuten Pause (n=8) zwischen den Sätzen machte. Das Training wurde an 2 nicht aufeinanderfolgenden Tagen pro Woche durchgeführt und war in einen schweren und einen leichten Tag aufgeteilt. Der Trainingsplan wird in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Trainingsplan Kniebeuge

Trainingsplan Kniebeuge						
Woche	Tag 1			Tag 2		
	Sätze	Intensität	Wiederholungen	Sätze	Intensität	Wiederholungen
1	1RM Testungen 1					
2	8	70% 1RM	11-15	5	60% 1RM	8
3	7	80% 1RM	6-10	5	60% 1RM	8
4	6	90% 1RM	3-5	5	60% 1RM	8
5	1RM Testungen 2					
6	8	70% 1RM	11-15	5	60% 1RM	8
7	7	80% 1RM	6-10	5	60% 1RM	8
8	6	90% 1RM	3-5	5	60% 1RM	8
9	1RM Testungen 3					
10	8	70% 1RM	11-15	5	60% 1RM	8
11	7	80% 1RM	6-10	5	60% 1RM	8
12	6	90% 1RM	3-5	5	60% 1RM	8
13	1RM Testungen 4					

Willardson & Burkett, (2008)

Vor Beginn der schweren Trainingseinheit machten die Probanden 2 Sätze mit 10 Wiederholungen mit 50% und 75% von jenem Gewicht, welches im ersten Satz benutzt wurde. Die Sätze wurden alle bis zum Muskelversagen durchgeführt und die Wiederholungsanzahl wurden in einem vorgegebenen Bereich gehalten. Falls die untere

Grenze an vorgegebenen Wiederholungen nicht erreicht wurde, wurde das Trainingsgewicht um 5% gesenkt. Am leichten Trainingstag wurden die Sätze nicht bis zum Muskelversagen durchgeführt. Der Zweck des zweiten Tages war es, mehr Volumen in das Training zu bringen, ohne dabei die Regeneration zu stören. Die Trainingseinheiten wurden alle im Trainingsraum der Universität durchgeführt und zwischen den 2 wöchentlichen Einheiten gab es eine Pause von exakt 72 Stunden. Am schweren Trainingstag wurde jeder Proband einzeln beaufsichtigt. Ein Trainer kontrollierte die Pausendauer und sagte den Start des nächsten Satzes an. Am leichten Trainingstag wurden die Probanden in der Gruppe betreut und kontrollierten die Pausendauer selbst mit einer Uhr, die an der Wand befestigt war. Das 1RM der Kniebeuge wurde vor Beginn der Studie, in Woche 5, Woche 9 und Woche 13 getestet.

Resultate: Die Resultate der Veränderung des 1RM der Kniebeuge werden in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Veränderung des 1RM der Kniebeuge nach 12-wöchigem Krafttraining

	1RM Kniebeuge (kg)	
	Davor	Danach
<b>2Min</b>	145,13 ± 24,17	171,43 ± 25,34*
<b>4Min</b>	150,00 ± 18,54	182,10 ± 21,44*
*signifikanter Unterschied zu Davor (p<0,0001)		

Willardson & Burkett, (2008)

Beide Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung des 1RM der Kniebeuge. Zwischen den Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied gefunden.

#### 4. Resultate

Die Literaturrecherche ergab nach dem Entfernen der Duplikate insgesamt 2142 Resultate. 16 Studien mit insgesamt 365 ProbandInnen (250 Männer, 73 Frauen, 42 unbekannt, zwischen 12 und 36 ProbandInnen pro Studie) erfüllten die Einschlusskriterien und wurden in das Review aufgenommen. Die berücksichtigten Studien beschäftigten sich mit der Auswirkung der Pausendauer auf die Entwicklung der Kraft und 6 davon untersuchten zudem die Entwicklung der Hypertrophie. 7 Studien wurden mit trainierten und 9 Studien mit untrainierten ProbandInnen durchgeführt. Von den 7 Studien, die sich mit der Entwicklung der Hypertrophie beschäftigten, wurden 5 mit untrainierten und 2 mit trainierten ProbandInnen durchgeführt. Die Entwicklung der Kraft wurde bei 11 Studien mit mehrgelenkigen, bei 4 mit eingelenkigen Übungen getestet und eine Studie testete beide

Varianten. Die Auswertung der PEDro Skala ergab Werte zwischen 4 (mäßige Qualität) und 6 Punkten (sehr gute Qualität) mit einen Durchschnittswert von 5,3 Punkten, was eine auf eine gute Qualität der untersuchten Studien hinweist. Die Resultate der Auswertung werden in Tabelle 27 dargestellt. Die Kraftwerte vor und nach den Trainingsinterventionen sowie deren prozentuale Veränderung werden in Tabelle 28 und 29 dargestellt und diese dann in der darauffolgenden Diskussion untereinander verglichen.

#### 4.1. Methodische Qualität

Tabelle 27: Methodische Qualität

<b>Studie/Kriterium</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>Total</b>
Buresh et al., (2009)	1	0	1	1	1	1	1	6
De Salles et al., (2010)	1	0	1	1	1	1	1	6
Fink et al., (2010)	0	0	1	1	1	1	1	5
Garcia-Lopez et al., (2007)	1	0	1	1	1	1	1	6
Gentil et al., (2010)	1	0	0	1	1	1	1	5
Hill-Haas et al., (2007)	1	0	1	1	1	1	1	6
Jambassi Filho et al., (2017)	1	0	1	1	1	1	1	6
Longo et al., (2020)	1	0	1	0	1	1	1	5
Piirainen et al., (2011)	0	0	1	1	1	1	1	5
Pincivero et al., (1997)	1	0	0	0	1	1	1	4
Pincivero et al., (2004)	1	0	0	0	1	1	1	4
Robinson et al., (1995)	0	0	1	0	1	1	1	5
Schoenfeld et al., (2015)	1	0	1	1	1	1	1	6
Simão et al., (2006)	0	0	1	0	1	1	1	4
Villanueva et al., (2015)	1	0	1	1	1	1	1	6
Willardson et al., (2008)	1	0	1	1	1	1	1	6

## 4.2. Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Kraft

Tabelle 28: Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Kraft

Studie	Trainiert/ Untrainiert	Gruppe	Übung	Werte Vor Intervention	Werte Nach Intervention	Veränderung %
Buresch et al., (2009)	Untrainiert	1 Min	Bankdrücken 5RM (kg)	84,8 ± 11,6	93,2 ± 12,1*	9,9
		2,5 Min		69,7 ± 14,5	78,8 ± 13,9*	13
		1 Min	Kniebeuge 5RM (kg)	118,9 ± 20,5	140,9 ± 24,0*	18,5
		2,5 Min		98,1 ± 17,2	125,0 ± 30,9*	27,4
De Salles et al., (2010)	Trainiert	1Min	x	x	x	x
		3Min	x	x	x	x
		5Min	x	x	x	x
Fink et al., (2017)	Untrainiert	30 Sek	Bankdrücken 1RM (kg)	69,1 ± 12,3	76,1 ± 12,3	10,1
		150 Sek		64,4 ± 10,7	69,5 ± 11,2	7,9
		30 Sek	Kniebeuge 1RM (kg)	119,1 ± 19,2	125,5 ± 17,9	5,4
		150 Sek		113,2 ± 16,6	118,9 ± 17,3	5
García-López et al., (2007)	Untrainiert	1 Min	MVIC Ellenbogen (kg)	48,4 ± 14,6	54,3 ± 13,5	12,1
		4 Min		47,6 ± 16,2	54,9 ± 12,2	15,3
Gentil et al., (2010)	Untrainiert	1:3 (alle 2 Min)	Bankdrücken 1RM (kg)	62,6 ± 18,3	71,6 ± 19,1	14,4
		1:6 (alle 4 Min)		65,5 ± 18,3	72,4 ± 18,1	10,5

		1:3 (alle 2 Min) 1:6 (alle 4 Min)	Kniebeuge 1RM (kg)	174,4 ± 55,4 160,7 ± 30,1	205,00 ± 55,5 190 ± 62	17,5 17,8
Hill-Haas et al., (2007)	Untrainiert	20 Sek 80 Sek	Beinpresse 1RM (kg)	98,8 ± 10,6 92,7 ± 10,4	144,1 ± 9,7 110,9 ± 9,7	4,6 19,6
Jambassi Filho et al., (2017)	Trainiert	1 Min 3 Min	MVIC Beinpresse (N)	937,0 ± 155,5 810,5 ± 129,2	977,6 ± 233,1 852,1 ± 132,7	4,3 5,1
Longo et al., (2020)	Trainiert	1 Min 3 Min (Vol von 1Min) 1 Min (Vol von 3Min) 3 Min	Beinpresse 1RM (kg)	171,1 ± 35,0 170,4 ± 35,6 168,2 ± 45,2 168,6 ± 44,7	x x x x	26,5 31,2 31,1 27,6
Piirainen et al., (2011)	Untrainiert	Ø 55 Sek 2 Min Ø 55 Sek 2 Min Ø 55 Sek 2 Min	Beinbeuger 10RM (kg) Beinstrecker 10RM (kg) Max. Drehmoment Beinstrecker (Nm)	46,2 ± 8,3 52,9 ± 10,7 66,7 ± 20 87,1 ± 15,9 x x	x x x x x x	54 25 63,3 32,7 24/13,1 18/19,6

Pincivero et al., (1997)	Untrainiert	40 Sek	Max. Drehmoment Beuger (Nm) 60°/S	x	x	-9,5
		160 Sek				
	40 Sek	Max. Drehmoment Strecker (Nm) 60°/S	x	x	0,7	
						160 Sek
	40 Sek	Max. Drehmoment Beuger (Nm) 180°/S	x	x	-8,3	
						160 Sek
40 Sek	Max. Drehmoment Strecker (Nm) 180°/S	x	x	0,5		
					160 Sek	x
Pincivero et al., (2004)	Untrainiert	40 Sek	Max. Drehmoment Strecker (Nm) 180°/S	x	x	x
Robinson et al., (1995)	Trainiert	30 Sek	Kniebeuge IRM (kg)	125 ± 24	128 ± 24	2,4
		90 Sek		120 ± 23	127 ± 22	5,8
		180 Sek		124 ± 27	133 ± 29	7,3
Schoenfeld et al., (2015)	Trainiert	1 Min	Bankdrücken IRM (kg)	94,2 ± 29,5	98,1 ± 29,0	4,1
		3 Min		93,4 ± 18,1	105,2 ± 18,9	12,7
Simão et al., (2006)	Trainiert	1 Min	Kniebeuge IRM (kg)	119,4 ± 32,7	128,5 ± 31,5	7,6
		3 Min		118,2 ± 31,0	136,1 ± 32,5	15,1
Simão et al., (2006)	Trainiert	1 Min	Bankdrücken 10RM (kg)	x	x	x
		3 Min		x	x	x

		1 Min 3 Min	Bicepscurl 10RM (kg)	x x	x x	x x
Villanueva et al., (2015)	Untrainiert	1 Min	Bankdrückmaschi ne	74,6 ± 26,5	94,6 ± 30,4	26,8
		4 Min	1RM (kg)	68 ± 19,9	79,1 ± 25,7	16,3
	Trainiert	1 Min	Kniebeuge	327,9 ± 102,4	430,4 ± 103,6	31,3
		4 Min	1RM (kg)	278,7 ± 89,7	338 ± 99,5	21,3
Willardson & Burkett, (2008)	Trainiert	2 Min	Kniebeuge	145,13 ± 24,17	171,43 ± 25,34	18,1
		4 Min	1RM (kg)	150,00 ± 18,54	182,10 ± 21,44	21,4

X: Daten nicht verfügbar (Hauptautoren wurden kontaktiert und Daten beantragt)

### 4.3. Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Hypertrophie

Tabelle 29: Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Hypertrophie

Studie	Trainiert/ Untrainiert	Gruppe	Test	Werte Vor Intervention	Werte Nach Intervention	Veränderung %
Buresch et al., (2009)	Untrainiert	1 Min	Magere Körpermasse (kg)	72,4 ± 3,6	74,7 ± 3,7	3,2
		2,5 Min		64,4 ± 7,4	65,6 ± 7,9	1,9
		1 Min	Querschnittsfläche Arm (cm <sup>2</sup> )	60,2 ± 9,6	63,2 ± 10,1	5
		2,5 Min		53,2 ± 9,5	59,3 ± 8,5	11,5
Fink et al., (2007)	Untrainiert	1 Min	Querschnittsfläche Bein (cm <sup>2</sup> )	173,3 ± 13,0	178,9 ± 16,7	3,2
		2,5 Min		156,6 ± 22,8	167,1 ± 26,6	6,7
		30 Sek	Querschnittsfläche Triceps (cm <sup>2</sup> )	6,6 ± 1,1	7,2 ± 1,2	9,1
		150 Sek		5,3 ± 1,2	5,8 ± 1,1	9,4
		30 Sek	Querschnittsfläche Oberschenkel (cm <sup>2</sup> )	41,0 ± 3,4	43,3 ± 4,4	5,6
		150 Sek		37,5 ± 3,7	40,7 ± 3,2	8,5
Hill-Haas et al., (2007)	Untrainiert	20 Sek	Oberschenkel (cm)	56,8 ± 1,2	58,1 ± 1,2	2,3
		80 Sek		55,8 ± 1,4	56,3 ± 1,3	0,9
		20 Sek	Oberschenkel- mitte (cm)	49,9 ± 1,2	52,1 ± 0,8	4,4
		80 Sek		50,3 ± 1,3	50,9 ± 1,4	1,2
Longo et al., (2020)	Trainiert	1 Min	Querschnittsfläche Quadriceps (cm <sup>2</sup> )	77,2 ± 13,3	x	6,8
		3 Min (Vol 1)		75,8 ± 12,9	x	6,6
		1 Min (Vol 3)		76,5 ± 14,7	x	12,9
		3 Min		76,7 ± 14,2	x	13,1

Piirainen et al., (2011)	Untrainiert	Ø 55 Sek 2 Min	Skelettmuskelmasse (kg)	37,9 ± 5,6	38,9 ± 5,3	2,6
				39,8 ± 2,3	40,8 ± 2,5	2,5
Schoenfeld et al., (2015)	Trainiert	1 Min	Ellenbogenflexoren Muskeldicke (cm)	4,00 ± 0,57	4,11 ± 0,53	2,3
		3 Min		4,28 ± 0,60	4,51 ± 0,50	5,4
		1 Min	Triceps Brachii Muskeldicke (cm)	4,10 ± 0,84	4,12 ± 0,60	0,5
		3 Min		4,14 ± 0,76	4,43 ± 0,84	7
		1 Min	Anterior Quadriceps Muskeldicke (cm)	5,25 ± 0,53	5,61 ± 0,56	6,9
		3 Min		5,35 ± 0,65	6,06 ± 0,58	13,3
Villanueva et al., (2015)	Untrainiert	1 Min	Vastus lateralis Muskeldicke (cm)	3,59 ± 0,43	3,95 0,46	10
		4 Min		3,58 ± 0,58	3,99 ± 0,65	11,5
	Untrainiert	1 Min	Magere Körpermasse (kg)	59,2 ± 8,8	60,2 ± 9,4	1,7
		4 Min		57,5 ± 4,9	57,8 ± 5,3	0,5

X: Daten nicht verfügbar (Hauptautoren wurden kontaktiert und Daten beantragt)

## **5. Diskussion**

Ziel dieses systematischen Reviews war es zu untersuchen, wie sich die Pausendauer zwischen den Sätzen beim Krafttraining auf die Entwicklung der Muskelkraft und Muskulatur auswirkt. Die Literatur zeigt, dass die Kraft und die Muskulatur mit einer großen Bandbreite an Pausendauern gesteigert werden können. Aufgrund der Unterschiede im Aufbau der durchgeführten Studien sowie der Heterogenität bezüglich des Trainingszustandes der ProbandInnen und der durchgeführten Übungen und Tests müssen diese näher beleuchtet werden, bevor darauf aufbauend Empfehlungen für die Umsetzung in der Praxis gegeben werden.

### **5.1. Ergebnisse der Veränderung der Kraft bei trainierten ProbandInnen**

Insgesamt wurden 7 Studien untersucht, welche sich mit der Entwicklung der Kraft bei trainierten ProbandInnen beschäftigten. Die Resultate zeigten einen Trend dafür, dass trainierte ProbandInnen hinsichtlich der Steigerung der Kraft bessere Resultate mit längeren Pausendauern erzielen.

So zeigten die Studien (De Salles et al., 2010; Robinson et al., 1995; Schoenfeld et al., 2015) signifikant höhere Steigerungen bei den Gruppen mit der längeren Pausendauer. Die Studien (Longo et al., 2020; Simão et al., 2006; Willardson et al., 2008) zeigten für die untersuchten Gruppen ähnliche Steigerungen, wobei sich die Gruppen jedoch nicht signifikant voneinander unterschieden und bei der Studie (Jambassi Filho et al., 2017) wurden keine signifikanten Resultate gefunden.

Bei der Studie (De Salles et al., 2010) mit jungen männlichen Probanden zeigte die Gruppen mit 3- und 5 Minuten Pause nach 16 Wochen signifikant höhere Steigerungen des 1RM bei der Beinpresse als die Gruppe mit 1 Minute Pause zwischen den Sätzen. Die 5-Minuten Gruppe konnte sich zudem auch beim Bankdrücken signifikant mehr steigern als die Gruppe mit 1 Minute Pause. Zu beobachten war, dass das Trainingsvolumen bei der 3 und 5 Minuten Gruppe signifikant höher als bei der 1 Minuten Gruppe war.

In der Studie (Robinson et al., 1995) konnten ähnliche Resultate beobachtet werden. Die Gruppe mit 3 Minuten Pause zeigte nach 5 Wochen eine signifikant höhere Steigerung des 1RM in der Kniebeuge als die Gruppe mit 30 Sekunden Pause zwischen den Sätzen. Jedoch wurden zwischen 3 Minuten und 90 Sekunden Pause keine signifikanten Unterschiede gefunden. Das Trainingsvolumen pro Woche war im Durchschnitt 3774kg für die 3 Minuten- und 3078kg für die 30 Sekunden Gruppe.

Auch Schoenfeld et al., (2015) fanden signifikant höhere Steigerungen im 1RM Bankdrücken und 1RM Kniebeuge bei der Gruppe mit 3- als bei der Gruppe mit 1 Minute Pause zwischen den Sätzen. Auch die Effektstärke zeigte bei beiden Übungen Vorteile für die längere Pausendauer. Das gesamte Trainingsvolumen war über die 8-wöchige Trainingsintervention höher bei der 3 Minuten Gruppe. Im Unterschied dazu wurde mit einem ähnlichen Studiendesign (Simão et al., 2006), welcher sich zum Großteil nur in der Dauer der Trainingsintervention unterschied, kein signifikanter Unterschied zwischen der 3- und 1 Minuten Pausengruppe gefunden. Beide Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung des 10RM im Bicepscurl, wohingegen keine der beiden Gruppen das 10RM im Bankdrücken signifikant steigerte. Da die Studie (Schoenfeld et al., 2015) 8- und die Studie (Simão et al., 2006) 4 Wochen dauerte, kann angenommen werden, dass bei längerer Durchführung eines Trainingsplanes bessere Resultate mit längeren Pausen zwischen den Sätzen erreicht werden. Die 2- und 4 Minuten Gruppe zeigten bei der Studie (Willardson et al., 2008) signifikante Steigerungen des 1RM der Kniebeuge. Zwischen den Gruppen gab es hier jedoch keinen signifikanten Unterschied. Jambassi Filho et al., (2008) die als einzige der untersuchten Studien, ihre Studie mit älteren Frauen durchführten, fanden keine signifikanten Steigerungen bei der maximalen willkürlichen Kontraktion des Beinstreckers.

Im Großen und Ganzen zeigt sich, dass längere Pausen von über 2 Minuten zwischen den Sätzen bei trainierten ProbandInnen eine höhere Steigerung der Kraft ermöglichen. Beim Blick auf die in den verschiedenen Studien angewandten Trainingspläne fällt auf, dass alle Studien, welche mit trainierten ProbandInnen durchgeführt wurden, zum Großteil mehrgelenkige Übungen benutzten. Somit wurden auch die Tests zur Bestimmung der Veränderungen der Kraft mit mehrgelenkigen Übungen durchgeführt. Einzig die Studie (Simão et al., 2006) testete das 10RM im Bicepscurl, ohne dabei aber signifikante Resultate zwischen den Gruppen zu finden.

## **5.2. Ergebnisse der Veränderung der Kraft bei untrainierten ProbandInnen**

9 Studien beschäftigten sich mit der Entwicklung der Kraft bei untrainierten ProbandInnen. Hill-Haas et al., (2007) untersuchten den Unterschied zwischen 20- und 80 Sekunden Pause zwischen den Sätzen hinsichtlich der Steigerung des 3RM in der Beinpresse. Hier zeigte die Gruppe mit 80 Sekunden Pause eine signifikant höhere Steigerung des 3RM als die Gruppe mit 20 Sekunden Pause zwischen den Sätzen. Die Resultate des 3RM sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da Krafttest und Trainingsplan sehr unterschiedlich waren. Die Autoren selbst bezeichneten den durchgeführten Trainingsplan als Kraftausdauerplan und

über die 5-wöchige Trainingsperiode wurden die Übungen mit 2-5 Sätzen und 15-20 Wiederholungen durchgeführt. Ratamess et al., (2009) empfehlen eine solch hohe Anzahl an Wiederholungen als optimal für die Verbesserung der Kraftausdauer. Zudem ist es hier schwer von kurzer und langer Pausendauer in Verbindung mit der Steigerung der Kraft zu sprechen, da sowohl 20- als auch 80 Sekunden Pause deutlich unter den von Ratamess et al., (2009) empfohlenen 2-5 Minuten liegen. Ein weiterer relevanter Punkt in der Betrachtung des Trainingsplanes ist, dass beide Gruppen das exakt gleiche Trainingsvolumen absolvierten. Jede Probandin in der 80 Sekunden Gruppe wurde mit einer Probandin aus der 20 Sekunden Gruppe gepaart und machte die gleiche Anzahl an Wiederholungen mit dem gleichen Gewicht.

Die Studie (Willardson & Burkett, 2006) untersuchte diesbezüglich den Unterschied zwischen 30-, 60- und 120 Sekunden Pause zwischen den Sätzen hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Wiederholungsanzahl beim Bandrücken und Kniebeugen. In beiden Übungen schaffte die 120 Sekunden Gruppe signifikant mehr Wiederholungen als die 30 Sekunden Gruppe. Beim Bankdrücken gab es zudem ebenfalls einen signifikanten Unterschied zugunsten der 120 Sekunden- im Vergleich mit der 60 Sekunden Gruppe. Ausgegangen von diesen Resultaten kann angenommen werden, dass die 80 Sekunden Gruppe möglicherweise mehr Wiederholungen oder mehr Gewicht geschafft hätte, was die Resultate möglicherweise verstärkt hätten. In der Studie (Pincivero et al., 1997) zeigte nach 4 Wochen Training nur die Gruppe mit 160 Sekunden Pause eine signifikante Steigerung des maximalen Drehmoment  $60^\circ/\text{S}$  beim Beinstrecker. Auch die Studie (Pincivero & Campy, 2004), welche 40- mit 160 Sekunden Pause zwischen den Sätzen verglich, fand nur eine signifikante Steigerung des Spitzendrehmoments bei der Gruppe mit 160 Sekunden Pause.

Im Gegenteil zu den davor genannten Studien fanden Piirainen et al., (2011) im 10RM Kniestecker signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, indem die Gruppe mit 55 Sekunden Pause eine signifikant höhere Steigerung des 10RM beim Kniestrecke als die Gruppe mit 2 Minuten Pause vorwies.

Die Studie (Villanueva et al., 2015) zeigte nach einer 8-wöchigen Trainingsintervention eine signifikant höhere Steigerung des 1RM in der Beinpresse und im Brustdrücken für die Gruppe mit 1 Minute Pause im Vergleich zu der Gruppe mit 3 Minuten Pause. Die Studie wurde zwar mit untrainierten Probanden durchgeführt, jedoch wurden die ersten 4 Wochen als Eingewöhnungsphase genutzt, in welcher alle Probanden den gleichen Trainingsplan

absolvierten. Der Trainingsplan unterscheidet sich von denen von (Hill-Haas et al., 2007; Pincivero et al., 1997; Pincivero & Campy, 2004), indem deutlich weniger Sätze und Wiederholungen durchgeführt wurden. Bezüglich der durchgeführten Sätze sind Villanueva et al., (2015) jedoch im Einklang mit den Empfehlungen von Ratamess et al., (2009), welche für untrainierte ProbandInnen 1-3 Sätze empfehlen. Zudem ist auffällig, dass die Studie (Villanueva et al., 2015) die einzige ist, in welcher angegeben wird, dass die Sätze nicht bis zum Muskelversagen durchgeführt wurden.

In den Studien (Buresh et al., 2009; Fink et al., 2017; Gentil et al., 2010) zeigten sowohl die kurze und lange Pausengruppe signifikante Steigerungen, jedoch konnten hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sätzen festgestellt werden.

Die Studie (Buresh et al., 2009) zeigte nach einer 10-wöchigen Trainingsintervention ähnliche Steigerungen des 5RM im Bankdrücken und der Kniebeuge für die Gruppe mit 1- und die Gruppe mit 2,5 Minuten Pause zwischen den Sätzen. Diese Resultate sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da die Trainingseinheiten nicht überwacht wurden. Die Probanden wurden lediglich 1 Mal pro Woche kontaktiert, um etwaige Fragen zu beantworten und die Trainingsgewichte anzupassen und somit könnte angenommen werden, dass es beim Training möglicherweise Abschweifungen vom vorgegebenen Trainingsplan gab.

In der Studie (Fink et al., 2017) konnten ebenfalls beide Gruppen signifikante Steigerungen des 1RM der Kniebeuge und Bankdrücken verzeichnen. Bei Betrachtung der Vorgaben von Ratamess et al., (2009) war das Design des Trainingsplans ähnlich wie bei den Studien (Hill-Haas et al., 2007; Pincivero & Campy, 2004) und eher für die Verbesserung der Kraftausdauer als des 1RM ausgelegt. Über den Zeitraum von 8 Wochen wurden 2 Mal pro Woche 4 Sätze Bankdrücken und 4 Sätze Kniebeugen mit 40% des 1RM gemacht. Schoenfeld et al., (2017) empfehlen dahingegen in ihrer Metaanalyse beim Training schwere Lasten von über 60% des 1RM für die Steigerung der Kraft. Die Studie (Gentil et al., 2010) zeigte nach einer 12-wöchigen Trainingsintervention signifikante Steigerungen im 1RM Bankdrücken und Beinpresse für die Gruppe mit 1- und 3 Minuten Pause, ohne jedoch signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen festzustellen.

Hinsichtlich der in den Trainingsplänen angewandten Übungen ist zu bemerken, dass einzig bei den Studien (Garcia-Lopez et al., 2007; Pincivero et al., 1997; Pincivero & Campy, 2004)

ausschließlich eingelenkige Übungen angewandt und auch getestet wurden, wohingegen alle anderen Studien sich mit mehrgelenkigen Übungen beschäftigten.

Da in den Studien (Pincivero et al., 1997; Pincivero & Campy, 2004) die Gruppen mit 160 Sekunden Pause signifikant bessere Resultate zeigten als die Gruppe mit 40 Sekunden Pause, kann davon ausgegangen werden, dass bei eingelenkigen Übungen mit längeren Pausen bessere Resultate hinsichtlich der Steigerung der Kraft bei untrainierten Personen erzielt werden. Ansonsten zeigt sich aber, dass bei untrainierten Personen mit 1 Minute Pause zwischen den Sätzen gute Resultate hinsichtlich der Steigerung der Kraft zu erreichen sind.

### **5.3. Ergebnisse der Veränderung der Muskelmasse bei trainierten ProbandInnen**

Lediglich 2 Studien beschäftigten sich mit der Veränderung der Muskelmasse bei trainierten ProbandInnen. Die Studie (Schoenfeld et al., 2015) verglich 1- und 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen mit 23 jungen trainierten Männern und fand hinsichtlich der Veränderung der Muskeldicke des Quadriceps signifikant bessere Resultate für die 3- im Vergleich mit der 1-Minuten Gruppe. Die Effektstärke war zudem bei den 4 untersuchten Muskeln deutlich höher bei der Gruppe mit 3 Minuten Pause. Interessant ist auch, dass das Trainingsvolumen nach der 8-wöchigen Trainingsintervention bei der Gruppe mit 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen deutlich höher war.

Die Wichtigkeit des Volumens bei der Steigerung der Muskelmasse zeigten Longo et al., (2020), indem sie Pausendauer und Volumen mit 4 Gruppen verglichen. In der Studie trainierte eine Gruppe mit 1 und eine Gruppe mit 3 Minuten Pause zwischen den Sätzen. Dazu gab es 2 weitere Gruppen, eine Gruppe welche 3 Minuten Pause, aber das gleiche Volumen wie die 1 Minuten Gruppe machte und eine Gruppe mit 1 Minute Pause, die aber das gleiche Volumen, wie jene mit 3 Minuten Pause machte. Die beiden Gruppen, welche mit dem Trainingsvolumen der 3 Minuten Gruppe trainierten, zeigten dabei nach einem 10-wöchigen Training an der Beinpresse, eine signifikant höhere Steigerung der Querschnittsfläche des Quadriceps im Vergleich mit den Gruppen, welche das Trainingsvolumen der 1-Minute Gruppe machten. Das Trainingsvolumen war ebenfalls bei beiden Gruppen, welche mit dem Volumen der 3 Minuten Gruppe trainierten signifikant höher als bei jenen die mit dem Volumen der 1 Minuten Gruppe trainierten.

Bei der Betrachtung dieser 2 Studien kann also angenommen werden, dass für die Steigerung der Muskelmasse bei trainierten ProbandInnen längere Pausen von Vorteil sind, insofern

diese ein höheres Trainingsvolumen als kürzere Pausen ermöglichen. Auf die Frage, wie sich die Pausendauer bei ein- und mehrgelenkigen Übungen auswirkt kann mithilfe dieser beiden Studien keine Auskunft gegeben werden, da diese sich ausschließlich mit mehrgelenkigen Übungen beschäftigten.

#### **5.4. Ergebnisse der Veränderung der Muskelmasse bei untrainierten ProbandInnen**

5 Studien untersuchten die Entwicklung der Muskelmasse bei untrainierten ProbandInnen, ohne dabei klare Argumente für längere oder für kürzere Pausen zwischen den Sätzen zu liefern.

Die Studie (Buresch et al., 2009) zeigt signifikant bessere Resultate bei der Muskelquerschnittsfläche des Armes bei der Gruppe mit 1 Minute Pause im Vergleich zu jener mit 2,5 Minuten Pause. Dahingegen konnte bei der Messung der mageren Körpermasse aber nur die Gruppe mit der längeren Pause eine signifikante Steigerung nach 10 Wochen Training vorweisen. In der Studie (Fink et al., 2017) wurden zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede gefunden, jedoch zeigte die Effektstärke hinsichtlich der Muskelquerschnittsfläche des Oberschenkels einen Vorteil für die Gruppe mit 150 Sekunden Pause im Vergleich zu jener mit 30 Sekunden Pause. Die Studie (Villanueva et al., 2015) zeigte dahingegen eine signifikant höhere Steigerung der mageren Körpermasse für die Gruppe mit 4 Minuten im Vergleich zu jener mit 1 Minute Pause zwischen den Sätzen. Während die Studien (Buresch et al., 2009; Fink et al., 2017) mit jüngeren ProbandInnen durchgeführt wurden, untersuchten Villanueva et al., (2015) die Pausendauer zwischen den Sätzen bei älteren Männern ( $68 \pm 4,1$  Jahre). Zudem wurden bei Villanueva et al., (2015) im Vergleich zu den anderen Studien die Sätze nicht bis zum Muskelversagen durchgeführt.

Es kann also angenommen werden, dass zur Steigerung der Muskelmasse bei untrainierten, älteren Männern 1 Minute Pause zwischen den Sätzen Vorteile gegenüber von 4 Minuten hat. Zwischen ein und mehrgelenkigen Übungen wurde auch hier kein Unterschied gefunden, da alle Studien zum Großteil mit mehrgelenkigen Übungen trainierten.

### **6. Zusammenfassung und Ausblick**

Der aktuelle Wissensstand zeigt, dass trainierte Personen für die Steigerung der Kraft und Muskelmasse längere Pausen zwischen den Sätzen benötigen. So zeigten die Studien, dass 2 bis 5 Minuten notwendig sind, um optimale Resultate zu erreichen. Zwischen 2 und 5 Minuten Pause zwischen den Sätzen scheint es dabei keine großen Unterschiede zu geben.

Ob mit mehr als 5 Minuten Pause noch größere Steigerungen möglich sind ist unklar. Somit wäre es interessant, in einer Studie beispielsweise 2 mit 5 und 8 Minuten Pause zwischen den Sätzen miteinander zu vergleichen.

Bei untrainierten Personen zeigt sich dagegen, dass bereits mit Pausen von ungefähr 1 Minute stabile Steigerungen der Kraft und Muskelmasse erreicht werden können. Die Pausendauer sollte je nach Trainingsziel und mit dem Blick auf andere Faktoren wie das Volumen angepasst werden. So zeigt sich, dass mit längeren Pausen das Trainingsvolumen bei gleichbleibender Anzahl an Sätzen steigt. In den untersuchten Studien wurde mit einer Ausnahme in allen, bis zum Muskelversagen trainiert. Davies et al., (2016) zeigten in ihrem Review, dass für eine Steigerung der Kraft, Training bis zum Muskelversagen nicht notwendig ist. Mit diesem Wissen wäre es interessant zu untersuchen, ob mit einem Training nicht bis zum Muskelversagen kürzere Pausen ausreichen und dann ähnliche Resultate wie mit längeren Pausen erreicht werden können. Da in den Studien, welche sich mit Pausendauer und Steigerung der Kraft befassten, mit einer relativ hohen Anzahl an Wiederholungen trainiert wurde, wäre es ebenfalls interessant die Auswirkungen der Pausendauer mit niedriger Anzahl an Wiederholungen zu testen. Ob die Pausendauer unterschiedliche Auswirkungen bei ein- und mehrgelenkigen Übungen hervorruft ist noch unklar, da es wenige Studien gibt, welche sich mit den Auswirkungen der Pausendauer auf Kraft und Muskulatur beschäftigten und ausschließlich mit eingelenkigen Übungen trainierten.

Die Trainingseinheiten mit längeren Pausen sind sicherlich zeitintensiver als jene mit kürzeren Pausen zwischen den Sätzen. Wenn kein Zeitdruck besteht ist es demnach sinnvoll längere Pausen zwischen den Sätzen zu machen, allerdings können auch mit kürzeren Pausen gute Resultate hinsichtlich der Steigerung der Kraft und Muskelmasse erreicht werden.

## Literaturverzeichnis

- Buresh, R., Berg, K., & French, J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 62–71. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f14a>
- Davies, T., Orr, R., Halaki, M., & Hackett, D. (2016). Effect of Training Leading to Repetition Failure on Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(4), 487–502. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0451-3>
- de Salles, B. F., Simão, R., Miranda, F., Novaes, J. da S., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 765–777. <https://doi.org/10.2165/11315230-000000000-00000>
- de Salles, B. F., Simão, R., Miranda, H., Bottaro, M., Fontana, F., & Willardson, J. M. (2010). Strength increases in upper and lower body are larger with longer inter-set rest intervals in trained men. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 429–433. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.002>
- Fink, J. E., Schoenfeld, B. J., Kikuchi, N., & Nakazato, K. (2017). Acute and Long-term Responses to Different Rest Intervals in Low-load Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 38(2), 118–124. <https://doi.org/10.1055/s-0042-119204>
- García-López, D., de Paz, J. A., Moneo, E., Jiménez-Jiménez, R., Bresciani, G., & Izquierdo, M. (2007). Effects of short vs. Long rest period between sets on elbow-flexor muscular endurance during resistance training to failure. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1320–1324. <https://doi.org/10.1519/R-21096.1>
- Gentil, P., Bottaro, M., Oliveira, E., Veloso, J., Amorim, N., Saiuri, A., & Wagner, D. R. (2010). Chronic effects of different between-set rest durations on muscle strength in nonresistance trained young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 37–42. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2965c>

- Grgic, J., Lazineca, B., Mikulic, P., Krieger, J. W., & Schoenfeld, B. J. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *European Journal of Sport Science*, *17*(8), 983–993. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1340524>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Skrepnik, M., Davies, T. B., & Mikulic, P. (2018). Effects of Rest Interval Duration in Resistance Training on Measures of Muscular Strength: A Systematic Review. *Sports Medicine*, *48*(1), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0788-x>
- Henselmans, M., & Schoenfeld, B. J. (2014). The effect of inter-set rest intervals on resistance exercise-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *44*(12), 1635–1643. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0228-0>
- Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Edge, J. (2007). Effects of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. *Journal of Sports Sciences*, *25*(6), 619–628. <https://doi.org/10.1080/02640410600874849>
- Jambassi Filho, J. C., Gurjão, A. L. D., Ceccato, M., Prado, A. K. G., Gallo, L. H., & Gobbi, S. (2017). Chronic Effects of Different Rest Intervals Between Sets on Dynamic and Isometric Muscle Strength and Muscle Activity in Trained Older Women. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *96*(9), 627–633. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000701>
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance Training for Health and Performance: *Current Sports Medicine Reports*, *1*(3), 165–171. <https://doi.org/10.1249/00149619-200206000-00007>

- Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.-S., & Gruber, M. (2016). Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(9), 1261–1271. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0515-z>
- Longo, A. R., Silva-Batista, C., Pedrosa, K., de Salles Painelli, V., Lasevicius, T., Schoenfeld, B. J., Aihara, A. Y., de Almeida Peres, B., Tricoli, V., & Teixeira, E. L. (2020). Volume Load Rather Than Resting Interval Influences Muscle Hypertrophy During High-Intensity Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research, Publish Ahead of Print*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003668>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713–721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & for the PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ*, 339(jul21 1), b2535–b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Piirainen, J. M., Tanskanen, M., Nissilä, J., Kaarela, J., Väärälä, A., Sippola, N., & Linnamo, V. (2011). Effects of a heart rate-based recovery period on hormonal, neuromuscular, and aerobic performance responses during 7 weeks of strength training in men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2265–2273. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ecd050>
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. G. (1997). Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *British Journal of Sports Medicine*, 31(3), 229–234. <https://doi.org/10.1136/bjism.31.3.229>

- Pincivero, D. M., & Campy, R. M. (2004). The effects of rest interval length and training on quadriceps femoris muscle. Part I: Knee extensor torque and muscle fatigue. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 111–118.
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, B. W., Kraemer, W. J., & Triplett, T. N. (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Robinson, J. M., Stone, M. H., Johnson, R. L., Penland, C. M., Warren, B. J., & Lewis, R. D. (1995). Effects of Different Weight Training Exercise/Rest Intervals on Strength, Power, and High Intensity Exercise Endurance: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 216–221. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00002>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508–3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>
- Schoenfeld, B. J., Pope, Z. K., Benik, F. M., Hester, G. M., Sellers, J., Nooner, J. L., Schnaiter, J. A., Bond-Williams, K. E., Carter, A. S., Ross, C. L., Just, B. L., Henselmans, M., & Krieger, J. W. (2016). Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1805–1812. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001272>
- Simão, R. (2006). Análisis de diferentes intervalos entre las series en un programa de entrenamiento de fuerza. *Fitness & Performance Journal*, 5(5), 290–294. <https://doi.org/10.3900/fpj.5.5.290.s>

- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Villanueva, M. G., Lane, C. J., & Schroeder, E. T. (2015). Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 115(2), 295–308. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3014-7>
- Willardson, J. M. (2006). A brief review: Factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 978–984. <https://doi.org/10.1519/R-17995.1>
- Willardson, J. M. (2008). A Brief Review: How Much Rest between Sets?: *Strength and Conditioning Journal*, 30(3), 44–50. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31817711a4>
- Willardson, J. M., & Burkett, L. N. (2008). The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 146–152. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f912d>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Studienauswahl- Kraft .....	7
Tabelle 2: Studienauswahl- Hypertrophie .....	10
Tabelle 3: Trainingsplan .....	11
Tabelle 4: relative Veränderung- Kraft .....	13
Tabelle 5: relative Veränderung- Muskelmasse .....	13
Tabelle 6: Veränderung Muskelquerschnittsfläche (cm <sup>2</sup> ) .....	17
Tabelle 7: Veränderung 1RM .....	17
Tabelle 8: Veränderung maximal willkürliche isometrische Kontraktion (kg).....	18
Tabelle 9: Trainingsplan .....	19
Tabelle 10: Trainingsplan .....	21
Tabelle 11: Resultate 3RM .....	22
Tabelle 12- Resultate- Umfang Oberschenkel.....	22
Tabelle 13: Resultate MWIK (N) .....	24
Tabelle 14: Trainingsplan .....	27
Tabelle 15: Resultate Veränderung nach 4-wöchiger Trainingsintervention (%).....	30
Tabelle 16: Trainingsplan .....	31
Tabelle 17: Trainingsplan .....	32
Tabelle 18: Veränderung 1RM Kniebeuge.....	33
Tabelle 19: Trainingsplan .....	34
Tabelle 20: Veränderung Muskeldicke (cm) .....	34
Tabelle 21: Veränderung 1RM (kg) .....	35
Tabelle 22: Trainingsplan .....	36
Tabelle 23: Veränderung der mageren Körpermasse (kg) nach 8-wöchigem Krafttraining (Woche 4-12) .....	39
Tabelle 24: Veränderung des 1RM der Kniebeuge und Bankdrückmaschine (kg) nach 8- wöchigem Krafttraining (Woche 4-12) .....	39
Tabelle 25: Trainingsplan Kniebeuge.....	40
Tabelle 26: Veränderung des 1RM der Kniebeuge nach 12-wöchigem Krafttraining.....	41
Tabelle 27: Methodische Qualität.....	43
Tabelle 28: Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Kraft.....	44

Tabelle 29: Auswirkungen der Pausendauer zwischen den Sätzen auf die Entwicklung der Hypertrophie..... 48

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flow Chart.....	5
Abbildung 2: Bankdrücken 1RM nach 8- und 16 Wochen .....	15
Abbildung 3: Beinpresse 1RM nach 8- und 16 Wochen .....	15
Abbildung 4: Veränderung des 1RM (Bankdrücken) nach 12 Wochen Training.....	20
Abbildung 5:Veränderung des 1RM (Beinpresse) nach 12 Wochen Training.....	20
Abbildung 6: a) 1RM davor und danach (Beinpresse); b) 1RM Unterschied zwischen davor und danach (Beinpresse).....	25
Abbildung 7: a) Querschnittsfläche davor und danach (Quadriceps); b) Querschnittsfläche Unterschied zwischen davor und danach (Quadriceps).....	26
Abbildung 8: Konzentrisches 1RM (Nm) davor, nach 4- und nach 7 Wochen.....	28
Abbildung 9: Konzentrisches 10RM (kg X Wiederholungen), Kniebeuger und Kniestrecker, davor und nach 7 Wochen.....	28
Abbildung 10: Tabelle 14: Isokinetisches Quqdriceps Spitzendrehmoment über die 6 Wochen Trainingsperiode.....	31
Abbildung 11: Veränderung des 10RM (kg) im Bankdrücken, vor und nach der 4-wöchigen Trainingsintervention .....	37
Abbildung 12: Veränderung des 10RM (kg) im Bicepscurl, vor und nach der 4-wöchigen Trainingsintervention .....	37

### **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit gebe ich die Versicherung ab, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Publikationen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.



---

Haliniak Jeff

Wien, 9.1. 2021