

Kollegium Spiritus Sanctus Brig

Maturaarbeit 2023/24

Kreatin HCL & Monohydrat

Unter der Lupe

Von:

Kaisig Michael Tim, 5D

Eingereicht im Fachbereich Biologie und Chemie

Betreut durch:

Matthias Eyer

Brig, den 30.11.2023

Nummer 2023/26

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	4
2	Zusammenfassung	5
3	Einleitung	6
3.1	ATP und seine Funktionsweise	6
3.1.1	Transportarbeit	7
3.1.2	Chemische Arbeit	7
3.1.3	Mechanische Arbeit.....	8
3.2	ATP-Regeneration	9
3.2.1	Milchsäuregärung von Glukose	9
3.2.2	Zellatmung	9
3.2.3	Kreatinphosphat-Zerfall	9
3.3	Kreatin	10
3.3.1	Synthetisierung im Körper	10
3.3.2	Nahrungsaufnahme.....	11
3.3.3	Supplementierung.....	11
3.3.5	Kreatin Hydrochlorid	11
4	Material/Methoden	12
4.1	Kreatin Einnahme	12
4.2	Datensammlung	12
4.2.1	Körpervermessungen.....	12
4.2.2	Leistungstests	14
4.2.3	Umfragen.....	15
4.3	Auswertung.....	16
4.3.1	Körpervermessungen, Kraft/Schnellkraft.....	16
4.3.2	Ausdauer.....	17
6	Resultate	18
6.1	Körpervermessungen	18
6.1.1	Oberarmumfang	18
6.1.2	Oberschenkelumfang.....	19
6.1.3	Wadenumfang	19
6.1.4	Halsumfang	20
6.2	Leistungstests.....	20
6.2.1	Liegestütze	20
6.2.2	Klimmzüge	21
6.2.3	Standweitsprung	22
6.2.3	Ausdauer – Puls.....	22
6.3	Umfragen	24

6.3.1	Sport und Training	24
6.3.2	Ernährung, Schlaf & Alkoholkonsum	24
7	Diskussion	25
7.1	Fehlerquellen	25
7.1.1	Ungenauigkeiten Messungen und Ausdauer tests	25
7.1.2	Frequenz der Tests	25
7.1.3	Kreatin Einnahme Dosierung	26
7.2	Relativierungen der Sporttests mit Hilfe der Umfrage	26
7.2.1	Liegestütze	26
7.2.2	Klimmzüge	26
7.2.3	Standweitsprung	26
7.2.3	Ausdauer.....	27
7.3	Verbesserungsvorschläge	27
7.3.1	Ausdauer tests	27
7.3.2	Kreatin Dosierung	27
7.3.3	Körpervermessungen.....	27
7.4	Fazit	27
8	Schlusswort	28
9	Glossar.....	29
10	Quellenverzeichnis	31
10.1	Literaturverzeichnis	31
10.2	Abbildungsverzeichnis.....	32
11	Anhang	33
12	Authentizitätserklärung	48

1 Vorwort

Schon als kleines Kind habe ich mich sehr für Sport und vor allem für Krafttraining interessiert. Zuerst waren die Übungen, die ich machte, auf zuhause beschränkt. Ich begnügte mich also mit Liegestützen, Klimmzügen und Rumpfbeugen. Als ich dann ins Kollegium kam, konnte ich zum ersten Mal in einem richtigen Fitnessstudio trainieren. Doch auch hier wurde nur spärlich gearbeitet. Erst, als ich im dritten Jahr mit Bildern und Videos von berühmten Bodybuildern wie zum Beispiel Arnold Schwarzenegger konfrontiert wurde, kam bei mir echte Motivation auf. Ich stelle mir eigenhändig einen Trainingsplan auf und ging wöchentlich mindestens dreimal ins Fitnessstudio. Dann entdeckte ich das Thema der Nahrungsergänzungsmittel. Diese sind beispielsweise Proteinpulver, Vitamine oder Fette. Das Nahrungsergänzungsmittel, das mich aber am meisten faszinierte, war das Kreatin Monohydrat – ein weisses, geschmackloses Pulver, welches bei täglicher Einnahme eine erhebliche Verbesserung der sportlichen Leistungen ermöglicht. Zudem sollten bei der Resorption in die Muskelzellen, zusätzlich auch Wasser in die Muskeln gezogen werden, was den Muskel grösser aussehen lässt. Viele Leute in meinem Umfeld nahmen diesen Stoff zu sich und ich bemerkte auch sofort ihre massive Kraft im Fitnessstudio und ihr breiteres Erscheinen. Trotzdem entschied ich mich gegen die Einnahme von Kreatin. Viel mehr wollte ich den Fortschritt, den man mit Kreatin machen kann, in Zahlen festhalten. Die perfekte Gelegenheit präsentierte sich mir, als ich mein Thema für die Maturaarbeit auswählen durfte. Zusätzlich kam auch eine neue Version des Kreatins – das Kreatin Hydrochlorid – auf den Markt. Es wirkte vielversprechend, das Hydrochlorid Salz sollte die Resorption ins Blut beschleunigen und dadurch müsste man weniger zu sich nehmen.¹ Daraufhin wollte ich eigenhändig herausfinden, ob Kreatin Hydrochlorid tatsächlich die bessere Wahl ist, als Kreatin Monohydrat.

¹ (Reimers, 2023)

2 Zusammenfassung

Kreatin ist ein farbloser Feststoff mit einer wichtigen Funktion als Energieträger im Körper. Der Stoff wird in der Leber, der Niere und der Bauchspeicheldrüse produziert, aber auch zu einem grossen Teil über die Nahrung aufgenommen.² Kreatin kommt in vielen Bereichen des Körpers, wie zum Beispiel den Muskelzellen, Nervenzellen und Sinneszellen zum Einsatz. Kreatin regeneriert während einer körperlichen Anstrengung den ATP-Vorrat in den Zellen, indem Kreatinphosphat unter Abspaltung eines Phosphatteilchens in Kreatin umgewandelt wird, und ATP aus ADP wieder regeneriert wird.

Nebst der Produktion im Körper und über die Nahrungsaufnahme, kann Kreatin auch als Nahrungsergänzungsmittel aufgenommen werden. Dadurch wird der Kreatinspeicher der Zelle aufgefüllt und es steht insgesamt mehr Phosphat und somit ATP zur Verfügung. Dadurch werden die Kraft und die Leistungsdauer der Muskelkontraktion gesteigert.¹ Ein bekannter Nebeneffekt ist, dass der Muskel an Grösse und an Fülle zunimmt. Dies geschieht, da beim Transport von Kreatin in die Zelle auch Natriumchlorid mittransportiert wird. Durch das Konzentrationsgefälle wird nun Wasser in die Zelle gezogen. Dies lässt den gesamten Muskel straffer aussehen.¹ Neben dem Kreatin Monohydrat, bei dem pro Kreatinmolekül ein Wassermolekül beigemischt ist, gibt es auch das Kreatin Hydrochlorid, bei dem anstelle eines Wassermoleküls ein Hydrochlorid Teilchen vorkommt. Dieses soll schneller ins Blut resorbiert werden und dadurch muss weniger konsumiert werden, was kostengünstiger ausfallen kann.

Inwiefern beeinflusst jetzt aber dieses Nahrungsergänzungsmittel die sportlichen Leistungen, aber auch die äussere Erscheinung einer Person? Und welches ist die bessere Wahl bei der Nahrungsergänzungsmittelsuche: Kreatin Monohydrat oder Kreatin Hydrochlorid? Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, wurden vier Probanden Kreatin Monohydrat und drei Probanden Kreatin Hydrochlorid über einen Zeitraum von einem Monat verabreicht. Über diesen Zeitraum wurden wöchentlich Parameter wie Körpergewicht, Oberarmumfang, Oberschenkelumfang, aber auch sportliche Leistungen wie Liegestütze oder Standweitsprung gemessen. Zusätzlich dienten drei Probanden als Referenzgruppe. Diese Gruppe nahm kein Kreatin ein, wurde aber den gleichen Tests unterzogen wie die restlichen Probanden. Ihre Verbesserungen der sportlichen Leistungen dienten als Grundwert gegenüber den Kreatineinnehmenden. Zudem wurde eine Umfrage an jeden Probanden geschickt, mit Hilfe dessen Resultate die Leistungen der Sporttests ins Verhältnis gesetzt werden konnten. In dieser Umfrage wurde nach dem Ernährungsverhalten, Schlaf, Sportarten, Trainings in der Woche und weiterem gefragt.

Bei allen Gruppen ausser der Monohydratgruppe beim Wadenumfang, kann man bei den Körpervermessungen einen Trend nach oben beobachten. Auch bei den sportlichen Leistungen sieht man bei allen Gruppen eine deutliche Verbesserung. Nach einem Abgleich der Resultate in den Sporttests mit den Ergebnissen der Umfrage, konnten Zusammenhänge zwischen den Hobbies und den Trainingsplänen der Probanden und den Verbesserungen in den Sporttests gefunden werden. Probanden die Fussball spielen, zeigten dabei bessere Leistungen im Ausdauer-Test, und bei Probanden die regelmässig klettern gehen, konnten Verbesserungen der Leistungen in den Kraftübungen wie Klimmzüge und Liegestütze nachgewiesen werden.

² (Myprotein, 2023)

3 Einleitung

3.1 ATP und seine Funktionsweise

Um die Rolle von Kreatin im zellulären Energiehaushalt zu verstehen, muss erst das Hintergrundwissen zum Thema ATP und dessen Funktionsweise erläutert werden.

Adenosintriphosphat ist die Energiequelle aller zellulären Arbeitsprozesse und wird daher auch die «Energiewährung der Zelle» genannt.³ Es besteht aus einem Adeninrest, einem Riboserest, und einer Kette aus drei Phosphatgruppen (Abb. 1). Bei der Hydrolyse* von ATP (Abb. 2) wird ein Phosphat mit

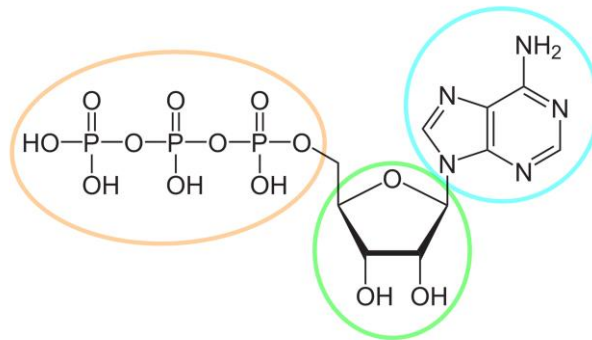


Abbildung 1: Adenosintriphosphat bestehend aus Adeninrest (blau), Riboserest (grün) und einer Kette aus drei Phosphatgruppen (orange) (wikipedia.org)

Hilfe eines Wassermoleküls abgespalten und übrig bleiben Adenosidiphosphat (ADP), Hydrogenphosphat (HPO_4^{2-})⁴ und ein Wasserstoffion (H^+). Diese Reaktion ist exergon* - also spontan -

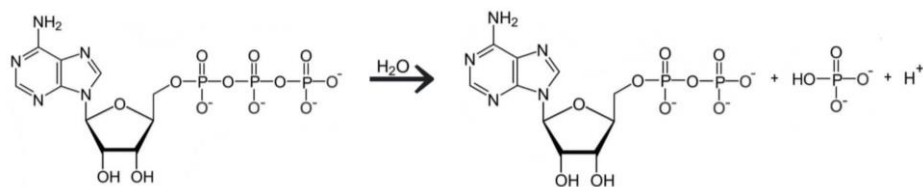


Abbildung 2: Reaktionsgleichung der Hydrolyse von ATP (links) mithilfe von Wasser (H_2O) zu ADP (Mitte), Hydrogenphosphat (Rechts) und einem Wasserstoffion (H^+) (doccheck.com)

und wird in der Zelle an endergone* - also nicht spontane – Prozesse, wie zum Beispiel die Synthese von Proteinen, gekoppelt. Mit der Hydrolysierung des ATP kommt immer auch die Phosphorylierung* des Substrates. ATP kann die Zelle drei Arten von Arbeit verrichten lassen: Transportarbeit, chemische Arbeit und mechanische Arbeit.

³ Campbell Biologie 2016 Kapitel 8.3

⁴ Campbell Biologie 2016 Kapitel 8.3.1

3.1.1 Transportarbeit

Als Transportarbeit wird der Transport von Stoffen durch Zellmembranen beschrieben. Im Gegensatz zum passiven Transport, bei dem geladene Teilchen über einen Ionenkanal entlang des

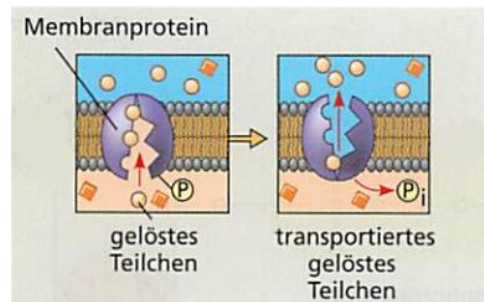


Abbildung 3: Aktiver Transport mithilfe eines Membranproteins das durch Phosphorylierung seine Form ändert (Campbell Biologie 2016)

Konzentrationsgefälles durch die Zellmembran diffundieren, werden beim aktiven Transport Ionen aktiv entgegen dem Konzentrationsgefälle gepumpt. (Abb. 3) Dies geschieht mit Hilfe von Membranproteinen, welche Teilchen von einer Seite der Membran in die andere schleusen. Dabei bewirkt eine Phosphorylierung des Membranproteins das Schliessen auf einer Seite und das Öffnen auf der anderen Seite. Auf die Seite, die offen ist, haften sich die Teilchen an und werden auf der anderen Seite freigelassen.

3.1.2 Chemische Arbeit

Als chemische Arbeit werden Reaktionen in der Zelle beschrieben, die nicht freiwillig (endergon) ablaufen. Ein wichtiges Beispiel ist die Synthese von Proteinen aus Aminosäuren.³ ATP kommt hier nämlich bei der Translation, also der Übersetzung der mRNA* in Polypeptidketten zum Einsatz. Durch seine doppelte Hydrolyse, also der Abspaltung von zwei Phosphatteilchen und der Entstehung von Adenosinmonophosphat (AMP), kann ein bestimmtes Enzym die Aminosäure mit der dazugehörigen tRNA* kovalent* verknüpfen, um sie dann schliesslich ans Ribosom* weiterzugeben.⁵ (Abb. 4) Dort findet dann die tRNA die passende Basenfolge an der mRNA und heftet sich schliesslich daran. Die gebundene Aminosäure trennt sich von der tRNA und bindet an die Aminosäure der vorherigen tRNA, wodurch eine wachsende Polypeptidkette entsteht.

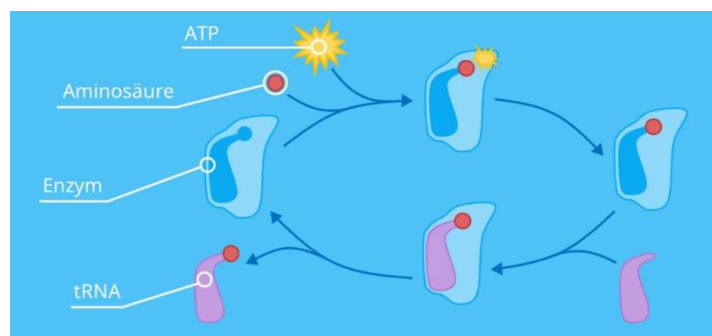


Abbildung 4: Verknüpfung der Aminosäure mit der tRNA mithilfe der Aminoacyl-tRNA-Synthetase - vereinfacht (studyflix.de)

⁵ Campbell Biologie 2016 Kapitel 17.4.1

3.1.3 Mechanische Arbeit

Bewegungsvorgänge auf zellulärer Ebene, die Energie verbrauchen, zählen zur mechanischen Arbeit. Wie auch bei der Transportarbeit beruht diese Art von Arbeit auf einer Veränderung der Konformation* eines Proteins, sobald es phosphoryliert wird. Nur ist es in diesem Fall nicht ein Membranprotein, das entweder auf einer Seite oder auf der anderen offen ist, sondern ein sogenanntes Motorprotein. Solche Motorproteine transportieren Vesikel* entlang des Cytoskeletts, indem sie auf diesem wandern. (Abb. 5) Motorproteine kommen aber auch in einem anderen Gebiet zum Einsatz, und zwar bei der

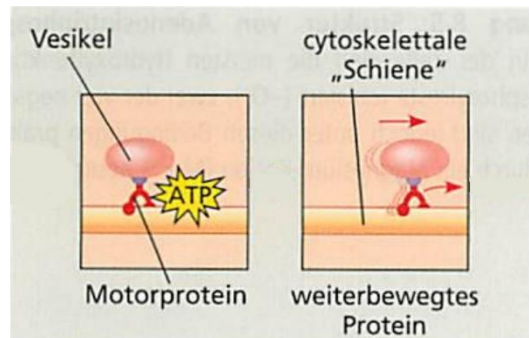


Abbildung 5: Motorprotein, das durch die Phosphorylierung seine Form ändert, und entlang dem Cytoskelett wandert (Campbell Biologie 2016)

Muskelkontraktion. Diese Kontraktion lässt sich anhand der kleinsten funktionellen Einheit eines Muskels, dem sogenannten Sarkomer*, erklären. (Abb. 6) Unzählige Sarkomere bilden aneinander gereiht die Myofibrille, wovon sich zahlreiche Fäden in der Muskelfaser befinden, woraus das Muskelfaserbündel und schliesslich der Muskel besteht.⁶ Das Sarkomer besteht aus vielen hoch geordneten Proteinfäden, den Actin- und Myosinfilamenten. An den Myosinfilamenten befinden sich etliche Myosinköpfe. Diese Myosinköpfe können zwei Konformationen haben, und zwar entspannt oder gespannt. Zunächst ist ein Myosinkopf entspannt und an das Actinfilament gebunden. Nun kommt das ATP ins Spiel, welches an den Myosinkopf andockt und bewirkt, dass er sich vom Actinfilament ablöst. Anschliessend wird das ATP vom Myosinkopf in ADP und Phosphat gespalten. Dadurch wird Energie frei, die den Myosinkopf in den gespannten Zustand bringt. Dieser ist nun mit einem Phosphat und einem ADP gebunden und heftet sich jetzt an das Actinfilament an. Am Ende lösen sich ADP und Phosphat vom Myosinkopf ab und dieser springt, immer noch an das Actin gebunden, in den entspannten

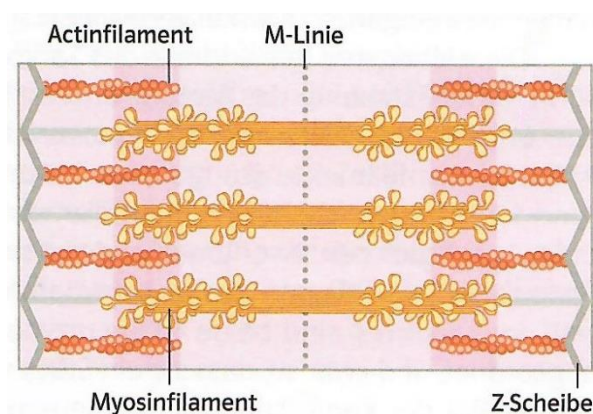


Abbildung 6: Sarkomer, kleinste funktionelle Einheit des Skelettmuskels (Markl Biologie)

Zustand zurück, wodurch das Actin Richtung Sarkomerenmitte gezogen wird.⁶ Eine passende Analogie ist das Tauziehen mit einer Hand. Dabei ist das Seil das Actinfilament und die Hand stellt den Myosinkopf dar. Man zieht das Seil zu sich, und packt schnell eine andere Stelle, um den Zyklus von Neuem zu beginnen.

⁶ Markl Biologie, Kapitel 5.9

3.2 ATP-Regeneration ⁷

Der einzige Energielieferant für den Muskel während einer Kontraktion ist ATP. Doch dieses ATP ist in einer sehr geringen Konzentration verfügbar und reicht lediglich für 2 Sekunden. ATP muss also schnellstmöglich regeneriert werden, um die sportliche Leistung aufrecht zu erhalten. (Abb. 7)

3.2.1 Milchsäuregärung von Glukose

Zunächst ist Glukose in Form von Glykogen im Muskel gespeichert. Bei einer Muskelkontraktion werden Enzyme für den Glykogenabbau aktiviert, bis die Konzentration an Glukose im Muskel ausreichend ist. Da in den ersten 1 bis 2 Minuten der Anstrengung nur wenig Sauerstoff zur Verfügung steht, da in der Zeit die Atemtiefe und der Puls noch nicht hochgefahren sind, wird die Glukose zunächst unter Bildung von Milchsäure vergärt.

3.2.2 Zellatmung

Nach 60-90 Sekunden hat sich der Puls und die Atemtiefe erhöht und es steht genug Sauerstoff zur Verfügung, so dass ATP nun durch den oxidativen Abbau von Glukose bereitgestellt werden kann.

3.2.3 Kreatinphosphat-Zerfall

Doch was geschieht zwischen dem ATP-Zerfall am Anfang und der Milchsäuregärung? Hier kommt das Kreatinphosphat ins Spiel. Kreatinphosphat ist ein energiereicher Stoff und liegt hauptsächlich in den Muskelzellen vor. Die Nützlichkeit des Kreatinphosphats liegt in seiner sofortigen Verfügbarkeit, denn nach dem ATP-Zerfall wird das ATP sofort wieder mit Hilfe des Kreatinphosphats regeneriert. So kann der ATP-Speicher von 2 Sekunden Belastungszeit auf 30 Sekunden Belastungszeit erhöht werden. Dadurch bleibt genügend Zeit um das Glykogen im Muskel zu Glukose abzubauen und zu vergären. Nach der Regeneration von ATP durch Kreatinphosphat entsteht das Abbauprodukt Kreatinin*, welches in die Nieren transportiert und schliesslich über den Urin ausgeschieden wird. ⁸

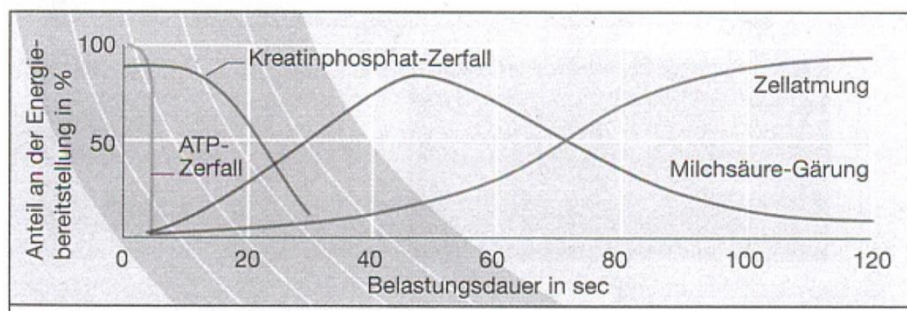


Abbildung 7: Arten der ATP-Regeneration nach gewisser Zeit der Belastung (Sportphysiologie_Praktikum Skript 4D)

⁷ (Schmidt, 2023)

⁸ (Antwerpes, Kreatin, 2023)

3.3 Kreatin

Kreatin ist eine organische Säure⁹ mit der Summenformel $C_4H_9N_3O_2$. Der chemische Name von Kreatin lautet 3-Methylguanidinoessigsäure.⁹ Dem chemischen Namen herzuleiten, besteht es also aus einer Guanidinogruppe, einer Ethansäuregruppe (Essigsäure), welche an das letzte Stickstoffatom der Guanidinogruppe gebunden ist, und einer Methylgruppe, welche zusammen mit der Ethansäuregruppe an das eben erwähnte Stickstoffatom gebunden ist. (Abb. 8)

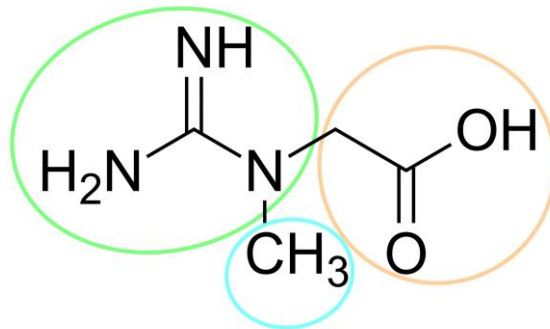


Abbildung 8: Molekül des Kreatins, bestehend aus der Guanidinogruppe (grün), der Ethansäuregruppe (orange) und der Methylgruppe (blau)

3.3.1 Synthetisierung im Körper

Der menschliche Organismus stellt täglich etwa 1-2 g Kreatin her.⁸ Die Synthetisierung findet dabei in der Leber, der Niere und der Bauchspeicheldrüse statt.⁹ Ausgangsstoffe sind die zwei Aminosäuren Arginin (2-Amino-5-guanidinopentansäure) und Glycin (Aminoethansäure). Nun wird mit Hilfe eines Enzyms die Guanidinogruppe des Arginins auf das Glycin übertragen. Durch diese Reaktion, die reversibel ist, entsteht das Zwischenprodukt Guanidinoessigsäure. Der zweite Schritt ist die Methylierung, also die Anheftung einer Methangruppe (CH_3) an die Guanidinoessigsäure. (Abb. 9) Dieser Schritt wird auch enzymatisch katalysiert und ist im Gegensatz zum ersten Schritt irreversibel.

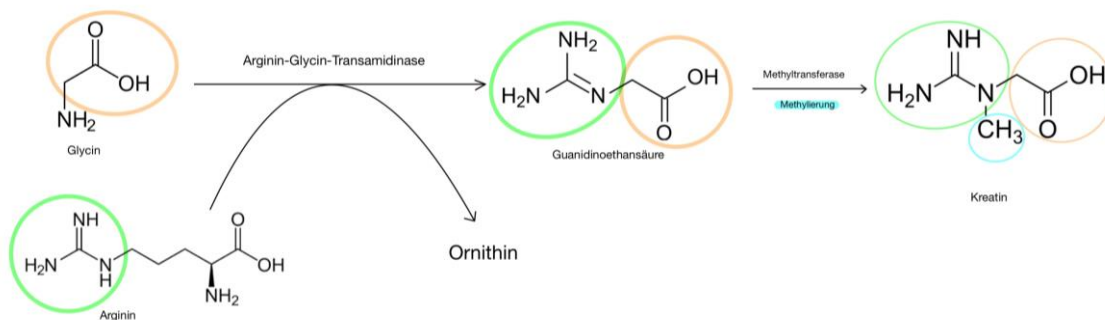


Abbildung 9: Synthetisierung Kreatin aus Arginin und Glycin (chemieunterricht.de)

⁹ (Knecht, Kreatin, 2023)

3.3.2 Nahrungsaufnahme

Kreatin wird neben der körpereigenen Produktion auch durch die Nahrung aufgenommen. Insbesondere Fleisch und Fischprodukte enthalten Kreatin. Zu den besten Kreatin-Quellen gehören Heringe mit 6.5-10 g/kg, Schweinefleisch mit 5 g/kg, Rindfleisch und Lachs mit 4.5 g/kg, Thunfisch mit 3-7 g/kg und Kabeljau mit 3 g/kg.¹⁰ Der tägliche Mindestbedarf eines erwachsenen Menschen beträgt 1.5 – 2 g. Dieser Wert variiert jedoch nach Muskelmasse und Aktivität. Mangelerscheinungen treten bei Menschen ohne Vorerkrankungen nicht auf, da das fehlende Kreatin im Körper produziert wird.

3.3.3 Supplementierung

Nun kann der tägliche Mindestbedarf von 1.5 – 2 g überschritten werden. Eine erhöhte Konzentration an Kreatin im Muskel bedeutet, ATP kann länger ohne Vergärung und oxidativer Abbau von Glukose regeneriert werden. (Kapitel 4.2.3) Das heisst, dass die Schnellkraft, welche bei Leistungen im Gewichtheben oder Standweitsprung zum Einsatz kommt, zunimmt.¹⁰ Jedoch wird nicht 100-prozentiges Kreatin konsumiert, sondern Kreatin mit gebundenem Wasser, das Kreatin Monohydrat. Pro Kreatin Molekül ist dabei ein Wassermolekül vorhanden. Gewichtsmässig macht dabei das Kreatin einen Anteil von 88-90 Prozent aus.¹¹ Grundsätzlich sind schon bei einer Einnahme von täglich 3 g nach einigen Tagen Effekte bemerkbar. Doch wer die Sache beschleunigen und schnellstmöglich Resultate sehen will, kann eine Ladephase einschieben. Das heisst, es werden in den ersten 5 bis 7 Tagen 20 g, verteilt auf 4 x 5 g täglich, an Kreatin eingenommen. Dies bewirkt, dass die Kreatinspeicher der Zellen so schnell wie möglich aufgefüllt werden. Nach der Ladephase werden nur noch 3 g täglich konsumiert, um den Kreatin Vorrat der Zelle zu erhalten – dies ist die Erhaltungsphase.

3.3.5 Kreatin Hydrochlorid

Neben dem Kreatin Monohydrat gibt es eine weitere verbreitete Variante, das Kreatin Hydrochlorid. Anstelle des Wassermoleküls, das an das Kreatin Molekül gebunden ist, ist es nun das Hydrochlorid. Dies ist eine Verbindung aus Wasserstoff und Chlor (HCl). Hier macht das Kreatin 78 Prozent der Masse aus. Die Bindung des Kreatins mit HCl anstelle von Wasser verleiht diesem Nahrungsergänzungsmittel viele Vorteile. Einer dieser Vorteile ist die bessere Löslichkeit gegenüber dem Kreatin Monohydrat. Ausserdem hat Kreatin HCl eine höhere Permeabilität über die Darmzellen und gelangt deswegen schneller ins Blut.¹² So muss insgesamt weniger Kreatin konsumiert werden und dadurch kann Geld gespart werden. Ausserdem wird bei der Supplementierung mit Kreatin HCl keine Ladephase benötigt. Doch zur Zeit gibt es nur wenige Studien, die tatsächlich bessere Leistungen belegen.

¹⁰ (Göbel, 2023)

¹¹ (Collias, 2023)

¹² (Reimers, 2023)

4 Material/Methoden

4.1 Kreatin Einnahme

Sieben Probanden im Alter von 5 bis 20 Jahren nahmen im Zeitraum von einem Monat täglich Kreatin zu sich. Die Probanden wurden in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe nahm Kreatin Monohydrat zu sich, während die andere Gruppe Kreatin Hydrochlorid einnahm.

Die Probanden der Monohydrat Gruppe begannen das Experiment mit einer Ladephase. Im Zeitraum von 5 Tagen wurden 20 g verteilt auf 4 Einnahmen pro Tag eingenommen. Dies diente dazu, die Kreatin Speicher der Zellen schnellstmöglich aufzufüllen. Nach dieser Ladephase kam die Erhaltungsphase. In dieser Phase, die 25 Tage dauerte, wurden 3 g pro Tag eingenommen. Diese Phase diente dem Erhalt der aufgebauten Kreatin Vorräte der Zellen.

Bei den Probanden der Hydrochlorid Gruppe war aufgrund der besseren Resorption des Kreatin HCl ins Blut keine Ladephase notwendig. Sie nahmen also über einen Zeitraum von 30 Tagen 3 g täglich zu sich. Beide Gruppen wurden vor der ersten Kreatineinnahme und folglich jede Woche diversen Tests unterzogen.

Diesen zwei Gruppen diente eine dritte Gruppe als Referenz. Die Referenzgruppe bestand auch aus 3 männlichen Probanden im Alter von 19 bis 24 Jahren. Sie absolvierten die gleichen Tests wie die restlichen Gruppen, nahmen jedoch kein Kreatin zu sich. Ihre wöchentliche Verbesserung der Leistungen in den Tests diente als Grundwert gegenüber derer der Kreatin Einnehmenden.

4.2 Datensammlung

Bei der Datensammlung wurden vor der ersten Kreatineinnahme Körpermessungen getätigt und Sporttests durchgeführt. Ab diesem Zeitpunkt wurden wöchentlich ein Monat lang die gleichen Tests durchgeführt. Die Referenzgruppe, die kein Kreatin zu sich nahm, vollführte die gleichen Tests wie die Kreatin Monohydrat und Hydrochlorid Gruppe.

4.2.1 Körpervmessungen

Die Körpervmessungen umfassen diverse Parameter des Körpers der Probanden im Ruhezustand. Folgende Hilfsmittel wurden dabei hinzugezogen: ein Schneidermassband, ein Stahlmassband, ein Klappregel, ein Beurer PO 40 Pulsoximeter, und eine Körperwaage.

Zu den Körpervmessungen gehörten zunächst einmal das Körpergewicht und die Körpergröße. Das Körpergewicht wurde zum grössten Teil von den Probanden selbständig gemessen. Um die Körpergröße zu erfassen, wurde der Klappregel (Abb. 10) vollständig aufgeklappt an eine Wand gestellt. Der Proband stellte sich nun möglichst aufrecht, mit beiden Fersen zusammen und an den Klappregel gedrückt, an die Wand. Mit Hilfe eines Buches, dass von oben an den Kopf gedrückt wurde, konnte die Körpergröße abgelesen werden.



Abbildung 10: Klappregel

Zu den Körpermassen, die potenziell am besten eine Veränderung durch Kreatin Einnahme indizieren können, gehören der Oberarmumfang, der Oberschenkelumfang, der Wadenumfang, der Halsumfang und der Brustkorbumfang. Diese wurden allesamt mit einem Schneidermassband (Abb. 11) gemessen. Zum Vermessen des Oberarmumfangs streckte der Proband den Arm seitlich, mit der Handfläche nach unten gedreht, aus. Wichtig war dabei, dass der Arm stets entspannt blieb. Anschliessend wurde an einer spezifischen Stelle am ausgestreckten Arm gemessen. Bei dieser Stelle handelt es sich um den Mittelpunkt der Strecke zwischen der Schultermitte und der Armbeuge. Auf diese Weise lassen sich Veränderungen in der Grösse des Biceps und des Triceps beobachten.

Um den Umfang des Oberschenkels messen zu können, stellte der Proband im Stand sein Bein leicht nach vorne. Auch hier sollte das Bein möglichst entspannt bleiben. Nun wurde möglichst mittig, also möglichst genau in der Mitte der Strecke zwischen Knie und Hüftgelenk, gemessen. Auf diese Weise war es möglich, Veränderungen in der Grösse der vorderen und hinteren Oberschenkelmuskulatur zu erkennen.

Der Wadenumfang wurde ähnlich gemessen. Dazu musste der Proband sein Bein auf einen kniehohen Absatz stellen und seine Wadenmuskulatur entspannen. Hier diente der Ort des grössten Wadenumfangs als Referenzpunkt für die Messung.

Ein weiterer Parameter ist der Brustkorbumfang. Um diesen zu messen, streckte der Proband seine Arme seitlich aus und atmete dabei so flach wie möglich. Gemessen wurde auf der Höhe der Brustwarzen. Hier waren es die Brustmuskeln und der Latissimus, dessen Wachstum gemessen werden konnten.

Um den Halsumfang zu messen, musste der Proband eine aufrechte Körperhaltung einnehmen und den Blick nach vorne richten. Gemessen wurde auf der Höhe des Kehlkopfs.

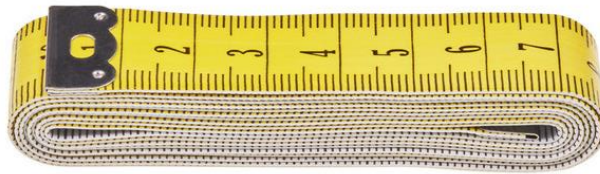


Abbildung 11: Schneidermassband (jumbo.ch)

Der Ruhepuls und die O₂-Sättigung wurden mit dem Beurer PO 40 Pulsoximeter (Abb. 12) erfasst.



Abbildung 12: Beurer PO 40
Pulsoximeter (galaxus.ch)

Die Messung der Dehnbarkeit erfolgte mit einem Stahlmassband. Der Proband stand barfuss oder in Socken auf das metallene Ende. Beide Füße mussten parallel sein und sich berühren, um Verfälschungen zu vermeiden. Das Massband wurde in der Luft möglichst stabil festgehalten. Nun bückte sich der Proband mit gestreckten Knien so tief wie möglich, die Hände ausgestreckt über dem Massband. Gemessen wurde die Distanz zwischen der Fingerspitze des Mittelfingers und dem Boden. Um das Verfahren auch bei dehnbaren Probanden möglich zu machen, wurde die Ausgangslage verändert. In diesem Fall stand der Proband am Rand einer Treppenstufe. Zwischen dem grossen Zeh und der Kante wurde das eiserne Ende des Stahlmassbandes befestigt und das Band an die Stufe gedrückt. Der Proband konnte nun beim Bücken die Finger auf dem Massband entlangleiten lassen, wodurch die Dehnbarkeit genau abgelesen werden konnte.

4.2.2 Leistungstests

Das Ziel der Leistungstests war, diverse sportliche Leistungen im Bereich Kraft, Schnellkraft und Ausdauer zu dokumentieren. Folgende Hilfsmittel wurden eingesetzt: ein PO 40 Pulsoximeter, ein Stahlmassband, eine Klimmzugstange, eine Rennstrecke/ein Crosstrainer/ein Spinning Gerät.

In der Kategorie Kraft wurde die Anzahl an Liegestützen und Klimmzügen gemessen. Diese wurden nach spezifischen Regeln durchgeführt: Bei den Liegestützen ging der Proband in die Liegestützposition und hielt dabei den Körper gerade. Nun beugte er die Arme, mit einem Winkel von 45 Grad zwischen Arme und Oberkörper, sodass die Nase und die Brust den Boden berührten. Wenn er sich nach oben drückte, mussten die Arme am Ende der Wiederholung gestreckt sein. Auf diese Weise wurden so viele Wiederholungen gemacht, wie der Proband konnte. Während dieser Zeit mussten beide Hände auf dem Boden bleiben und die Knie durften nicht abgesetzt werden.

Bei den Klimmzügen hing der Proband zu Beginn mit den Armen schulterbreit an der Stange. Aus dieser Position vollführte er die Klimmzüge. Hier war auch ein voller Bewegungsablauf notwendig. Beim Hochziehen sollte das Kinn über die Stange reichen und zum Ende der Wiederholung die Arme gestreckt sein. Zudem durfte sich der Proband bei der letzten Wiederholung nicht herunterfallen lassen, sondern musste die Wiederholung sauber beenden.

In die Kategorie Schnellkraft gehört der Standweitsprung. Bei diesem wurden die Zehenspitzen an der Startlinie positioniert. Nun musste der Proband aus dem Stand, also ohne jeglichen Anlauf, dem Stahlmassband (Abb. 13) entlang springen. Dem Probanden wurden so viele Versuche zur Verfügung gestellt, bis er mit seiner Leistung zufrieden war. Nach dem Sprung wurde die Strecke von der Startlinie bis zur Ferse des hinten stehenden Fusses gemessen.



Abbildung 13: Stahlmassband

Die letzte Kategorie ist die Ausdauer. Der Proband joggte in seinem Tempo 10 Minuten lang, und danach wurden sofort der Puls und die Sauerstoffsättigung gemessen. Nach einer Minute und nach zwei Minuten wurden diese erneut gemessen. Je nach Möglichkeit liefen die Probanden stattdessen auf einem Crosstrainer (Abb. 14) oder begaben sich auf ein Spinning Gerät. Auf dem Crosstrainer wurde das Work Level 5 eingestellt. Auf dem Spinning Gerät wurde der Schwierigkeitsgrad 8 eingestellt.



Abbildung 14: Taurus Crosstrainer x7.7
(fitshop.lu)

4.2.3 Umfragen

Mithilfe einer Umfrage ist es möglich, die Resultate noch viel genauer auszuwerten. Durch die jeweiligen Antworten konnten eventuelle Beeinflussungen der Resultate, wie zum Beispiel durch spezifisches Training oder Ernährung, ausfindig gemacht werden. Die Umfragen wurden mithilfe der Website Survio.com erstellt.

Auf der ersten Seite der Umfrage wurde nach dem Vornamen, dem Namen, dem Alter und dem Geschlecht gefragt.

Auf der zweiten Seite wurde nach den Sportarten oder Hobbies der Probanden gefragt. Anschliessend wurden spezifischere Fragen zum Thema Sport und Training gestellt. Hier war die Anzahl an sogenannten Push-Trainings* pro Woche gefragt. Ein Push-Training beinhaltet nach aussen gerichtete Druckbewegungen. Solche Übungen sind zum Beispiel Bankdrücken, Schulterdrücken, Liegestütze, Handstand, und noch weitere. Zudem wurde spezifisch danach gefragt, welche Push-Übungen der Proband durchführte. Denn je nachdem, wie viele Push-Trainings und welche Übungen der Proband pro Woche durchführt, könnte dies Einfluss auf die Leistungen im Bereich der Liegestütze des Experiments haben.

Anschliessend wurde nach der Anzahl Pull-Trainings* pro Woche gefragt. Auf diese Frage folgte auch die, die die spezifische Art der Pull-Übungen erfragte. Bei den Pull-Übungen handelt es sich um Zugbewegungen, also Bewegungen, bei denen man etwas zieht. Solche Übungen sind zum Beispiel Klimmzüge, Kreuzheben, Rudern, etc. Hier konnten eventuelle Beeinflussungen auf die Klimmzüge des Experiments ausfindig gemacht werden.

Nun wurde die Anzahl Bein-Übungen pro Woche gefragt. Auch hier folgte die Frage nach der Art der Beinübungen. Bei diesen Übungen handelt es sich hauptsächlich um Kniebeugen, geteilte Kniebeugen*, Kniebeuger etc. Die Anzahl und Art der Bein-Übungen haben nur insofern einen Einfluss auf das Experiment, als es sich um Quadrizeps-Übungen und um Schnellkraft-Übungen handelt. Dies liegt daran, dass im Experiment in der Rubrik Bein nur der Standweitsprung, welches eine Schnellkraft-Übung ist, vorhanden ist.

Als nächstes wurde nach der Anzahl der Ausdauertrainings pro Woche gefragt. Dabei kann es sich um jegliche Art von Ausdauersport wie zum Beispiel Laufen, Fahrrad fahren, Schwimmen, etc. handeln. Hier wird eine Beeinflussung auf das Resultat des Ausdauertests des Experiments erwartet.

Gefragt wurde auch, wie oft in der Woche gedehnt wurde. Sofern es sich um das Dehnen der hinteren Oberschenkelmuskulatur handelt, könnte dies Einfluss auf die Veränderung der Dehnbarkeit über die vier Wochen des Experiments haben.

Auf der dritten Seite der Umfrage wurden Faktoren, die nur indirekt Einfluss auf das Resultat haben, erfragt. Zu diesen Faktoren gehörten die Anzahl Mahlzeiten pro Tag, ob der Proband das Gefühl hat, er trinke genug Wasser, die Einschätzung des Schlafrhythmus, der Alkoholkonsum in der Woche, und eventuelle Diäten.

4.3 Auswertung

4.3.1 Körpervermessungen, Kraft/Schnellkraft

Zunächst wurden die Verbesserungen bei jedem Test ausgerechnet. Beim ersten Test ergibt dies immer 0. Dann wurde bei jedem Test ein Durchschnittsresultat aller Probanden innerhalb einer Gruppe ausgerechnet. Diese Resultate sind aber insofern nicht aussagekräftig, als die Tests nur sehr selten pünktlich auf die Woche durchgeführt wurden. Nun wurden die Resultate, um sie aussagekräftiger zu machen, relativiert. Das heisst, es wurde durch die Anzahl Tage der Kreatineinnahme geteilt, und schliesslich mit der Anzahl Tage multipliziert, bei der der Test eigentlich hätte stattfinden sollen. Als Beispiel hatte ein Proband der Monohydratgruppe erst am zwölften Tag der Kreatin Einnahme wieder einen Test gemacht. Dort wurde eine Vergrößerung des Oberarmumfangs von 0.3 cm gemessen. In diesem Fall wäre das relativierte Resultat $0.3 / 12 * 7 = 0.175$ cm. Bei diesem Verfahren wird angenommen, dass die Veränderungen der Resultate zwischen den Tests linear sind.

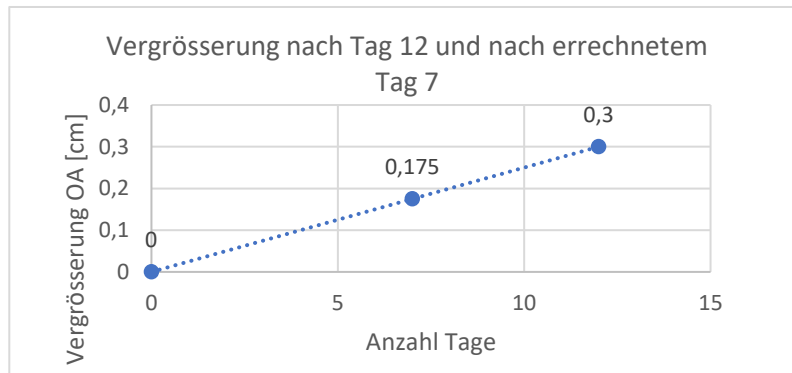


Abbildung 15: Vergrößerung des Oberarmumfangs nach Tag 12 und nach dem errechneten Tag 7

Alternativ zu dem Verfahren mit der Relativierung wurde noch ein weiteres Verfahren angewandt: Es wurden sämtliche Resultate in einem Streudiagramm eingetragen und damit der Trend berechnet. Der lineare Graph geht hier über 0.5 cm und hat eine geringere Steigung wohingegen er bei der relativierten Vergrößerung unter 0.5 cm bleibt und eine höhere Steigung aufweist. Diese Methode wird aber auch durch die Tatsache verfälscht, dass die Abstände zwischen den Messungen nie gleich waren.

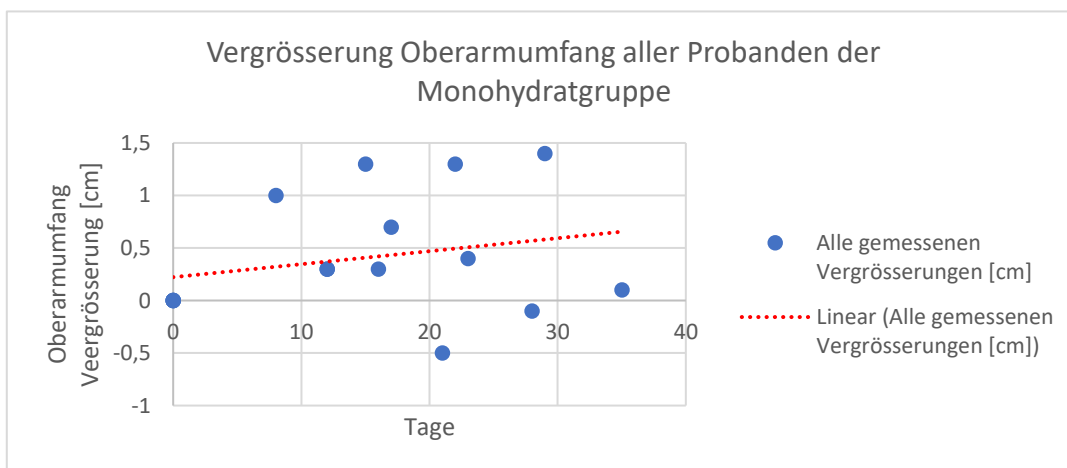


Abbildung 16: Alle gemessenen Vergrößerungen des Oberarmumfangs der Monohydratgruppe

4.3.2 Ausdauer

Um die Resultate der Ausdauer Tests auszuwerten, wurde zunächst in jeder Minute nach dem Ausdauertraining der Durchschnitt des Pulses pro Gruppe ausgerechnet. Pro Gruppe entstanden also 15 Werte: der Durchschnitt der Pulse direkt nach dem Training, einer Minute nach dem Training und zwei Minuten nach dem Training, und das fünfmal – bei jedem Test. Hier wurde nicht relativiert wie bei den anderen Messungen – es spielte also keine Rolle, wie pünktlich auf die Woche die Tests durchgeführt wurden, da dies zu komplex gewesen wäre. Die Resultate sind dennoch genügend aussagekräftig.

6 Resultate

6.1 Körpervermessungen

6.1.1 Oberarmumfang

Der Durchschnitt der relativierten Veränderungen des Oberarmumfangs der Monohydratgruppe betrug beim zweiten Test 0.378 cm, beim dritten Test 0.381 cm, beim vierten Test 0.51 cm und beim fünften Test 0.276 cm im Verhältnis zum ersten Test.

Bei der Hydrochloridgruppe beträgt die durchschnittliche relativierte Veränderung beim zweiten Test 0.493 cm, beim dritten Test 0.93 cm, beim vierten Test 1.075 cm und beim letzten Test 1.342 cm im Verhältnis zum ersten Test. Hier wurden die Tests relativ pünktlich durchgeführt, das heisst, dass die durchschnittlichen Veränderungen nach jedem Test nur schwach von den relativierten Veränderungen abweichen.

Bei der Referenzgruppe beträgt die durchschnittliche relativierte Veränderung beim zweiten Test -0.03 cm, beim dritten Test 0.25 cm, beim vierten Test 0.8 cm und beim letzten Test 0.1 cm. Hier wurde immer pünktlich gemessen, das heisst, die relativierte Veränderung weicht nicht von der normalen Veränderung ab.

Werden die linearen Graphen der drei Gruppen verglichen, ist ersichtlich, dass der HCl-Graph am steilsten ist, gefolgt vom Graphen der Referenzgruppe und anschliessen dem Graph der Monohydratgruppe. Die Steigung des Graphen der Hydrochloridgruppe lautet $y = 0,3266x - 0,2118$. Die Steigung des Graphen der Monohydratgruppe lautet $y = 0,0684x + 0,1038$ und die der Referenzgruppe $y = 0,103x - 0,085$.

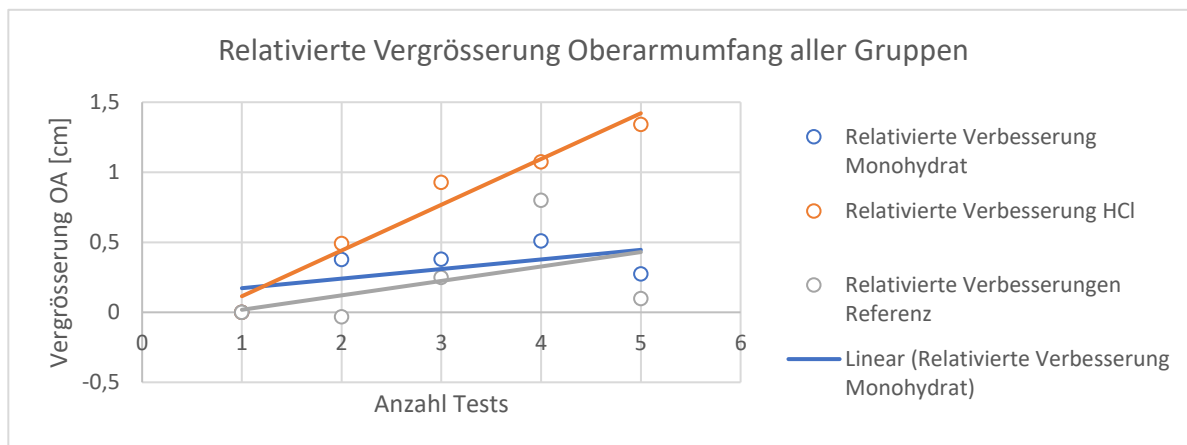


Abbildung 17: Vergrößerungen des Oberarmumfangs aller Gruppen (relativiert)

6.1.2 Oberschenkelumfang

Die relativierte Vergrößerung des Oberschenkelumfangs aller Probanden der Monohydratgruppe betrug beim zweiten Test 0.503 cm, beim dritten Test 0.872 cm, beim vierten Test 0.031 cm und beim letzten Test 0.595 cm.

Bei der Hydrochloridgruppe war beim zweiten Test eine relativierte Vergrößerung des Oberschenkelumfangs von 0.312 cm, beim dritten Test von 1.01 cm, beim vierten Test von 1.181 cm, und beim letzten Test von 1.688 cm zu verzeichnen.

Bei der Referenzgruppe wurde beim zweiten Test eine relativierte Vergrößerung des Oberschenkelumfangs von 0.833 cm, beim dritten Test von 0.85 cm, beim vierten Test von 0.75 cm und beim letzten Test von 1.85 cm gemessen.

Auch beim Oberschenkelumfang lässt sich die gleiche Reihenfolge der Steigung der linearen Geraden sehen: HCl-Gruppe mit einer Steigung von 0.425, Referenzgruppe mit einer Steigung von 0.3617 und schliesslich die Monohydratgruppe mit einer Steigung von 0.0718.

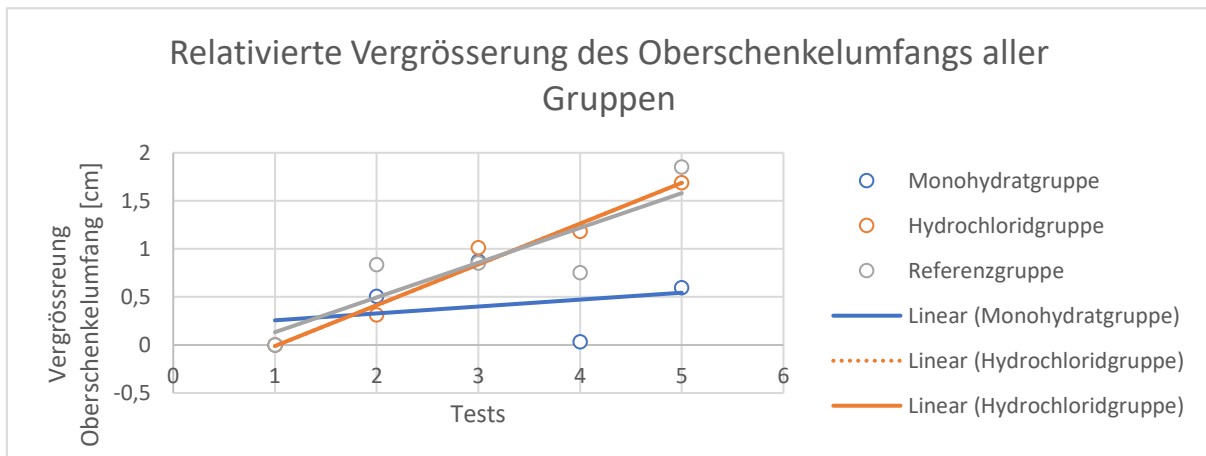


Abbildung 18: Vergrößerung des Oberschenkelumfangs aller Gruppen (relativiert)

6.1.3 Wadenumfang

Die relativierte Vergrößerung des Wadenumfangs betrug bei der Monohydratgruppe beim zweiten Test -0.239 cm, beim dritten Test -0.037 cm, beim vierten Test -0.342 cm und beim letzten Test -0.009 cm. Bei der Hydrochloridgruppe waren es 0.958 cm beim zweiten Test, 0.757 cm beim dritten Test, 0.78 cm beim vierten Test und 0.691 cm beim letzten Test. Bei der Referenzgruppe waren beim zweiten Test eine Vergrößerung des Wadenumfangs von -0.033 cm, beim dritten Test von 1 cm, beim vierten Test von 0.8 cm und beim letzten Test eine Vergrößerung von 1.3 cm zu verzeichnen. Hier lautet die Reihenfolge der grössten Steigung des linearen Graphen: Referenzgruppe mit einer Steigung von 0.3433, Hydrochloridgruppe mit einer Steigung von 0.1204, Monohydratgruppe mit einer Steigung von -0.0121.

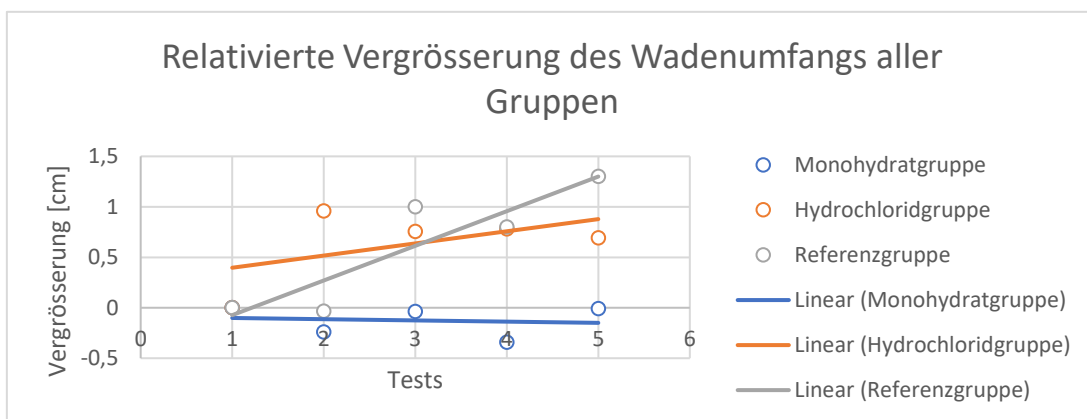


Abbildung 19: Vergrößerung Wadenumfang aller Gruppen (relativiert)

6.1.4 Halsumfang

Die Reihenfolge der grössten Steigung des linearen Graphen der Vergrößerung des Halsumfangs lautet hier: Referenzgruppe mit einer Steigung von 0.4183, Monohydratgruppe mit einer Steigung von 0.124

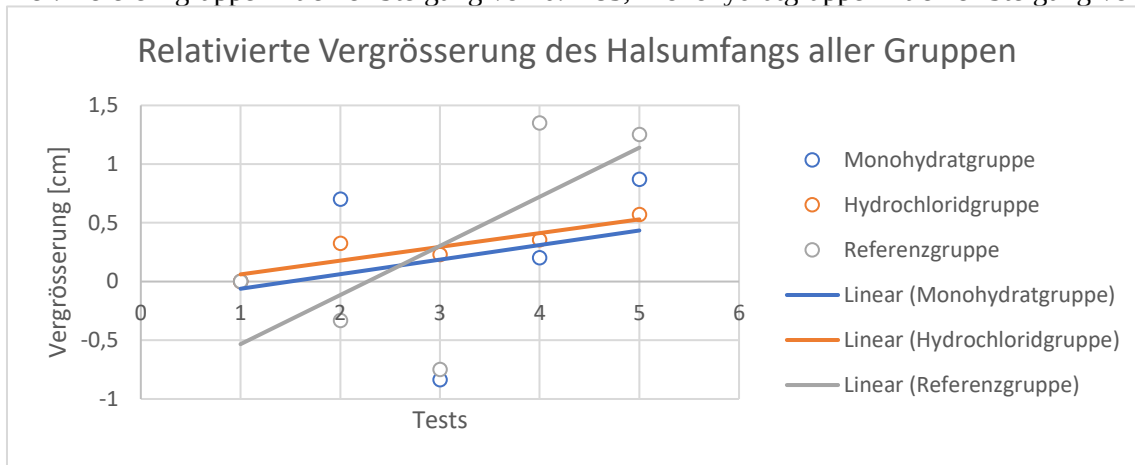


Abbildung 20: Vergrößerung Halsumfang aller Gruppen (relativiert)

und schliesslich die Hydrochloridgruppe mit einer Steigung von 0.1172. Die Referenzgruppe hatte dabei eine relativierte Vergrößerung des Halsumfangs von -0.333 cm beim zweiten Test, -0.75 cm beim dritten, 1.35 cm beim Test und 1.25 cm beim letzten Test. Die Monohydratgruppe zeigte eine relativierte Vergrößerung des Halsumfangs von 0.7 cm beim zweiten Test, -0.837 cm beim dritten Test, 0.202 cm beim vierten Test und 0.869 cm beim letzten Test. Beim zweiten Test wies die Hydrochloridgruppe eine relativierte Vergrößerung des Halsumfangs von 0.323 cm, beim dritten Test eine von 0.228 cm, beim vierten Test eine von 0.355 cm und beim letzten Test eine Vergrößerung von 0.57 cm auf.

6.2 Leistungstests

6.2.1 Liegestütze

Die Monohydratgruppe verbesserte sich im Durchschnitt in der maximalen Anzahl Liegestützen beim zweiten Test um -0.379 Liegestützen (relativiert), beim dritten Test um 1.449 Liegestützen (rel.), beim vierten Test um 2.795 Liegestützen (rel.) und beim letzten Test um 1.6 Liegestützen (rel.) im Verhältnis zum ersten Test. Mit diesen Resultaten im Streudiagramm hat der Trend die kleinste Steigung mit 0.6374.

Bei der Hydrochloridgruppe wurde beim zweiten Test eine relativierte Verbesserung von 5.827 Liegestützen, beim dritten Test 2.574 Liegestützen, beim vierten Test 6.1 Liegestützen und beim letzten Test 6.008 Liegestützen im Verhältnis zum ersten Test gemessen. Der Trend, der sich aus diesem Streudiagramm ergibt, hat eine Steigung von 1.2289.

Das Streudiagramm mit dem steilsten Trend hat bei der Rubrik Liegestützen die Referenzgruppe mit einer Steigung von 1.55. Bei dieser Gruppe ergab sich beim zweiten Test eine relativierte Verbesserung von 2.5 Liegestützen, beim dritten Test 6 Liegestützen, beim vierten Test 3 Liegestützen und beim letzten Test 7.5 Liegestützen im Verhältnis zum ersten Test.

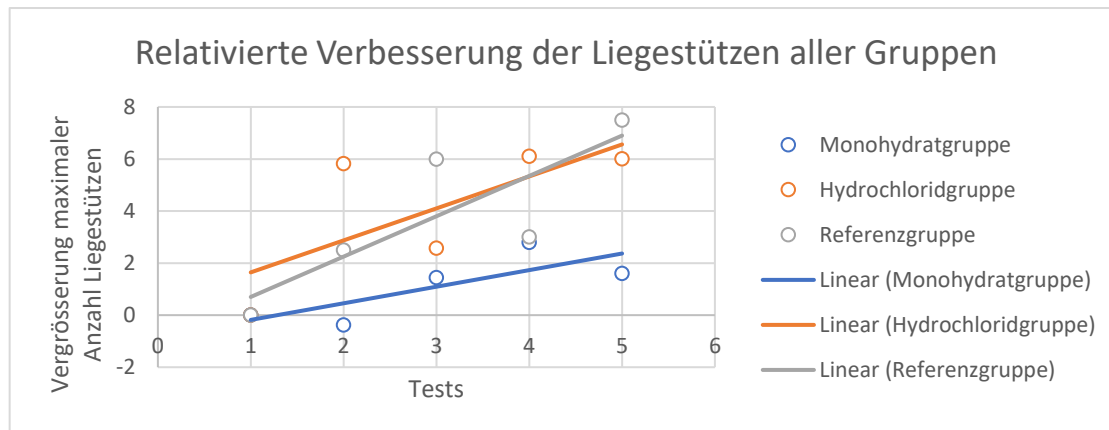


Abbildung 21: Verbesserung der maximalen Anzahl Liegestütze aller Gruppen (relativiert)

6.2.2 Klimmzüge

Die relativierte Verbesserung der maximalen Anzahl Klimmzüge betrug bei der Monohydratgruppe beim zweiten Test 0.00175 Klimmzüge, beim dritten Test 1.018 Klimmzüge, beim vierten Test 1.35 Klimmzüge und beim letzten Test 0 Klimmzüge im Verhältnis zum ersten Test. Aus diesen Resultaten ergibt sich ein Streudiagramm mit einem Trend mit der Steigung 0.1348.

Bei der Hydrochloridgruppe betrug die relativierte Verbesserung beim zweiten Test 0.778 Klimmzüge, beim dritten Test 2.435 Klimmzüge, beim vierten Test 1.97 Klimmzüge und beim letzten Test 3.014 Klimmzüge im Verhältnis zum ersten Test. Hier ergibt sich ein Trend mit einer Steigung von 0.722. Dies ist in der Rubrik Klimmzüge der steilste Trend, gefolgt von der Referenzgruppe. Deren Trend hat eine Steigung von 0.5333. Hier wurde beim zweiten Test eine relativierte Verbesserung von 0.667 Klimmzügen, beim dritten Test 0.5 eine von Klimmzügen und beim vierten und fünften Test eine relativierte Verbesserung von 2 Klimmzügen gemessen.

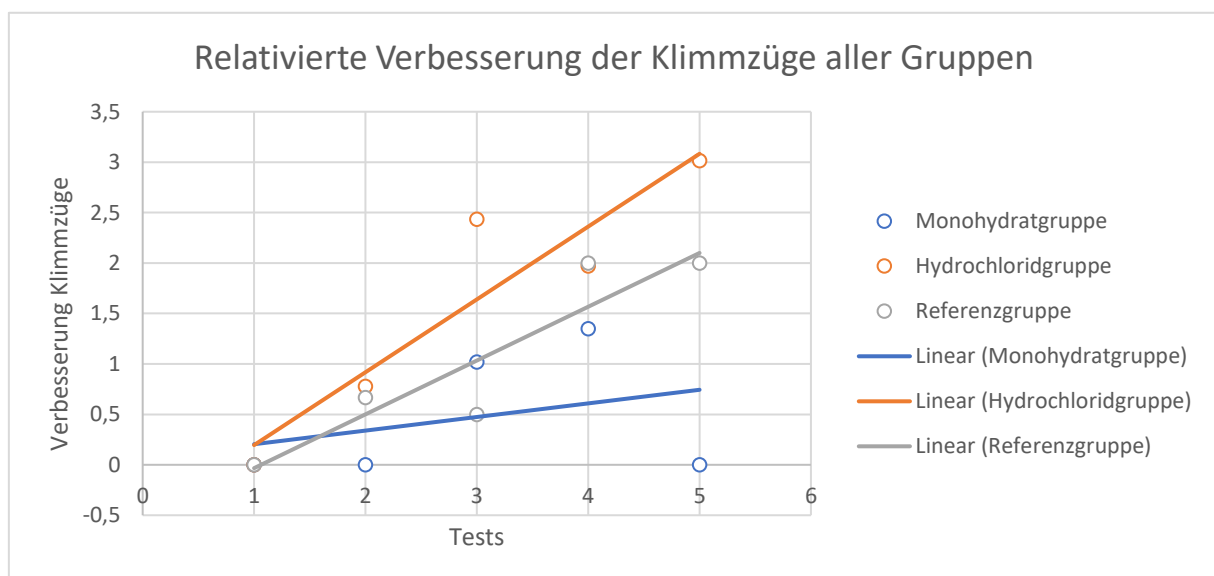


Abbildung 22: Verbesserung der maximalen Anzahl Klimmzüge aller Gruppen (relativiert)

6.2.3 Standweitsprung

Die durchschnittliche relative Verbesserung des Standweitsprungs betrug bei der Monohydratgruppe beim zweiten Test 0.001 m, beim dritten Test 0.142 m, beim vierten Test 0.1146 m, und beim letzten Test 0.1448 m im Verhältnis zum ersten Test. Bei der Hydrochloridgruppe waren es 0.0021 m beim zweiten, 0.0439 m beim dritten, 0.0398 m beim vierten, und 0.0897 m beim letzten Test. Bei der Referenzgruppe war beim zweiten Test eine relative Verbesserung von 0.0033 m, beim dritten Test von 0.07 m, beim vierten Test von 0.045 m, und beim letzten Test eine Verbesserung von 0.02 m zu verzeichnen. Die Reihenfolge der Steigung der Trends, die sich aus den Streudiagrammen ergibt ist hier eindeutig: Monohydratgruppe mit einer Steigung von 0.0403, Hydrochloridgruppe mit einer Steigung von 0.0217 m und schliesslich die Referenzgruppe mit einer Steigung von 0.0082.

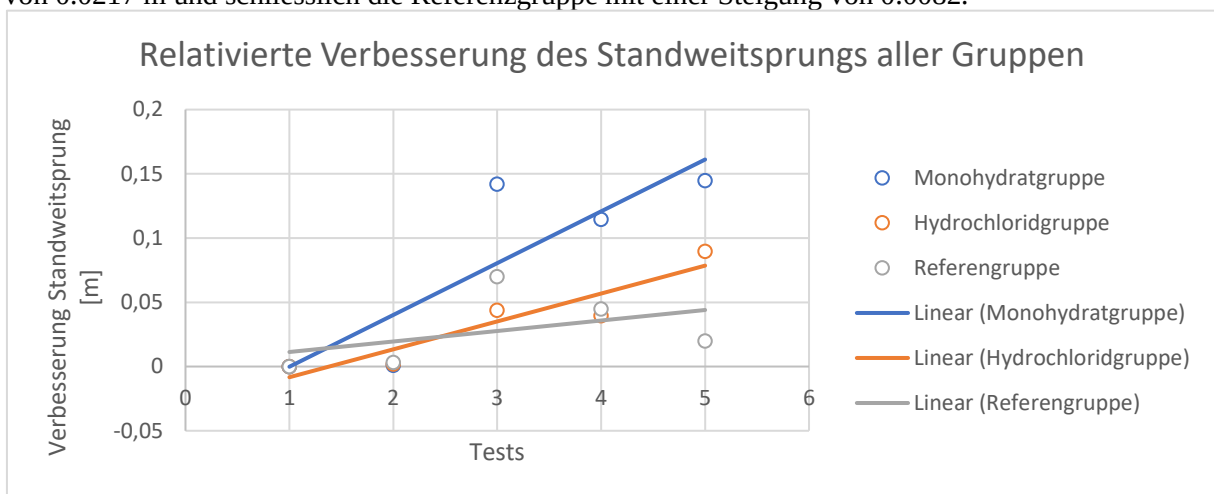


Abbildung 23: Verbesserung des Standweitsprungs aller Gruppen (relativiert)

6.2.3 Ausdauer – Puls

Sowohl bei der Monohydratgruppe als auch bei der Hydrochloridgruppe und der Referenzgruppe bemerkt man, dass die durchschnittlichen Pulse direkt nach dem Ausdauertraining, über den Zeitraum der Tests eine Tendenz nach unten haben. Hierbei ist der Trend der Monohydratgruppe am steilsten mit einer Steigung von -3.5333, gefolgt von der Hydrochloridgruppe mit einer Steigung von -2.2333 und schliesslich der Referenzgruppe mit einer Steigung von -1.6167.

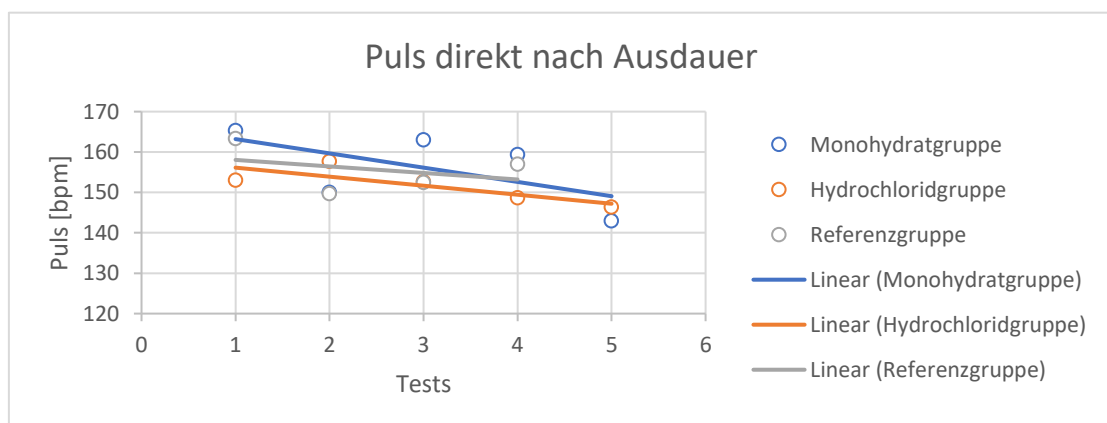


Abbildung 24: Durchschnittlicher Puls direkt nach dem Ausdauertraining aller Gruppen über den Zeitraum der Tests

Auch bei den durchschnittlichen Pulsen aller Gruppen eine Minute nach dem Ausdauertraining bemerkt man eine Senkung über den Zeitraum der Tests. Hierbei ist der Trend der Referenzgruppe am steilsten mit einer Steigung von -3.4, gefolgt von der Monohydratgruppe mit einer Steigung von -0.8 und der Hydrochloridgruppe mit einer Steigung von -0.1667.

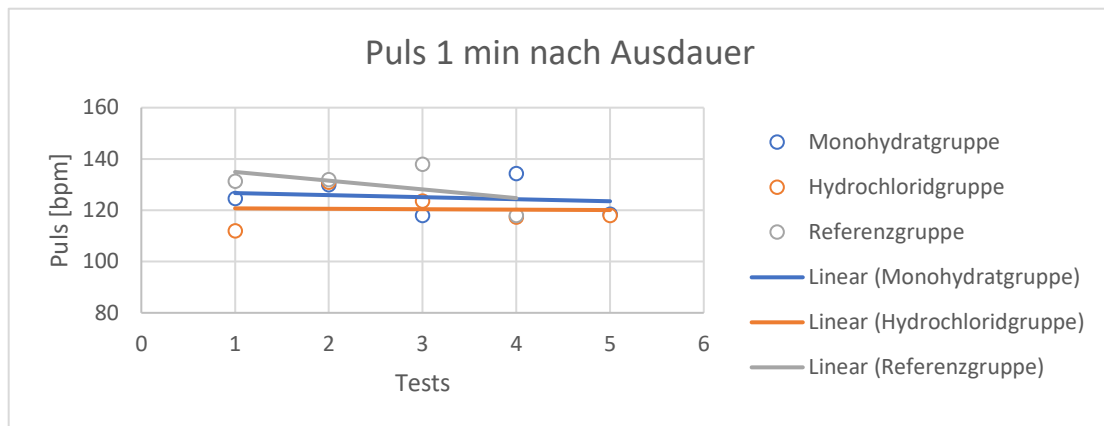


Abbildung 26: Durchschnittlicher Puls 1 Minute nach Ausdauertraining aller Gruppen über den Zeitraum der Tests

Bei den durchschnittlichen Pulsen nach zwei Minuten Ausdauertraining sieht die Reihenfolge wie folgt aus: Der steilste Trend hat die Monohydratgruppe mit einer Steigung von -2.8667. Diese ist gefolgt von der Referenzgruppe mit einer Steigung von -1.6667. Bei der Hydrochloridgruppe hat der Trend sogar eine positive Steigung von 0.3667.

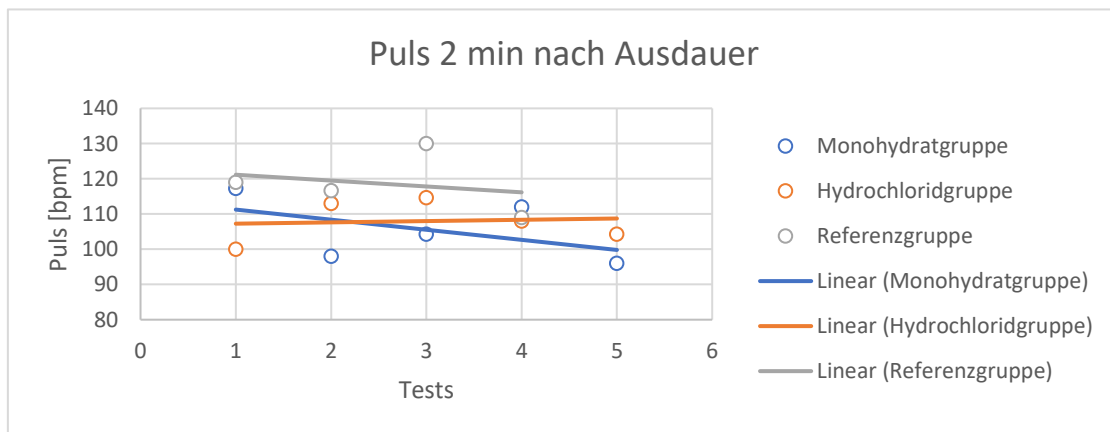


Abbildung 25: Durchschnittlicher Puls 2 Minuten nach Ausdauertraining aller Gruppen über den Zeitraum der Tests

6.3 Umfragen

6.3.1 Sport und Training

In der Monohydratgruppe gaben drei Personen an, dass sie regelmässig das Fitnessstudio besuchen. Zudem wird geklettert, Fussball gespielt, gewandert, getaucht, Tennis gespielt und Fahrrad gefahren. Jede Aktivität wurde jeweils von einer Person durchgeführt.

Pro Woche werden durchschnittlich 1.25 Push-Trainings durchgeführt. Es sind Bankdrücken, Liegestützen, Schulterdrücken, Trizeps Übungen und Flys* vertreten. Pull-Trainings werden im Schnitt 1.75-mal pro Woche durchgeführt. Hier sind vor allem Klimmzüge und Rudern vertreten. Pro Woche werden 0.75-mal Beine trainiert. Es werden Kniebeugen, Extensionen* und Übungen an der Beinpresse* gemacht.

Ausdauer wird pro Woche durchschnittlich 0.75-mal trainiert.

Bei der Hydrochloridgruppe wurden die Sportarten Fussball, Klettern, Fitnessstudio und Leichtathletik angegeben.

Bei dieser Gruppe wird im Durchschnitt pro Woche nur einmal Push trainiert. Auch hier kommen Bankdrücken, Schulterdrücken und Trizeps Übungen vor. Zudem kommt noch das Seitheben* hinzu.

Die durchschnittliche Anzahl Pull-Trainings pro Woche beträgt zwei. Hier wurden zusätzlich zu den Klimmzügen und dem Rudern Armbeugen ausgeführt.

Pro Woche werden durchschnittlich 1.34-mal die Beine trainiert. Hier kommen neben den Kniebeugen, den Beinbeugen*, und den bulgarischen Kniebeugen*, die allesamt Kraftübungen sind, auch explosive Übungen hinzu. Bei diesen explosiven Übungen handelt es sich um Stafette und Hürdenlauf.

Die Ausdauer wird bei dieser Gruppe 0.67-mal pro Woche trainiert.

In der Referenzgruppe gaben alle drei Personen an, klettern zu gehen. Zwei Personen trainieren zudem ihre Fitness mit Hilfe von Körpergewichtsübungen.

Die Anzahl Push-Trainings beläuft sich auf ein Training pro Woche. Hier werden Liegestütze, Dips* und Muscle-Ups* trainiert. Zudem werden Handstand- und Liegestütz-Progressionen* trainiert.

Pull-Trainings werden pro Woche zweimal durchgeführt. Die Übungen, die gemacht werden, sind Klimmzüge, Progressionen des sogenannten Front-Levers* und Progressionen des einarmigen Klimmzugs.

Beintrainings finden hier in der Woche durchschnittlich 0.67-mal statt, wobei es sich hier bei den Übungen um Progressionen des sogenannten Pistol-Squat*, aber auch um Sprungübungen und Wadenübungen handelt.

Ausdauer wird in dieser Gruppe 0.33-mal pro Woche trainiert.

6.3.2 Ernährung, Schlaf & Alkoholkonsum

In der Monohydratgruppe ergab sich im Durchschnitt eine Anzahl von 4.25 Mahlzeiten pro Tag. Dabei wird am meisten zu Mittag und zu Abend gegessen.

Drei von vier Probanden der Monohydratgruppe gaben an, dass sie genügend Wasser trinken, und lediglich zwei von vier gaben an, dass sie einen gesunden Schlafrhythmus haben.

Alkohol wird in der Woche im Durchschnitt 0.75-mal pro Woche getrunken.

In der Hydrochloridgruppe wurden durchschnittlich 3.667 Mahlzeiten pro Tag angegeben, wobei auch hier das Mittagessen und das Abendessen am meisten gewichtet wird. Zwei Drittel der Probanden der Hydrochloridgruppe geben an, genügend Wasser zu trinken. Zudem sagt eine Person, dass sie genügend schläft, eine sagt, dass sie nicht genügend schläft, und eine Person ist sich nicht sicher und konnte keine Aussage machen. Alkohol wird in dieser Gruppe circa halb so oft in der Woche konsumiert wie in der Monohydratgruppe, und zwar 0.33-mal im Durchschnitt. Zum Thema Diät geben zwei Personen an, keine zu machen und eine Person gab an, zu versuchen, wenig Zucker zu essen.

In der Referenzgruppe wird durchschnittlich auch 3.667-mal täglich gegessen. Auch hier wiederum ist es das Mittagessen und das Abendessen, das am meisten gegessen wird. Zwei Drittel der Probanden gibt an genügend Wasser zu trinken, die dritte Person ist sich nicht sicher. Es sind auch zwei Drittel, die ihrer Meinung nach einen gesunden Schlafrhythmus haben. Alkohol wird in dieser Gruppe durchschnittlich 1.43-mal konsumiert, und keine Person gibt an, auf einer Diät zu sein.

7 Diskussion

7.1 Fehlerquellen

7.1.1 Ungenauigkeiten Messungen und Ausdauertests

Zu einer der wichtigsten Fehlerquellen gehören möglicherweise die Ungenauigkeiten der Messungen. Die Ungenauigkeit der Messungen beruht dabei nicht zwingend auf der Wahl der Messgeräte, sondern vielmehr auf die Methode der Messung. Die Methode war, dass gewissen Stellen definiert wurden, an denen dann wöchentlich gemessen wurde. Die Stellen wurden exakt definiert, jedoch wurden bei jeder Messung die Stellen grob abgeschätzt, es wurde also nie an der exakt gleichen Stelle gemessen. Beim Oberschenkelumfang war dieses Fehlerpotential am grössten. Der Oberschenkelumfang wird umso grösser, je näher am Hüftgelenk die Messstelle liegt. Und da die Mitte zwischen Knie und Hüftgelenk bei jeder Messung grob abgeschätzt wurde, konnte nie eine exakte Messung getätigt werden.

Bezüglich den Kraft- und Schnellkrafttests kann man sagen, dass sie – zumindest im Rahmen des Tests selbst – exakt durchgeführt wurden und somit auch aussagekräftig sind. «Im Rahmen des Tests selbst» bedeutet, dass beim Test selbst keine bemerkenswerte Fehlerquellen vorhanden sind. Verfälschungen können durch externe Ereignisse verursacht werden. (Kapitel 7.2).

Die Ausdauertests hingegen waren grundlegend falsch konzipiert. Die Resultate sind dadurch nicht aussagekräftig. Die Probanden mussten 10 Minuten laufen, oder auf dem Spinning Gerät pedalen. Der Fehler hier liegt in der Absenz einer Definition der Quantität, also wieviel der Proband tatsächlich leistet. Das heisst, der Proband durfte in seinem eigenen Tempo laufen und legte somit beliebig viele Meter zurück. Dadurch konnte man den Puls nicht ins Verhältnis setzen, da man keine Angaben hatte, wie fest sich der Proband anstrengte. Passender wäre gewesen, eine festgelegte Strecke in einer festgelegten Zeit zu durchlaufen (Kapitel 7.3, Verbesserungsvorschläge).

7.1.2 Frequenz der Tests

Die Idee wäre simpel gewesen: Die Probanden werden vor der ersten Kreatineinnahme getestet, und ab der ersten Kreatineinnahme werden wöchentlich während vier Wochen dieselben Tests durchgeführt. Dadurch hätte man genaue Resultate erhalten. Den Trainingseffekt, also die Tatsache, dass die Probanden auch ohne Kreatin in der Übung besser werden, konnte mit Hilfe der Referenzgruppe von der Gleichung gestrichen werden. Dafür mussten jedoch die Kreatineinnehmenden sowie die Referenzgruppe immer pünktlich auf die Woche getestet werden. Dies ist aber verständlicherweise nur schwer möglich, denn sowohl die Probanden als auch der Tester hatten einen vollen Stundenplan und waren nicht immer verfügbar. So konnte es im Extremfall geschehen, dass zwei Wochen lang kein Test stattfand. Der Trainingseffekt wurde dadurch verfälscht und nicht berechenbar. Die Referenzgruppe wurde jedoch immer pünktlich getestet, also ist bei ihr der Trainingseffekt gut sichtbar. Dies konnte einigermaßen begradigt werden, indem das Resultat eines Tests durch die Anzahl Tage der Kreatin Einnahme geteilt wurde und schliesslich mit der Anzahl Tage multipliziert wurde, an dem der Test eigentlich hätte stattfinden sollen (Kapitel 4.3.1). Aber auch mit dieser Methode konnte nie ein exaktes Resultat erzielt werden. Bei der Ausdauer konnte diese Begradigung aufgrund der Komplexität gar nicht durchgeführt werden, die Resultate der Ausdauertests sind also um einiges ungenauer.

Der Nichtverfügbarkeit der Probanden konnte dadurch abgeholfen werden, dass die Probanden die Tests zu Hause durchführten. Ihnen wurde genaustens erklärt wie dies zu tun ist, sprich, an welchen Stellen zu messen ist und wie die Sporttests durchzuführen sind. Aber auch hier konnte nie ganz sichergestellt werden, dass dies auch ordnungsgemäss gemacht wurde.

7.1.3 Kreatin Einnahme Dosierung

Ein weiterer fundamentaler Fehler liegt bei der Dosierung des Kreatins. Der einen Gruppe wurden für die ersten fünf Tage 4 mal 5 Gramm Kreatin Monohydrat verabreicht, und anschliessend 3 g für die restlichen 25 Tage. Der anderen Gruppe wurden täglich für 30 Tage 3 Gramm Kreatin Hydrochlorid verabreicht. Hier kann der Fehler schon erahnt werden: Alle Probanden sind unterschiedlich schwer! Das Gewicht variiert zwischen ca. 58 und 77 Kilogramm. Drei Gramm Kreatin können bei dieser grossen Differenz eine viel stärkere oder schwächere Wirkung entfalten. Exakter wäre gewesen, die Dosierung in Gramm pro Kilogramm Körpergewicht zu messen (Kapitel 7.3).

7.2 Relativierungen der Sporttests mit Hilfe der Umfrage

7.2.1 Liegestütze

Bei den Liegestützen schnitt über den Zeitraum der vier Wochen die Referenzgruppe durchschnittlich am besten ab, dicht gefolgt von der Hydrochloridgruppe. Die Monohydratgruppe konnte jedoch keine so grosse Verbesserung verzeichnen. Dies ist nicht das Resultat, das erwartet wurde – woran kann es gelegen haben? Mit Hilfe der Umfrage kann dies nun geklärt werden: Man sieht bei der Monohydratgruppe eine durchschnittliche Anzahl von 1.25 Push-Trainings pro Woche. Dies ist höher als bei der Hydrochlorid- und Referenzgruppe. Doch bei den Übungen handelt es sich nur bedingt um Liegestütze, sondern um Bankdrücken, und Schulterdrücken. Dagegen machen alle Referenzprobanden Liegestützen in ihrem Push-Training. Bankdrücken und Liegestützen trainieren auf den ersten Blick die genau gleichen Muskeln, doch gibt es trotzdem einige Unterschiede. Bei den Liegestützen werden zusätzlich andere Muskeln, wie zum Beispiel der Rumpf aktiviert. Wer also nur Liegestützen trainiert, wird besser in Liegestützen, als wer nur Bankdrücken trainiert. Zudem wird in der Referenzgruppe und in der Hydrochloridgruppe mehr geklettert als in der Monohydratgruppe. Es gibt einen Kletterer in der Monohydratgruppe, doch in den anderen zwei Gruppen gibt es je zwei davon. Klettern trainiert auch den gesamten Oberkörper und kann dadurch eine Verbesserung in der Leistung der Liegestütze bewirken. Zusätzlich macht ein Proband der Hydrochloridgruppe Leichtathletik.

7.2.2 Klimmzüge

Bei den Klimmzügen erbrachte die Hydrochloridgruppe mit Abstand die beste Leistung, gefolgt von der Referenzgruppe und der Monohydratgruppe. Hier sieht die Situation weniger kompliziert aus: Sowohl die Hydrochloridgruppe als auch die Referenzgruppe trainiert wöchentlich ganze zweimal ihre Pull-Kraft, die Monohydratgruppe hingegen nur 1.75-mal. In jeder Gruppe machen drei Personen regelmässig Klimmzüge. Klettern kommt aber auch hier wieder zum Zug, denn drei Personen der Referenzgruppe, zwei Personen der Hydrochloridgruppe und eine Person der Monohydratgruppe gehen regelmässig klettern. Klettern hat viel mit «sich hochziehen» zu tun, weswegen es Einfluss auf die Klimmzugleistung haben kann.

7.2.3 Standweitsprung

Beim Standweitsprung ist die Reihenfolge der Steigungen der Trends der verschiedenen Gruppen Monohydrat, Hydrochlorid, Referenzgruppe. Dies hat sehr wahrscheinlich einen Zusammenhang mit den Sportarten, die die Personen treiben. Sowie in der Monohydratgruppe, als auch in der Hydrochloridgruppe spielt je eine Person Fussball. Beim Fussball wird viel geredt und gesprintet. Dafür muss man viel Schnellkraft in den Beinen haben, und diese wird auch laut den Probanden mehrmals wöchentlich trainiert. Diese Schnellkraft wirkt sich auf den Standweitsprung aus. Darum ist nicht nur der Trend der Verbesserung sehr steil; auch die Zahlen sind höher.

Zusätzlich macht eine Person der Hydrochloridgruppe Leichtathletik, bei der es auch um Schnellkraft geht, aber wahrscheinlich nicht so fokussiert auf die Beine, wie beim Fussball.

In der Monohydratgruppe spielt kein Proband Fussball. Ausserdem werden auch eher selten die Beine trainiert. Eine Person gibt an, Sprungübungen zu machen, was einen Einfluss auf seine Resultate im Standweitsprung hatte. Dies hatte allerdings keinen Einfluss auf den Durchschnitt.

7.2.3 Ausdauer

Die Reihenfolge der Steigung der Trends des Pulses direkt nach dem Ausdauertraining der verschiedenen Gruppen ist Monohydratgruppe, Hydrochloridgruppe, Referenzgruppe. Dies stimmt mit den Ergebnissen der Umfrage überein. Die durchschnittliche Anzahl der Ausdauertrainings der Monohydratgruppe beträgt 0.75-mal pro Woche, die der Hydrochloridgruppe beträgt 0.67-mal pro Woche und die der Referenzgruppe nur 0.33-mal pro Woche. Zudem gibt es auch hier in der Monohydratgruppe und in der Hydrochloridgruppe je eine Person, die Fussball spielt. Fussball ist stark mit Ausdauer verbunden, da man seine Stellung auf dem Feld stets den Umständen anpassen muss und daher viel hin und her rennt. Bei der Referenzgruppe wird keine vergleichbare Sportart betrieben.

7.3 Verbesserungsvorschläge

7.3.1 Ausdauertests

Bei den Ausdauertests hätte neben dem Faktor der Zeit auch noch der Faktor der Intensität bestimmt werden sollen. Bisher wurde nur gesagt, es sollte in dem Tempo gejoggt/getreten werden, mit dem der Proband das Gefühl hat, durch die 10 Minuten zu kommen. Doch dies ist zu ungenau. Vielmehr hätte man eine Anzahl Rotationen pro Minute (RPM) definieren können, und der Proband hätte 10 Minuten in dieser RPM in die Pedale treten können. Dies wäre aber auch problematisch, da man die Anzahl RPM nur beim Spinning Gerät im Spinning Raum des Kollegium Brig bestimmen kann. Besser wäre gewesen, eine Übung zu nehmen, bei der die Intensität einfacher in Einheiten messbar ist. Eine gute Übung wären Burpees* gewesen. Bei dieser Übung macht man eine Liegestützte, steht auf und macht einen Sprung, bevor man wieder in die Liegestützposition geht. Man hätte nun eine Anzahl Burpees in einer gewissen Zeit definieren können. Damit wäre der Schwierigkeitsgrad für jeden Proband anders ausgefallen und die Resultate hätten variiert.

7.3.2 Kreatin Dosierung

Im Kapitel 4.1 ist die Dosierung spezifischer angegeben. Wichtig ist hier nur, dass innerhalb einer Gruppe jeder Proband die gleiche Menge Kreatin bekam. Dies macht aber keinen Sinn, da alle Probanden ein unterschiedliches Körpergewicht haben. Besser wäre es gewesen, die Dosierung in Gramm pro Kilogramm Körpergewicht zu berechnen. Empfohlen ist dabei eine Menge von 0.1 Gramm Kreatin pro Kilogramm Körpergewicht, gemäss hammer.de.¹³

7.3.3 Körpervermessungen

Bei den Körpervermessungen wurden die Messstellen genau definiert, jedoch bei der Messung selbst nur abgeschätzt. Als Beispiel sei die Messstelle des Oberschenkels für den Oberschenkelumfang erwähnt, der in der Mitte der Distanz zwischen Hüftgelenk und Knie zu liegen hatte. Hier hätte man die Distanz zwischen Hüftgelenk und Knie messen können. Dies hätte um einiges genauere Werte hervorgebracht als bei der groben Abschätzung.

7.4 Fazit

Trotz der grossen Anzahl Fehlerquellen konnte die Frage, ob Kreatin einen Einfluss auf das äussere Erscheinungsbild und die sportlichen Leistungen eines Konsumenten haben, einigermaßen gut beantwortet werden: Bei mehreren Messungen konnten tatsächlich Verbesserungen gemessen werden. Keine Gruppe zeigte sich über alle Sporttests und alle Körpervermessungen überlegen. Es waren zu viele Faktoren im Spiel, als dass eindeutig bestimmt werden konnte, welche der beiden Kreatin Sorten die Bessere ist. Zudem hat das Experiment im Allgemeinen einen zu kleinen Umfang, sprich, aus finanziellen und zeitlichen Gründen wurden zu wenige Probanden in die Studie einbezogen.

¹³ (Zinner, 2023)

8 Schlusswort

Zunächst bedanke ich mich herzlich bei meinem Betreuer Matthias Eyer, der mich beim Schreiben dieser Maturaarbeit stets begleitet hat, und an den ich mich bei Fragen ohne Bedenken wenden konnte. Anschliessend bedanke ich mich bei allen Freiwilligen, die für meine Maturaarbeit das Kreatin konsumiert haben und die Tests absolviert haben. Dabei geht der Dank an Elia Witschard, Niklas Glenz, Alessandro Tscherry, und Nil Hock in der Gruppe der Monohydrat Konsumenten, Lukas Mengis, Denis Fournier, und David Carron in der Gruppe der Hydrochlorid Konsumenten und schliesslich meine zwei Brüder Benjamin und Lukas Kaisig, die mit mir zusammen die Referenzgruppe bildeten. Das Schreiben dieser Maturaarbeit hat mir sehr geholfen, mich auf ein späteres Uni-Studium vorzubereiten, wo Arbeiten dieser Art ein zentrales Thema sind. Allerdings zeigte sich mir dabei auch die Schwierigkeit des Umgangs mit Probanden, die genaustens geleitet und instruiert werden müssen. Die Zukunft wird mir hoffentlich Gelegenheit geben, meine Möglichkeiten in diesem Zusammenhang noch zu verbessern und zu vertiefen.

9 Glossar

Beinpresse:	Gerät, mit dem das Wegdrücken eines Gewichts mit den Beinen trainiert wird
Burpees:	Übung, bei der man fließend abwechselnd jeweils ein Liegestütz und anschließend einen Sprung macht; trainiert sowohl die Brustmuskeln als auch die Ausdauer
Dips:	Übung, bei der man sich mit beiden Armen auf zwei parallelen Stangen abstützt ohne mit den Füßen den Boden zu berühren, und sich anschließend langsam herablässt und sich wieder hochdrückt; trainiert den Trizeps
Endergon:	Eine Reaktion die nicht freiwillig / nicht spontan abläuft, ist endergon. Sie läuft nur unter Zufuhr von Energie ab. Als Beispiel dient die Synthese eines Proteins. ¹⁴
Exergon:	Eine Reaktion die freiwillig / spontan abläuft, ist exergon. ¹³
Extension:	Eine Streckung
Flys:	Übung, bei der man die Arme seitlich ausstreckt, und anschließend gestreckt nach vorne gegen ein Gewicht zusammendrückt; trainiert die Brustmuskeln
Front-Lever:	Übung, bei der man an einer Stange hängend mithilfe der Körperspannung den gesamten Körper in eine horizontale Position bringt.
Hydrolyse:	Spaltung einer chemischen Verbindung durch Reaktion mit Wasser ¹⁵
Konformation:	Räumliche Anordnung der drehbaren Bindungen an den Kohlestoffatomen eines Moleküls ¹⁶
Kovalent:	Eine Art, wie sich Atome untereinander binden können; Kugelwolke wird zwischen Atomkernen aufgeteilt
Kreatinin:	Endprodukt, nachdem Phosphat vom Kreatinphosphat zur ATP-Regeneration abgespalten wird; wird über den Urin ausgeschieden
mRNA:	Messenger-RNA; dient mithilfe eines Ribosoms zur Proteinbiosynthese
Muscle-Ups:	Klimmzug, der so schnell ausgeführt wird, dass man sich anschließend von oben auf die Stange abstützen kann
Phosphorylierung:	Anheftung einer Phosphatgruppe an ein Molekül
Pistol-Squat:	Kniebeuge auf einem Bein, wobei das andere Bein nach vorne ausgestreckt wird; erfordert Dehnbarkeit, Kraft und Balance
Progressionen:	Schwierigere Versionen einer (sonst einfachen) Körpergewichtsübung
Pull-Training:	Trainings, bei denen Körperbewegungen trainiert werden, bei denen etwas gezogen wird; trainiert je nach Übung Rücken und Bizeps

¹⁴ (Knecht, Exergone und endergone Reaktion, 2023)

¹⁵ (Hydrolyse, 2023)

¹⁶ (Knecht, Konformation, 2023)

Push-Training:	Trainings, bei denen Körperbewegungen trainiert werden, bei denen etwas gedrückt wird; trainiert je nach Übung Brust, Schultern und Trizeps
Ribosom:	Makromolekül-Komplexe aus Proteinen und rRNA, die die Proteinbiosynthese der Zelle katalysieren ¹⁷
Sarkomer:	Kleinste funktionelle Einheit eines Skelettmuskels
Seitheben:	Übung, bei der die Arme ausgestreckt gegen einen Widerstand nach oben gehoben werden
tRNA:	Transfer-RNA; vermittelt bei der Translation die richtige Aminosäure zum entsprechenden Codon auf der mRNA ¹⁸
Vesikel:	Bläschen im Cytoplasma

¹⁷ (Antwerpes, Ribosom, 2023)

¹⁸ (Knecht, TRNA, 2023)

10 Quellenverzeichnis

10.1 Literaturverzeichnis

- Antwerpes, D. F. (21. 08 2023). *Kreatin*. Von DocCheck Flexikon:
<https://flexikon.doccheck.com/de/Kreatin> abgerufen
- Antwerpes, D. F. (21. 08 2023). *Kreatinin*. Von DocCheck Flexikon:
<https://flexikon.doccheck.com/de/Kreatinin> abgerufen
- Antwerpes, D. F. (22. 11 2023). *Ribosom*. Von DocCheck Flexikon:
<https://flexikon.doccheck.com/de/Ribosom> abgerufen
- Arginin*. (21. 08 2023). Von Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Arginin> abgerufen
- Campbell, N. A. (2016). *Campbell Biologie*. Hallbermoos: Pearson.
- Collias, N. (22. 08 2023). *Your Complete Guide to Creatine Monohydrate*. Von
bodybuilding.com: <https://www.bodybuilding.com/content/creatine-monohydrate-101-the-research-behind-a-phenomenon.html#what-is-creatine-monohydrate> abgerufen
- Glycin*. (21. 08 2023). Von Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Glycin> abgerufen
- Göbel, S. (22. 08 2023). *Kreatin*. Von apotheke.de:
<https://www.apotheke.de/krankheiten/hintergrundwissen/11046-kreatin> abgerufen
- Hydrolyse*. (26. 11 2023). Von Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Hydrolyse> abgerufen
- Knecht, S. (21. 11 2023). *Exergone und endergone Reaktion*. Von chemie.de:
https://www.chemie.de/lexikon/Exergone_und_endergone_Reaktion.html abgerufen
- Knecht, S. (22. 11 2023). *Konformation*. Von chemie.de:
<https://www.chemie.de/lexikon/Konformation.html> abgerufen
- Knecht, S. (21. 08 2023). *Kreatin*. Von Chemie.de:
<https://www.chemie.de/lexikon/Kreatin.html> abgerufen
- Knecht, S. (22. 11 2023). *TRNA*. Von chemie.de: <https://www.chemie.de/lexikon/TRNA.html>
abgerufen
- Kreatin*. (26. 07 2023). Von Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kreatin> abgerufen
- Markl, J. (2020). *Markl Biologie*. Wemding: Ernst Klett Verlag.
- Myprotein. (26. 07 2023). *Creatin: Einnahme, Wirkung, Nebenwirkungen und Dosierung*.
Von myprotein: <https://www.myprotein.ch/blog/supplemente/creatin-einnahme-wirkung-dosierung-nebenwirkungen/> abgerufen
- Reimers, E. (22. 08 2023). *Creatine HCl vs. Monohydrate: Weighing the Evidence in 2023*.
Von transparentlabs.com: <https://www.transparentlabs.com/blogs/all/creatine-hcl-vs-monohydrate> abgerufen
- Schmidt, S. (20. 08 2023). *Lunge und Atmung Praktikum zur Sportphysiologie Biologie 4*.
SF. Brig, Wallis, Schweiz: KSSB .
- Zinner, M. (18. 11 2023). *Kreatin*. Von hammer.de:
<https://www.hammer.de/fitnesswissen/kreatin#:~:text=Wie%20bereits%20erw%C3%A4hnt%2C%20liegt%20das,bis%20zu%2030%20g%20konsumieren> abgerufen

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Adenosinriphosphat bestehend aus Adeninrest (blau), Riboserest (grün) und einer Kette aus drei Phosphatgruppen (orange) (wikipedia.org).....	6
Abbildung 2: Reaktionsgleichung der Hydrolyse von ATP (links) mithilfe von Wasser (H ₂ O) zu ADP (Mitte), Hydrogenphosphat (Rechts) und einem Wasserstoffion (H ⁺) (doccheck.com)	6
Abbildung 3: Aktiver Transport mithilfe eines Membranproteins das durch Phosphorylierung seine Form ändert (Campbell Biologie 2016)	7
Abbildung 4: Verknüpfung der Aminosäure mit der tRNA mithilfe der Aminoacyl-tRNA-Synthetase - vereinfacht (studyflix.de).....	7
Abbildung 5: Motorprotein, das durch die Phosphorylierung seine Form ändert, und entlang dem Cytoskelett wandert (Campbell Biologie 2016).....	8
Abbildung 6: Sarkomer, kleinste funktionelle Einheit des Skelettmuskels (Markl Biologie)..	8
Abbildung 7: Arten der ATP-Regeneration nach gewisser Zeit der Belastung (Sportphysiologie_Praktikum Skript 4D).....	9
Abbildung 8: Molekül des Kreatins, bestehend aus der Guanidinogruppe (grün), der Ethansäuregruppe (orange) und der Methylgruppe (blau)	10
Abbildung 9: Synthetisierung Kreatin aus Arginin und Glycin (chemieunterricht.de)	10
Abbildung 10: Klappregel.....	12
Abbildung 11: Schneidermassband (jumbo.ch)	13
Abbildung 12: Beurer PO 40 Pulsoximeter (galaxus.ch).....	13
Abbildung 13: Stahlmassband	14
Abbildung 14: Taurus Crosstrainer x7.7 (fitshop.lu).....	15
Abbildung 15: Vergrößerung des Oberarmumfangs nach Tag 12 und nach dem errechneten Tag 7.....	16
Abbildung 16: Alle gemessenen Vergrößerungen des Oberarmumfangs der Monohydratgruppe	16
Abbildung 17: Vergrößerungen des Oberarmumfangs aller Gruppen (relativiert)	18
Abbildung 18: Vergrößerung des Oberschenkelumfangs aller Gruppen (relativiert)	19
Abbildung 19: Vergrößerung Wadenumfang aller Gruppen (relativiert)	19
Abbildung 20: Vergrößerung Halsumfang aller Gruppen (relativiert)	20
Abbildung 21: Verbesserung der maximalen Anzahl Liegestütze aller Gruppen (relativiert)21	
Abbildung 22: Verbesserung der maximalen Anzahl Klimmzüge aller Gruppen (relativiert)21	
Abbildung 23: Verbesserung des Standweitsprungs aller Gruppen (relativiert)	22
Abbildung 24: Durchschnittlicher Puls direkt nach dem Ausdauerstest aller Gruppen über den Zeitraum der Tests.....	22
Abbildung 26: Durchschnittlicher Puls 2 Minuten nach Ausdauerstest aller Gruppen über den Zeitraum der Tests.....	23
Abbildung 25: Durchschnittlicher Puls 1 Minute nach Ausdauerstest aller Gruppen über den Zeitraum der Tests.....	23

Checkliste Kreatineinnahme

hier ankreuzen

Ladephase: 4 x 5 g pro Tag	Tag 1
	Tag 2
	Tag 3
	Tag 4
	Tag 5
Erhaltungsphase: 3 g pro Tag	Tag 6
	Tag 7
	Tag 8
	Tag 9
	Tag 10
	Tag 11
	Tag 12
	Tag 13
	Tag 14
	Tag 15
	Tag 16
	Tag 17
	Tag 18
	Tag 19
	Tag 20
	Tag 21
	Tag 22
	Tag 23
	Tag 24
	Tag 25
	Tag 26
	Tag 27
	Tag 28
	Tag 29
	Tag 30

Oberarmumfang Monohydratgruppe

Person 1				
Tag	Oberarmumfang [cm]	Verbesserung [cm]	Test Nr.	Relativiert
0	29,5	0	1	0
12	29,8	0,3	2	0,175
21	29	-0,5	3	-0,333
28	29,4	-0,1	4	-0,075
35	28,5	-1	5	-0,8
Person 2				
0	31,5	0	1	0
17	32,2	0,7	2	0,288
Person 3				
0	25	0	1	0
8	26	1	2	0,875
15	26,3	1,3	3	1,213
22	26,3	1,3	4	1,241
29	26,4	1,4	5	1,352
Person 4				
0	26	0	1	0
12	26,3	0,3	2	0,175
16	26,3	0,3	3	0,263
23	26,4	0,4	4	0,365

Oberarmumfang Hydrochloridgruppe

Person 1				
Tag	OA [cm]	Verbesserung	Test Nr.	Relativiert
0	25	0	1	0
9	26	1	2	0,778
16	27,5	2,5	3	2,188
21	28	3	4	3
27	28,5	3,5	5	3,63
Person 2				
1	28,2	0	1	0
8	28,2	0	2	0
22	28,3	0,1	3	0,064
29	27,8	-0,4	4	-0,3
46	28	-0,2	5	-0,122
Person 3				
0	29,5	0	1	0
5	30	0,5	2	0,7
13	30	0,5	3	0,538
20	30	0,5	4	0,525
27	30	0,5	5	0,519

Oberarmumfang Referenzgruppe

Person 1					
Tag	OA [cm]	Verbesserung [cm]		Test Nr.	Relativiert
0	27		0	1	0
7	27		0	2	0
14	28		1	3	1
21	28,7		1,7	4	1,7
28	27,2		0,2	5	0,2
Person 2					
0	25,1		0	1	0
7	25		-0,1	2	-0,1
Person 3					
0	27		0	1	0
7	27		0	2	0
14	26,5		-0,5	3	-0,5
21	26,9		-0,1	4	-0,1
28	27		0	5	0

Oberschenkelumfang Monohydratgruppe

Person 1					
Tag	OS	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert	
0	52,5	0	1	0	
12	52,6	0,1	2	0,058	
21	54,4	1,9	3	1,267	
28	52	-0,5	4	-0,375	
35	51,7	-0,8	5	-0,64	
Person 2					
0	56,9	0	1	0	
17	53,5	-3,4	2	-1,4	
Person 3					
0	46	0	1	0	
8	48,5	2,5	2	2,188	
15	46,6	0,6	3	0,56	
22	48,5	2,5	4	2,386	
29	47,8	1,8	5	1,738	
Person 4					
0	46,5	0	1	0	
12	48,5	2	2	1,167	
16	47,4	0,9	3	0,788	
23	44,4	-2,1	4	-1,917	

Oberschenkelumfang Hydrochloridgruppe

Person 1				
Tag	OS	Vergrößerung	Test Nr.	Rel. Vergr.
0	44	0	1	0
9	45	1	2	0,778
16	45	1	3	0,875
21	47	3	4	3
27	48	4	5	4,148
Person 2				
1	51,7	0	1	0
8	53	1,3	2	1,138
22	51,7	0	3	0
29	51	-0,7	4	-0,507
46	51,5	-0,2	5	-0,122
Person 3				
0	56	0	1	0
5	55,3	-0,7	2	-0,98
13	58	2	3	2,154
20	57	1	4	1,05
27	57	1	5	1,037

Oberschenkelumfang Referenzgruppe

Person 1				
0	46,5	0	1	0
7	46,5	0	2	0
14	47	0,5	3	0,5
21	46	-0,5	4	-0,5
28	47,7	1,2	5	1,2
Person 2				
0	42	0	1	0
7	44,5	2,5	2	2,5
Person 3				
0	46	0	1	0
7	46	0	2	0
14	47,2	1,2	3	1,2
21	48	2	4	2
28	48,5	2,5	5	2,5

Wadenumfang Monohydratgruppe

Tag	Wd	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	37,2	0	1	0
12	37,4	0,2	2	0,117
21	37	-0,2	3	-0,133
28	36,7	-0,5	4	-0,375
35	37,3	0,1	5	0,08
Person 2				
0	41,6	0	1	0
17	40,2	-1,4	2	-0,576
Person 3				
0	33,5	0	1	0
8	33	-0,5	2	-0,438
15	33,9	0,4	3	0,373
22	33,2	-0,3	4	-0,286
29	33,4	-0,1	5	-0,097
Person 4				
0	35,4	0	1	0
12	35,3	-0,1	2	-0,058
16	35	-0,4	3	-0,35
23	35	-0,4	4	-0,365

Wadenumfang Hydrochlorid

Tag	Wd	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	33	0	1	0
9	33,5	0,5	2	0,389
16	34	1	3	0,875
21	34	1	4	1
27	34	1	5	1,037
Person 2				
1	37	0	1	0
8	36,8	-0,2	2	-0,175
22	37,5	0,5	3	0,318
29	37,4	0,4	4	0,29
46	37	0	5	0
Person 3				
0	37	0	1	0
5	38,9	1,9	2	2,66
13	38	1	3	1,077
20	38	1	4	1,05
27	38	1	5	1,037

Wadenumfang Referenzgruppe

Tag	Wd	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	32	0	1	0
7	31,8	-0,2	2	-0,2
14	33	1	3	1
21	32,2	0,2	4	0,2
28	33,8	1,8	5	1,8
Person 2				
0	32	0	1	0
7	31,1	-0,9	2	-0,9
Person 3				
0	34	0	1	0
7	35	1	2	1
14	35	1	3	1
21	35,4	1,4	4	1,4
28	34,8	0,8	5	0,8

Halsumfang Monohydratgruppe

Tag	Hals	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	36,5	0	1	0
12	36	-0,5	2	-0,292
21	35,8	-0,7	3	-0,467
35	35,9	-0,6	4	-0,36
Person 2				
0	36,7	0	1	0
Person 3				
0	35	0	1	0
8	38	3	2	2,625
15	34,7	-0,3	3	-0,28
22	35,8	0,8	4	0,764
29	35,9	0,9	5	0,869
Person 4				
0	34,5	0	1	0
12	34,1	-0,4	2	-0,233
23	31,6	-2,9	3	-1,765

Halsumfang Hydrochloridgruppe

Tag	Hals	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	35	0	1	0
9	36	1	2	0,778
16	36	1	3	0,875
21	36,5	1,5	4	1,5
27	37	2	5	2,074
Person 2				
1	35,2	0	1	0
8	35,1	-0,1	2	-0,088
22	34,9	-0,3	3	-0,191
29	34,6	-0,6	4	-0,434
46	34,6	-0,6	5	-0,365
Person 3				
0	37	0	1	0
5	37,2	0,2	2	0,28
13	37	0	3	0
20	37	0	4	0
27	37	0	5	0

Halsumfang Referenzgruppe

Tag	Hals	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	35	0	1	0
7	35,5	0,5	2	0,5
14	34,5	-0,5	3	-0,5
21	36,2	1,2	4	1,2
28	36	1	5	1
Person 2				
0	36	0	1	0
7	34,5	-1,5	2	-1,5
Person 3				
0	36	0	1	0
7	36	0	2	0
14	35	-1	3	-1
21	37,5	1,5	4	1,5
28	37,5	1,5	5	1,5

Anzahl Liegestützen Monohydratgruppe

Tag	Liegestütze	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	60	0	1	0
12	46	-14	2	-8,137
21	50	-10	3	-6,667
28	61	1	4	0,75
35	64	4	5	3,2
Person 2				
0	30	0	1	0
Person 3				
0	29	0	1	0
8	33	4	2	3,5
15	34	5	3	4,667
22	37	8	4	7,636
29	29	0	5	0
Person 4				
0	22	0	1	0
12	28	6	2	3,5
16	33	11	3	9,625
23	22	0	4	0

Anzahl Liegestützen Hydrochloridgruppe

Tag	Liegestütze	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	21	0	1	0
9	23	2	2	1,556
16	25	4	3	3,5
21	26	5	4	5
27	27	6	5	6,222
Person 2				
1	33	0	1	0
8	40	7	2	6,125
18	41	8	3	6,222
25	43	10	4	8,4
29	39	6	5	5,793
Person 3				
0	43	0	1	0
5	50	7	2	9,8
21	40	-3	3	-2
30	50	7	4	4,9

Anzahl Liegestützen Referenzgruppe

Tag	Liegestütze	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	33	0	1	0
7	35	2	2	2
14	42	9	3	9
21	34	1	4	1
28	44	11	5	11
Person 2				
1	16	0	1	0
Person 3				
0	25	0	1	0
7	28	3	2	3
14	28	3	3	3
21	30	5	4	5
28	29	4	5	4

Anzahl Klimmzüge Monohydratgruppe

Tag	Klimmzüge	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	10	0	1	0
12	6	-4	2	-2,333
21	11	1	3	0,667
28	13	2	4	1,5
35	10	0	5	0
Person 2				
0	9	0	1	0
17	11	2		0,824
Person 3				
0	5	0	1	0
15	7	2	2	0,933
22	6	1	3	0,636
29	6	1	4	0,724
Person 4				
0	3	0	1	0
12	4	1	2	0,583
16	5	2	3	1,75
23	5	2	4	1,826

Anzahl Klimmzüge Hydrochloridgruppe

Tag	Klimmzüge	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	16	0	1	0
9	19	3	2	2,333
16	18	2	3	1,75
21	19	3	4	3
27	19	3	5	3,111
Person 2				
1	9	0	1	0
8	9	0	2	0
18	11	2	3	1,556
22	11	2	4	1,909
29	11	2	5	1,931
Person 3				
0	16	0	1	0
5	16	0	2	0
14	20	4	3	4
21	17	1	4	1
28	21	4	5	4

Anzahl Klimmzüge Referenzgruppe

Tag	Klimmzüge	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	17	0	1	0
7	18	1	2	1
14	19	2	3	2
21	19	2	4	2
28	20	3	5	3
Person 2				
0	11	0	1	0
7	11	0	2	0
Person 3				
0	13	0	1	0
7	14	1	2	1
14	12	-1	3	-1
21	15	2	4	2
28	14	1	5	1

Standweitsprung Monohydratgruppe in Meter

Tag	Standweitspr.	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	2,33	0	1	0
12	2,1	-0,23	2	-0,1342
21	2,28	-0,05	3	-0,0333
Person 2				
0	2,09	0	1	0
Person 3				
0	2,16	0	1	0
8	2,27	0,11	2	0,0963
15	2,5	0,34	3	0,3173
22	2,28	0,12	4	0,1146
29	2,31	0,15	5	0,1448
Person 4				
0	2	0	1	0
12	2,07	0,07	2	0,0408

Standweitsprung Hydrochloridgruppe in Meter

Tag	Standweitspr.	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	2,4	0	1	0
9	2,3	-0,1	2	-0,0778
16	2,38	-0,02	3	-0,0175
21	2,4	0	4	0
27	2,4	0	5	0
Person 2				
1	2,06	0	1	0
8	2,1	0,04	2	0,035
22	2,2	0,14	3	0,0891
29	2,28	0,22	4	0,1593
46	2,41	0,35	5	0,213
Person 3				
0	2,54	0	1	0
5	2,575	0,035	2	0,049
14	2,6	0,06	3	0,06
21	2,5	-0,04	4	-0,04
30	2,6	0,06	5	0,056

Standweitsprung Referenzgruppe in Meter

Tag	Standweitspr.	Vergrößerung	Test Nr.	Relativiert
Person 1				
0	2,12	0	1	0
7	2,05	-0,07	2	-0,07
14	2,23	0,11	3	0,11
21	2,18	0,06	4	0,06
28	2,15	0,03	5	0,03
Person 2				
0	1,87	0	1	0
6	1,93	0,06	2	0,07
Person 3				
0	2,06	0	1	0
7	2,07	0,01	2	0,01
14	2,09	0,03	3	0,03
21	2,09	0,03	4	0,03
28	2,07	0,01	5	0,01

Monohydrat

Test 1		Durchschnitt 0 min	
Zeit nach 10 min Ausdauer [min]	Puls	Test	Puls
	0 147	1	165,333333
	0 162	2	150
	0 187	3	163
	0	4	159,333333
	1 112	5	143
	1 111		
	1 151	Durchschnitt 1 min	
	1	1	124,666667
	2 109	2	130
	2 113	3	118
	2 130	4	134,333333
	2	5	118,5
Test 2		Durchschnitt 2 min	
	0 150	1	117,333333
	1 130	2	98
	2 98	3	104,333333
Test 3		4	112
	0 145	5	96
	0 156		
	0 188		
	1 94		
	1 103		
	1 157		
	2 86		
	2 87		
	2 140		
Test 4			
	0 133		
	0 157		
	0 188		
	1 95		
	1 142		
	1 166		
	2 87		
	2 114		
	2 135		
Test 5			
	0 137		
	0 149		
	1 106		
	1 131		
	2 95		
	2 97		

HCI

Test 1		Durchschnitt 0 min	
Zeit nach 10 min Ausdauer [min]	Puls	Test	Puls
	0 153	1	153
	1 112	2	157,6666667
	2 100	3	152,6666667
		4	148,6666667
		5	146,3333333
Test 2		Durchschnitt 1 min	
	0 175	1	112
	0 153	2	131
	0 145	3	123,6666667
	1 144	4	117,3333333
	1 118	5	118
	1 131		
	2 125		
	2 92		
	2 122		
Test 3		Durchschnitt 2 min	
	0 160	1	100
	0 170	2	113
	0 128	3	114,6666667
	1 120	4	108
	1 133	5	104,3333333
	1 118		
	2 112		
	2 126		
	2 106		
Test 4			
	0 150		
	0 164		
	0 132		
	1 115		
	1 123		
	1 114		
	2 100		
	2 116		
	2 108		
Test 5			
	0 155		
	0 155		
	0 129		
	1 123		
	1 120		
	1 111		
	2 108		
	2 107		
	2 98		

Referenz

Test 1		Durchschnitt 0 min	
Zeit nach 10 min Ausdauer [min]	Puls	Test	Puls
0	150	1	163,333333
0	170	2	149,666667
0	170	3	152,5
1	122	4	157
1	132		
1	140	Durchschnitt 1 min	
2	113	1	131,333333
2	118	2	132
2	126	3	138
		4	118
Test 2		Durchschnitt 2 min	
0	142	1	119
0	136	2	116,666667
0	171	3	130
1	135	4	109
1	106		
1	155		
2	124		
2	97		
2	129		
Test 3			
0	132		
0	173		
1	138		
2	130		
Test 4			
0			
0	157		
1			
1	118		
2			
2	109		

12 Authentizitätserklärung

Ich bezeuge mit meiner Unterschrift, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und erlaubte Hilfen von Drittpersonen korrekt veranschaulicht habe. Informationen, die ich wörtlich oder sinngemäss von anderen Publikationen oder Quellen, unter anderem aus dem Internet oder mithilfe künstlicher Intelligenz (KI), verfasst habe, sind klar, wiederauffindbar zitiert und machen nur einen geringen Anteil der Arbeit aus. Die in meiner Arbeit benützten Hilfsmittel entsprechen der Wahrheit, sind vollständig aufgelistet und auf diese Weise noch nicht veröffentlicht worden. Mir ist bewusst, dass ich unter Umständen zu den von mir gebrauchten Hilfsmitteln Stellung nehmen muss.

Ort und Datum: Buis, den 30.11.2023

Unterschrift der Schülerin/des Schülers: W. Kainig