

2010

**Parkour –
Belastung im
Zusammenhang
mit Schall**



Maturaarbeit

Rino Vanoni

Klasse: 173b

Betreuer: Marcel Tobler

Gymnasium Hofwil

Vorwort

Seit Herbst 2007 trainiere ich Parkour. Parkour ist die Kunst der effizienten Fortbewegung. Es geht darum, möglichst effizient Hindernisse zu überwinden. Ein Weg dazu ist oft, Hindernisse mit grossen Distanzen im Sprung zu überwinden. Sprünge wiederum bringen immer eine Landung mit sich, und Landungen bedeuten grosse Belastungen für den Körper, die Gelenke, die Muskeln. Zu Parkour gehört aber auch der Gedanke der Nachhaltigkeit. Nachhaltigkeit im Sinne von Parkour bedeutet schonendes Training, damit man Parkour dauerhaft ausüben kann.

Damit die Landungen nicht ungesund sind und das Training nachhaltig bleibt, müssen Landungen möglichst sanft sein. Die wichtigste Grundregel, die mir im Training vermittelt wurde, lautet: Eine leise Landung ist eine Rückmeldung für eine geringe Belastung bei der Landung, und eine laute Landung ist eine Rückmeldung für eine grosse Belastung bei der Landung. Wie diese Grundregel entstanden ist, weiss ich nicht; es gibt jedoch Traceure, die jahrelang nach dieser Regel trainiert haben und keinerlei Beschwerden aufweisen. Ich habe es ihnen nachgemacht und versucht, immer auf die Lautstärke meiner Landungen zu achten.

Doch nach ungefähr zwei Jahren Training bekam ich Schmerzen im Knie. Ich konnte mich an keinen Zwischenfall erinnern und wusste nicht, woher die Schmerzen kamen. So begann ich, an dieser Regel zu zweifeln, und ich fragte mich, ob sie wirklich stimmt. In dieser Zeit musste ich mir ein Thema für die Maturaarbeit suchen. Schon lange war mir klar, dass ich ein Thema im Zusammenhang mit Parkour wählen wollte; ich wusste jedoch nicht, was die Arbeit genau beinhalten könnte. So kam ich im letzten Moment auf die Idee, dass ich diese Grundregel untersuchen könnte.

Bezüglich meiner Knie bin ich bald einmal zum Schluss gekommen, dass ich wohl einfach zu viele grosse Sprünge gemacht hatte und die Knie überlastet waren; ob die Überlastung auf Landungen mit zu grosser Lautstärke zurückzuführen ist, weiss ich nicht. Ich habe mich jedenfalls geschont und die Knie gepflegt. Die Beschwerden haben letzten Frühling aufgehört, doch die Frage, ob diese Grundregel stimmt, hat mich jetzt mehr als ein halbes Jahr weiter beschäftigt und interessiert mich immer noch.

Aufgrund meiner persönlichen Erlebnisse habe ich mich mit grossem Interesse in diese Arbeit gestürzt. Ich hatte sehr früh Ideen, wie ich die praktischen Versuche gestalten könnte, und habe mich schnell auf die Suche nach geeigneten Messgeräten gemacht. Als ich die Messgeräte ausleihen konnte, habe ich mich sehr gefreut und die Versuche mit grossem Interesse und Leidenschaft durchgeführt. Während der Arbeit und nach den Versuchen bin ich immer öfter auf Fragen gestossen, die ich mit Hilfe von Fachliteratur beantworten musste, und beim Lesen habe ich gemerkt, dass ich die Versuche eventuell auch etwas anders hätte gestalten können. Insofern war der Lernprozess umso grösser, und ich kann sagen, dass ich zukünftige Arbeiten besser vorbereitet angehen will.

Beim Schreiben über Parkour ist oft die Frage aufgetaucht, aus welchen Quellen ich meinen Wissensstand über Parkour habe. Aufgrund meiner beinahe dreijährigen Parkour-Trainingserfahrung und der intensiven persönlichen Auseinandersetzung mit Parkour kann ich für gewisse Informationen, die ich in dieser Arbeit verwendet habe, keine bestimmte Quelle angeben.

Ich möchte ein grosses Dankeschön aussprechen, an alle, die mir bei dieser Arbeit geholfen haben. Ein besonderer Dank geht an die Suva in Luzern, an Heinz Waldmann, Leiter Team Akustik, und an Peter Kuhn, Teamleiter Betriebsberatung. Die Suva hat mir ihre Messgeräte zur Verfügung gestellt und mir so die interessanten Versuche überhaupt erst ermöglicht. Das gleiche gilt für das Swiss Health & Performance Lab, Bern. Den Probanden möchte ich für ihre gute Mithilfe danken, ohne die ich die Versuche nicht hätte durchführen können. Auch Florian Osswald möchte ich danken; er hat mich bei der Planung der statistischen Auswertung beraten. Ein grosses Dankeschön gebührt auch meinen Eltern und meiner Schwester, die mich, wenn es nötig war, je nach Situation in Ruhe gelassen oder unterstützt haben. Auch meiner Freundin möchte ich für ihre Mithilfe und Rücksichtnahme danken. Schliesslich möchte ich auch meinem Betreuer, Marcel Tobler, vielmals danken, für seine Unterstützung und das Vertrauen, das er mir geschenkt hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	4
2. Einleitung.....	5
2.1. Parkour.....	5
2.2. Das Landen	6
2.3. Hinweise aus andern Sportarten.....	7
3. Fragestellung.....	8
4. Grundlagen.....	9
4.1. Drops.....	9
4.2. Theorie Schall.....	10
4.3. Theorie Kraft.....	11
4.4. Schuhe	12
5. Versuche	14
5.1. Probanden.....	14
5.2. Messgeräte.....	15
5.2.1. Kraftmessung	15
5.2.2. Sprungmodul Suvaliv.....	15
5.2.3. Messplattform Quatro Jump.....	16
5.2.4. Schallmessung	18
5.2.5. Schallpegelmesser	18
5.3. Versuchsaufbau.....	19
5.3.1. Versuchsaufbau mit Sprungmodul Suvaliv.....	20
5.3.2. Versuchsaufbau mit Messplattform Quatro Jump	21
5.4. Durchführung.....	23
5.4.1. Versuch mit Sprungmodul Suvaliv	23
5.4.2. Versuch mit Messplattform Quatro Jump	23
5.5. Auswertung.....	24
5.6. Ergebnisse.....	25
5.6.1. Versuch mit Sprungmodul Suvaliv	25
5.6.2. Versuch mit Messplattform Quatro Jump	28
6. Schlussfolgerungen	31
7. Quellenverzeichnis	33
7.1. Literatur	33
7.2. Internet.....	33
8. Verzeichnis der Darstellungen	34
8.1. Abbildungen.....	34
8.2. Tabellen.....	34
9. Anhang.....	35
10. Bestätigung der Autorenschaft.....	40

1. Zusammenfassung

Seit einigen Jahren versuche ich Parkour nachhaltig zu trainieren. Nachhaltig bedeutet, dass ich auch nach mehrjährigem Training noch keine Schäden davontragen will; fürs Training bedeutet das, dass ich möglichst keine grossen Belastungen, die vor allem bei Sprüngen auftreten, eingehe. Belastung bedeutet in diesem Fall die Schädigung von Knochen und Gelenken, die teilweise irreversibel sein kann. Um möglichst belastungsarm zu trainieren, sollte man eine Faustregel beachten, die eine Rückmeldung über die Belastung der Sprünge gibt, und das Training aufgrund dieser Rückmeldung optimieren. Die Faustregel lautet wie folgt: ‚Leise Landungen sind belastungsarme Landungen, und laute Landungen bedeuten eine grössere Belastung‘. Trotz des Beachtens dieser Regel habe ich Probleme mit den Knien bekommen und ich habe mich gefragt, ob diese Regel wirklich stimmt. Deshalb habe ich dieses Thema als Thema für meine Maturaarbeit gewählt.

Die Faustregel besagt im Prinzip, dass Belastung und Schall zusammenhängen. Wenn das stimmen würde, so müssten Schallwerte und Belastungswerte positiv miteinander korrelieren. Theoretisch bedeutet das, dass die Energie, die während des Sprunges gesammelt wird, sich als Kraft auf den Boden auswirkt; die Kraft erschüttert den Boden, und wegen dieser Vibrationen funktioniert der Boden wie eine schwingende Membran, die einen Luftschall erzeugt. Je grösser die Kraft ist, die auf den Boden wirkt, umso lauter müsste gemäss der Faustregel der Schall sein, der vom Boden erzeugt wird.

Neben der grundsätzlichen Frage zum Zusammenhang zwischen Belastung und Schall interessierte mich auch, welchen Einfluss die Schuhe auf die Stärke der Belastung und die Lautstärke des Schalls haben.

Ich habe Versuche durchgeführt, um zu überprüfen, ob diese Faustregel stimmt. Für die Versuche habe ich eine Kraftmessplatte eingesetzt, mit der sich die Belastung messen lässt, und ich habe einen Schallpegelmesser eingesetzt, mit dem sich die Lautstärke der Landung messen lässt. Da ich Zugang zu zwei unterschiedlichen Kraftmessplatten erhalten hatte, habe ich zwei verschiedene Versuche durchgeführt. Für die Versuche hatte ich einen Sprung festgelegt, den die Probanden mehrere Male gesprungen sind. Es handelt sich dabei um einen beidbeinig abgesprungenen und beidbeinig gelandeten Drop in die Tiefe. Bei den Landungen wurden jeweils die Belastung und die Lautstärke gemessen. In verschiedenen Durchläufen wurden dann die Rahmenbedingungen verändert, zum Beispiel wurden die Schuhe gewechselt, oder die Schuhe wurden ausgezogen.

Die Versuche haben verschiedene Ergebnisse erbracht. Allgemein kann man sagen, dass die gemessenen Belastungs- und Schallwerte sehr gestreut vorliegen, wenn sie in einen Zusammenhang gebracht werden. Das macht das Erkennen von Gesetzmässigkeiten sehr schwierig. Bei der Frage, ob Schall im Zusammenhang mit der Belastung steht, kann man sagen, dass es eine Tendenz gibt, die auf diesen Zusammenhang hindeutet. Jedoch gibt es nur eine Tendenz, und die mathematische Auswertung ergibt nur eine geringe Korrelation.

Bei der Frage, welchen Einfluss die Schuhe haben, kann ich keine Antwort liefern. Aus den Ergebnissen ist klar ersichtlich, dass die Messwerte durch das Tragen von Schuhen noch mehr gestreut werden. Je nach Proband ergaben sich da verschiedene Tendenzen und Korrelationen, so dass man keine allgemein gültige Antwort geben kann.

2. Einleitung

Wie ich bereits im Vorwort geschrieben habe, war mir schon lange klar, dass meine Arbeit etwas mit Parkour zu tun haben soll. Deswegen beginne ich nun auch hier zuerst mit Erläuterungen zu Parkour.

2.1. Parkour

„Parkour ist die Kunst der effizienten Bewegung“ (www.parkourone.com/parkour, 5.08.10⁽¹⁾). Es geht darum, Hindernisse nur mit den Fähigkeiten des eigenen Körpers möglichst effizient zu überwinden. Der Traceur – also eine Person, die Parkour macht – springt über Geländer, an Mauern hoch und im Extremfall auch über Häuserschluchten und Dächer. Das Ganze hört sich riskant an, jedoch kann man Parkour auch sicher und nachhaltig trainieren. Damit man versteht, was Parkour ist, ist es hilfreich, etwas über die Entstehung von Parkour zu erfahren.

Anfangs des 20. Jahrhunderts entwickelte ein französischer Marineoffizier die „Méthode Naturelle“. Diese Methode soll dem Ausführenden das Flüchten erleichtern; sie beinhaltet Wandern, Rennen, Springen, Klettern, Heben, Werfen, Balancieren, Selbstverteidigung, Schwimmen und Bewegungen auf allen Vieren. Ähnliche Formen finden noch heute ihre Anwendung beim Militär, und auch Teile des Vitaparcours wurden von der „Méthode Naturelle“ abgeleitet.

Raymond Belle lernte diese „Méthode Naturelle“ als Kindersoldat im Vietnamkrieg. Er führte später seinen Sohn David in die „Méthode Naturelle“ ein und trainierte zusammen mit ihm in den Wäldern Nordfrankreichs. Später zogen sie in eine Vorstadt von Paris. David hatte in der Stadt nicht mehr die Möglichkeit, im Wald zu trainieren, und suchte sich eine andere Möglichkeit. Er begann, verschiedene Bewegungen ans urbane Gelände anzupassen, und entwickelte sie weiter. Was schliesslich entstand, nannte er Parkour, wobei das ‚k‘ in Parkour fürs harte Training an sich selbst steht.

Parkour ist grundsätzlich immer noch eine Fluchtmethode, deswegen ist Effizienz das Ziel. Effizienz im Sinne von Parkour heisst: Ziel ist es, sich schnell zu bewegen, aber nur so schnell, dass es auch sicher und kontrolliert ist. Effizient ist Parkour auch nur dann, wenn die Bewegungen nachhaltig sind, das heisst, wenn wegen der Bewegungen keine akuten Verletzungen und keine Langzeitschäden zu erwarten sind.

Oft verbindet man den Begriff Parkour fälschlicherweise auch mit akrobatischen Elementen; diese gehören jedoch nicht zu Parkour, weil akrobatische Elemente im Sinne von Parkour nicht effizient sind. Roger Widmer, einer der ersten Traceure in der Schweiz, hat mir das in einem Training wie folgt erklärt: „Wenn es brennt und man flüchten muss und dann noch Akrobatik macht, hat man nicht verstanden, dass es brennt.“ Zudem werden akrobatische Elemente oft nur gezeigt, um Aufsehen zu erregen und Anerkennung zu erhalten. Für den Traceur aber ist Bescheidenheit eine der wichtigsten Eigenschaften.

Damit die Sicherheit beim Ausführen von Parkour gewährleistet wird, sind verschiedene grundlegende Punkte zu beachten.

Erstens ist da die Konkurrenzfreiheit. Viele Unfälle im Sport geschehen durch Fremdeinwirkung oder Leistungsdruck im Wettbewerb mit andern. Parkour hingegen kennt

keinen Wettkampf. Der Traceur trainiert nur für sich oder zusammen mit andern Traceuren. Sie bilden eine Gemeinschaft, in der sie einander gegenseitig unterstützen und helfen. Aussenstehende fragen sich oft, wo denn der Reiz von Parkour sei, wenn es keinen Wettkampf gibt. Das Ziel von Parkour ist es, Hindernisse zu überwinden, und dieses Überwinden allein gibt auch ohne Konkurrenz bereits ein gutes Gefühl.

Zweitens wird die Sicherheit durch die Selbsteinschätzung beeinflusst. Ein Traceur muss seinen Körper sehr gut kennen lernen, auf dessen Signale achten und diese respektieren. Nur wenn er eine gute Selbsteinschätzung hat, merkt er, wenn er wegen Ermüdung einen Sprung nicht mehr schaffen wird, den er zuvor noch ohne Probleme springen konnte. Eine gute Selbsteinschätzung ist auch nötig, wenn sich jemand an einen Sprung herantastet, den er vorher noch nie gemacht hat. Der Körper gibt auch in diesem Fall wieder Signale von sich, auf die der Traceur eingehen muss. So kann etwa ein starkes Angstgefühl bedeuten, dass die Distanz, die er springen will, zu gross ist. Nur wenn sich der Traceur ganz sicher ist, dass er etwas schaffen kann, sollte er es auch versuchen.

Drittens wird die Sicherheit durch das nachhaltige Training erhöht. Um verletzungsfrei und ohne Langzeitschäden trainieren zu können, ist ein nachhaltiges Training sehr wichtig. Markus Luksch, ein Sportwissenschaftler und langjähriger Traceur, schreibt in seinem Buch: „Geduld und intensives Wiederholen sind essenziell wichtig, denn: ‚einmal geschafft ist noch nicht gekonnt‘. Es lohnt sich, kleine Schritte zu gehen und diese sicher zu beherrschen[...]“ (Luksch, Tracers Blackbook, 2009, S. 11) Er schreibt weiter, dass Knochen und Sehnen viel länger als die Muskulatur brauchen, um sich an Belastungen anzupassen. Deshalb könne es bei zu schneller Steigerung des Trainings zu Überlastungen kommen. Also ist es wichtig, dass man die Belastungen, die man auf sich nimmt, nur langsam steigert.

2.2 Das Landen

Bei Parkour ist es vor allem dann wichtig, kleine Schritte zu machen, wenn es um Drops, um Sprünge in die Tiefe geht. Erfahrene Traceure raten, in den ersten Trainingsjahren nicht aus grösseren Höhen als der eigenen Körpergrösse zu springen und möglichst immer eine Rolle an die Landung zu hängen. Die Rolle hat den Vorteil, dass sie die abwärts gerichtete Bewegung in eine horizontale Vorwärtsbewegung umleitet. Die Rolle selber benötigt aber selber ein gewisses Mass an Training und Erfahrung, weswegen vor allem Anfänger auf eine Rolle verzichten.

Luksch schreibt: „Beim kontrollierten Fallen, [...], gilt es, den Betrag des Impulses, der sich aus der Masse des Körpers und seiner Geschwindigkeit zusammensetzt, effizient zu amortisieren, um keinen Schaden zu nehmen. Diese Amortisation kann durch innere Kräfte wie Muskeln, Sehnen und Bänder erfolgen.“ (Luksch, Tracers Blackbook, 2009, S. 23)

Damit diese Amortisation möglichst gut trainiert wird, gibt es beim Parkour eine Faustregel, die besagt, dass leise Landungen belastungsarme Landungen sind. Deswegen sollten vor allem Anfänger, aber auch Fortgeschrittene auf die Lautstärke ihrer Landungen achten.

Luksch gibt dazu folgenden Tipp: „Auf die Lautstärke des Landens achten. In Verbindung mit dem eigenen Gefühl gibt diese in vielen Fällen eine aussagekräftige Rückmeldung über die Qualität der Landung.“ (Luksch, Tracers Blackbook, 2009, S. 79).

Auch im Internet gibt es viele Informationen, die auf die Bedeutung der Lautstärke der Landungen hinweisen. Oft sind es Aussagen von Traceuren, wie zum Beispiel in einem Beitrag über Parkour auf <http://cafeterra.de>: „Leise Landung. Leise ist gut, weil es bedeutet:

weiche Landung. Da muss man schon darauf achten.“(cafeterra.de, 14.08.10 ⁽²⁾) Ein weiteres Beispiel: „Je leiser die Landung, desto schonender für den Körper.“ (www.menshealth.de , 22.08.10 ⁽³⁾)

Ziel meiner Arbeit ist es, zu untersuchen, ob diese Faustregel wirklich Rückmeldungen gibt, die einigermaßen zuverlässig sind, und ob sich die Faustregel wirklich fürs Training eignet. Die Ergebnisse möchte ich dann ins Parkour-Training einbeziehen.

Um die Fragestellung zu beantworten, werde ich mich hauptsächlich auf eigene Versuche mit Schall- und Kraftmessung stützen - und weniger auf Literatur, da es keine oder kaum wissenschaftliche Literatur gibt, die sich im Zusammenhang mit Parkour genau mit diesem Thema auseinandersetzt.

2.3. Hinweise aus andern Sportarten

Ich habe keine Fachliteratur gefunden, die genau das Thema Schall und Belastung bei Parkour behandelt. Es gibt aber Literatur, die sich mit Sprüngen aus anderen Sportarten auseinandersetzt. Es gibt zum Beispiel beim Handball und beim Volleyball viele Sprünge, die grosse Belastungen für den Körper mit sich bringen und deswegen wissenschaftlich untersucht wurden. Unter anderem bin ich auf eine Dissertation gestossen, die sich mit den Belastungen der unteren Extremitäten im Handball und Volleyball befasst. Michael van Husen, der Verfasser dieser Dissertation aus dem Jahr 2005, fasst den Forschungsstand zusammen und führte eigene Versuche durch.

So schreibt van Husen, dass Untersuchungen von Landungen nach Volleyball-Blocksprüngen aus 35 cm bis 80 cm ergeben haben, dass bei Vorderfusslandungen Kräfte von 1000-2000 N auf den Fuss wirken. Beim anschliessenden Aufsetzen der Fersen sind Kräfte bis zu 6500 N aufgetreten, was etwa dem 7-fachen des Körpergewichtes des Probanden entsprach. (vgl. van Husen, Belastungen, 2005, S.15) Andere Untersuchungen haben ergeben, dass bei beidbeinigen Landungen nach Sprüngen aus 45 cm, Kräfte im Bereich von 1500 N auf den Vorderfuss und 3900 N auf die Ferse wirken. (vgl. van Husen, Belastungen, 2005, S.16)

Laut van Husen, belegen die Ergebnisse in der Literatur den klaren Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe und der maximalen Belastung. (vgl. van Husen, Belastungen, 2005, S.18) Im Parkour sind die Sprunghöhen oft um einiges höher als in den untersuchten Sportarten, weswegen man davon ausgehen kann, dass auch die Belastungen um einiges höher sind.

Van Husen kommt zum Schluss, dass es viele Faktoren gibt, die die Belastung verringern können. Wichtig sei, eine gute Landetechnik zu schulen. (vgl. van Husen, Belastungen, S. 131f) „Unbedingte Voraussetzung ist für die Schulung auch eine gut trainierte Muskulatur.“ (van Husen, Belastung, S. 132) Eine quantitativ und qualitativ gut arbeitende Muskulatur kann die Belastung um bis zu 50% verringern. (vgl. van Husen, Belastungen, S. 21)

3. Fragestellungen

Aufgrund der Faustregel, ‚Leise Landungen sind belastungsarme Landungen, und laute Landungen bedeuten eine grössere Belastung‘, stelle ich mir zu Beginn der Arbeit folgende Fragen:

- Sind leise Landungen belastungsärmer als laute Landungen?
- Sind die leisesten Landungen die belastungsärmsten Landungen?
- Wie beeinflussen die getragenen Schuhe die Lautstärke und die Belastung bei einer Landung?

Meine Thesen:

- Leise Landungen sind belastungsärmer als laute.
- Die leisesten Landungen sind nicht zwingend die belastungsärmsten.
- Die getragenen Schuhe beeinflussen sowohl die Lautstärke als auch die Belastung, letzteres allerdings nur gering.

4. Grundlagen

Damit man verstehen kann, was ich genau untersuchen werde, möchte ich hier noch auf ein paar Grundlagen eingehen. Ein Teil der Erklärungen befindet sich bereits in der Einleitung.

4.1 Drops

Damit ich meine Fragestellung bearbeiten kann, muss ich zuerst einen Sprung definieren, den ich für die Versuche anwenden werde.

Es gibt beim Parkour sehr viele verschiedene Arten, wie man einen so genannten Drop, also einen Sprung in die Tiefe, ausführen kann. Die Art ist zunächst von der Umgebung abhängig. Ein wichtiger Faktor ist dabei die Höhendifferenz, die man mit dem Drop überwinden will. Verschiedene Höhendifferenzen erfordern verschiedene Lösungen. Ist es nur eine geringe Höhe, so kann ich ohne Rolle landen; ist die Höhe aber gross, so ist eine anschliessende Rolle von Vorteil, oder ein Drop ist gar nicht möglich, und ich muss hinunter klettern.

Auch die Beschaffenheit des Absprungpunktes ist von grosser Bedeutung. Wenn ich Platz für einen Anlauf habe, so lohnt es sich unter Umständen, mit ein paar Schritten Anlauf zu nehmen, was dann aber meist eine Rolle nach der Landung erfordert. Ist der Absprungpunkt hingegen glitschig, oder es ist sehr eng und man hat keinen Platz für einen Anlauf, so lohnt es sich, nur aus dem Stand abzuspringen. Wenn man aus dem Stand abspringt, kann man entweder mit beiden Beinen gleichzeitig oder nur einbeinig abspringen. Einbeinig ist vorteilhaft, wenn man aus grosser Höhe abspringt. Beidbeinig ist von Vorteil, wenn man auch noch eine horizontale Distanz überwinden muss. Muss man im Sprung eine grosse horizontale Distanz überwinden, ist zudem von Vorteil, dass man den Sprung mit Anlauf springt. Wenn man in grosse Tiefe springt, ist es besser, aus der Hocke zuzuspringen, da so der Körperschwerpunkt bereits tiefer liegt und man somit aus einer geringeren Höhe springt.

Auch die Beschaffenheit des Landungsortes ist von grosser Bedeutung. Auf Rasen muss man weniger mit einer harten Landung rechnen als auf Beton; man kann deswegen eher auf eine Rolle verzichten. Wenn man nach der Landung stehen bleiben muss, weil es kaum Platz hat, ergibt das eine grössere Belastung, und man muss sich überlegen, ob man sich auch noch mit Armen und Händen abstützen kann.

Der Drop, den ich für die Versuche verwende, sieht wie folgt aus: Der Drop wird ohne Anlauf aus dem Stand beidbeinig gesprungen. Man geht nicht in die Hocke, damit der Sprung für alle Probanden möglichst gleich ist. Wenn man in die Hocke gehen würde, wäre der Absprung von Proband zu Proband sehr unterschiedlich. Die Landung erfolgt ebenfalls beidbeinig, und die Probanden dürfen sich nicht noch zusätzlich mit den Händen abstützen. Ein Grund für diese Wahl ist, dass dieser Drop nicht sehr viel Kraft benötigt und deswegen oft wiederholt werden kann.

Allgemein wichtig und für einen Traceur selbstverständlich ist, dass man bei der Landung zuerst mit dem Fussballen aufsetzt. So schreibt zum Beispiel Matthias Marquardt in seinem Buch „Natürlich Laufen“: „Die wesentlichen Vorteile des Vorfusslaufens [...] liegen in der besseren Absorption der Stossbelastungen [im Gegensatz zum Rückfusslaufen].“ (Marquardt, Natürlich Laufen, S. 31) Es handelt sich dabei um verschiedene Lauftechniken, zentral ist aber die Frage, ob man zuerst mit dem Fussballen oder der Ferse auftreten sollte.

4.2. Theorie Schall

Damit man die Bedeutung von leise und die Schallmessungen versteht, erkläre ich hier die Grundlagen des Schalls.

Leise bedeutet ein niedriges Schallereignis.

Schall ist die mechanische Schwingung elastischer Medien. Solche Schwingungen entstehen, wenn die Moleküle durch äussere Kraft aus ihrer Gleichgewichtslage heraus bewegt werden und dann aufgrund der Elastizitäts- und Trägheitskräfte um ihre Gleichgewichtslage hin und her pendeln. Schall ist an die Existenz von Materie gebunden, im Vakuum existiert kein Schall. (vgl. Veit, Technische Akustik, 1996, S. 25)

Das, was wir normalerweise unter Schall verstehen, ist Luftschall, es gibt aber auch Körper- und Flüssigkeitsschall. Ich werde mich jedoch auf die Erklärung von Luftschall beschränken.

„Luftschall entsteht durch Anregung von Schwankungen der Luftdichte, wobei Über- und Unterdruck entsteht, [...]“ (Veit, Technische Akustik, 1996, S. 25) Diesen Über- und Unterdruck nennt man Schalldruck oder Schalldruckpegel. (vgl. Veit, Technische Akustik, 1996, S. 29)

Der Luftschall pflanzt sich in Form von Längs- oder Longitudinalwellen fort, und zwar mit der für das Material grösstmöglichen Schallgeschwindigkeit. (vgl. Veit, Technische Akustik, 1996, S. 27) Eine Longitudinalwelle bedeutet, dass die Luft in Ausbreitungsrichtung zusammengestaucht und wieder gedehnt wird. Luftschall breitet sich in alle Richtungen gleichzeitig aus. (vgl. Veit, Technische Akustik, 1996, S. 27)

In untersuchten Fall entsteht der Schall durch das Auftreffen der Füsse auf dem Boden. Dabei werden der Boden und die Füsse durch die Bewegungsenergie, die beim Aufprall vernichtet wird, in Schwingung versetzt. Bei diesen Schwingungen handelt es sich um Körperschall, der danach sofort in die Luft abgestrahlt wird und sich dort als Luftschall weiterverbreitet.

Das Trommelfell dient uns Menschen als Sensor für Luftschall und leitet die Reize mechanisch ins Innenohr weiter, wo sie dann zu elektrischen Impulsen umgewandelt und ans Gehirn weitergeleitet werden.

Bei der Schallmessung werden diese Druckschwankungen ebenfalls gemessen und in analoge elektrische Spannungen umgewandelt. (vgl. www.wikipedia.org, 22.08.10⁽⁴⁾)

4.3. Theorie Kraft

Was ich bei meinen Versuchen messe, ist eigentlich Druck. Die Formel von Druck lautet: $Druck\ p = \frac{Normal\ stehende\ Kraft\ F}{Flächeninhalt\ A}$ oder kurz $p = \frac{\vec{F}\vec{1}}{A}$. Normal stehende Kraft bedeutet Kraft, die senkrecht auftritt. Bei meinem Versuch bleibt der Flächeninhalt immer gleich gross und entspricht der Grösse der Kraftmessplatte. Die einzige Variable ist die Kraft. Bei den Kraftmessplatten, die ich verwenden konnte, wurde jeweils nur die Kraft gemessen, die senkrecht auf die Kraftmessplatte auftritt. Jegliche Kraft in der Horizontalen wurde vernachlässigt. Dies ist in den durchgeführten Versuchen aber unproblematisch, da der Proband im Sprung kaum eine horizontale Distanz überwinden muss und deswegen auch nur mit einer kleinen horizontalen Kraft springt.

Da sich die Kraft im Feld der Erdanziehung befindet, handelt es sich um eine Gewichtskraft \vec{G} . Gewichtskraft bedeutet Masse mal Erdbeschleunigung: $\vec{G} = m \times \vec{g}$. Wenn wir stehen, entspricht das unserem Körpergewicht. Wenn wir springen respektive wenn wir uns im Flug befinden, wird unsere Masse mit der Erdbeschleunigung über längere Zeit beschleunigt, und unsere Gewichtskraft wird grösser. Wenn wir nun auf der Kraftmessplatte auftreffen, ist unsere Gewichtskraft die normal stehende Kraft, die durch unsere Muskulatur, Knochen und Gelenke absorbiert werden muss.

Beim Landen auf der Kraftmessplatte wird ein kleiner Teil der Kraft, der proportional zur Normalkraft ist, dazu verwendet, einen Sensor anzuregen, der daraus eine elektrische Spannung macht. Diese elektrische Spannung wird an den Computer weitergeleitet und dort angezeigt.

(vgl. www.wikipedia.org, Schlagworte: Druck, Kraft und Gewichtskraft, 22.08.10 ⁽⁵⁾)

4.4. Schuhe

Damit ich meine Arbeit etwas ausbauen konnte, habe ich nach weiteren Themen gesucht, die ich in der Arbeit behandeln kann. Ich bin sofort auf das Thema der Schuhe gestossen.

Oft wird, wenn es um Parkour geht, gesagt, dass man keine Hilfsmittel benötigt, ausser vielleicht ein paar gute Schuhe. Man kann ohne Probleme Parkour auch ohne Schuhe machen, dennoch tragen fast alle Traceure Schuhe und trainieren nur selten oder gar nicht ohne Schuhe. Bei mir war das auch der Fall, denn ich habe gemerkt, dass man ohne Schuhe viel mehr auf seine Technik und sanftes Training achten muss, da sonst die Füsse schnell schmerzen. Mich interessiert nun, wie sich die Schuhe auf die Belastungen auswirken, und ob man sich wirklich so sehr auf sie verlassen sollte. So ist auch meine dritte Fragestellung entstanden.

Für die Versuche haben wir vor allem Schuhe benutzt, die wir auch beim Trainieren benutzen. Grund für die Verwendung dieser Schuhe ist, dass sie Werte ergeben, wie sie beim gewöhnlichen Training auch vorkommen, und sich die Ergebnisse des Versuches aufs Training anwenden lassen.

Schuhe können ganz verschiedene Eigenschaften haben; auch wenn man sich nur auf den Bereich Sportschuhe begrenzt, gibt es immer noch sehr viele unterschiedliche Schuhe. Eigentlich kann man Parkour mit jedem Schuh machen, es gibt jedoch Schuhe, die speziell für Parkour entwickelt wurden oder sich beim Training sehr bewährt haben. Diese Schuhe zeichnen sich durch spezielle Merkmale aus. Einerseits ist da die Sohle, sie sollte eine möglichst gute Haftung haben, und das auch auf flachem Untergrund; deswegen haben diese Schuhe keine grossen Noppen. Die Schuhe sollten auch keine Spuren hinterlassen, weswegen es von grossem Vorteil ist, wenn die Sohle farblos ist. Die Schuhe sollten auch nicht zu fest gedämpft sein, damit man zum Beispiel beim Balancieren die Stange oder das Geländer unter den Füssen noch spüren kann. Parkour-Schuhe müssen auch sehr beweglich sein, damit man beim Klettern oder beim Balancieren die Kontrolle behalten kann. Mit beweglich ist eine Sohle gemeint, die nicht steif ist und keinen Hartplastik enthält; sie muss sich gut biegen lassen.

Viele gewöhnliche Schuhe haben seitlich eine verbreiterte Sohle, die die Bewegung des Fusses korrigiert und so Unfälle vermeiden soll. Diese Schuhe sind vor allem für den Sport in Hallen gedacht. Bei einem Parkour-Schuh ist diese verbreiterte Sohle aber nicht erwünscht, da man mit korrigierten Schuhen nicht auf die Kante stehen kann. Dies ist aber beim Parkour teilweise nötig, wenn man einer Fassade entlang klettern will. Schliesslich ist es auch wichtig, dass die Schuhe robust sind, denn Parkour-Training bewirkt wegen des rauen Untergrundes eine enorme Abnutzung für die Schuhe.

Die Schuhe, die ich für die Versuche verwende, unterscheiden sich beim Tragen meist deutlich voneinander, jedoch erfüllen sie alle etwa die oben genannten Bedingungen. Ich möchte feststellen, ob sie sich wirklich wesentlich von einander unterscheiden.



Abb. 1 Schuhe von links nach rechts: Adidas-Parkour-Schuh, Adidas-Superstar, Inov-8 weiss, Inov-8 schwarz, Nike Laufschuh, Adidas-Superstar, Inov-8 weiss, Inov-8 schwarz.

Die Schuhe Inov-8 Weiss und Schwarz sind sehr ähnlich und erfüllen die oben genannten Kriterien vollständig. Auch der Adidas-Parkour-Schuh ist ähnlich, hat jedoch keine farblose Sohle. Der Nike Laufschuh hat ebenfalls keine farblose Sohle und ist zusätzlich auch leicht korrigiert. Der Schuh Adidas-Superstar ist eigentlich kein Sportschuh und wird normalerweise nur im Alltag getragen. Er ist dennoch ein sehr beweglicher Schuh und nicht ungeeignet für Parkour.

Leider hat sich, nach dem ich die Versuche durchgeführt hatte, herausgestellt, dass die Schuhe von Inov-8 durch ein neues Produkt ersetzt wurden und nicht mehr produziert werden. Auch der Adidas-Parkour-Schuh wurde aus der Produktion gestrichen, jedoch ist für diesen Schuh kein Nachfolgeprodukt angekündigt worden.

5. Versuche

5.1. Probanden

Für die beiden Versuche konnte ich die Hilfe von verschiedenen Personen als Probanden beanspruchen. Auf Wunsch der Personen werde ich die Ergebnisse ohne Namensnennung präsentieren. Die Probanden werden deswegen nur mit einem Buchstaben bezeichnet.

Bei den Versuchen habe ich selber ebenfalls als Proband mitgewirkt. Ich bin mir bewusst, dass ich eigentlich nicht unbedingt selber mitmachen sollte, wenn ich danach auch auswerte, um emotionale Einflüsse zu verhindern. Doch durch meine Mitwirkung konnte ich mehr Daten sammeln und die Versuche breiter abstützen.

Für den Versuch in Eschenbach standen Proband A und Proband B zu Verfügung.

Beim Versuch in der Turnhalle im Gymnasium Hofwil waren neben Proband A und Proband B noch Proband C und Proband D anwesend. Am ersten Versuchstag in der Turnhalle war noch Probandin E anwesend, sie konnte leider aus zeitlichen Gründen den Versuch am zweiten Versuchstag nicht wiederholen. Dennoch schätze ich ihre Mithilfe sehr und habe ihre Daten auch ausgewertet.

Die Probanden A bis D sind alle etwa gleich alt (18-20 Jahre) und trainierten zum Zeitpunkt des Versuches seit etwa 2.5 bis 3 Jahren Parkour. Die Probandin E ist etwa gleich alt, trainierte zum Zeitpunkt der Versuche aber erst seit etwas mehr als einem Jahr Parkour

5.2. Messgeräte

5.2.1. Kraftmessung

Wirkt eine Kraft auf eine Fläche, so entsteht ein Druck. Für die Versuche habe ich zwei Messgeräte verwendet, die Druck messen und aufgrund von diesem Druck die Kraft errechnen, die auf sie wirkt.

Beide Messgeräte haben unter der Messvorrichtung einen Zwischenraum zwischen Gerät und Boden. Dieser Zwischenraum ermöglicht es dem Messgerät, durch den Aufprall, der bei einer Landung entsteht, zu schwingen. Der Zwischenraum bildet zusammen mit dem Messgerät wahrscheinlich einen Resonanzkörper, der den Schall noch zusätzlich verstärkt. Dies ist für meine Messungen aber kein Problem, da mich nicht interessiert, wie laut eine einzelne Landung ist. Mich interessiert viel mehr, wie die Lautstärke der Landungen mit den gemessenen Belastungen zusammenhängt. Es ist gut möglich, dass die beiden Geräte den Schall unterschiedlich beeinflussen.

5.2.2. Sprungmodul Suvaliv

Bei der ersten Kraftmessplatte handelt es sich um ein Sprungmodul, das von der Suva selber in Auftrag gegeben wurde. Es besteht aus einem Messgerät, das die Krafteinwirkung misst, und einem Computer, der die Daten verarbeitet und auf dem Bildschirm präsentiert. Das Sprungmodul wird normalerweise nicht für wissenschaftliche Untersuchungen verwendet; es hat auch keine Schnittstelle, über welche die Daten übertragen werden können.

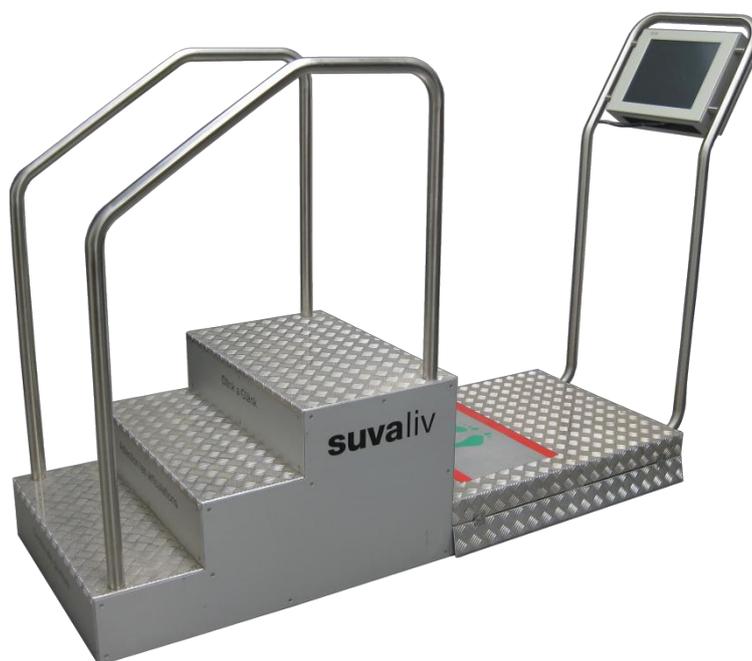


Abb. 2 Sprungmodul Suvaliv

Die Sprunghöhe beträgt 40 cm und kann nicht verändert werden. Bei einem Sprung auf die Messplatte wird die maximal auftretende Kraft in Kilogramm angezeigt und ein Faktor zum eigenen Körpergewicht gebildet, der ebenfalls angezeigt wird. Es ist deswegen wichtig, dass man nach dem Sprung auf der Platte stehen bleibt, damit neben dem Kraftmaximum auch das Körpergewicht in ruhigem Zustand gemessen werden kann.

Es liegen keine weiteren technischen Daten wie zum Beispiel zur Messempfindlichkeit oder zum Messbereich vor.

5.2.3. Messplattform Quatro Jump

Bei der zweiten Kraftmessplatte handelt es sich um **Quatro Jump, Typ 9290AD**, eine Messplattform des Herstellers Kistler, die ich beim Swiss Health & Performance Lab, Bern, ausleihen konnte.



Abb. 3 Messplattform Quatro Jump

Die Messplattform Quatro Jump wird eigentlich verwendet, um objektive Messungen der Sprungkraft, Sprunghöhe und Leistung von Sportlern zu machen. (vgl. www.kistler.com, Download Datenblatt, 24.06.10⁽⁶⁾) Die

mitgelieferte Software kennt verschiedene Varianten von Sprüngen, die sich testen lassen. Jedoch springt man bei diesen Sprüngen immer von der Messplattform ab und landet auch wieder auf dieser. Glücklicherweise lässt sich das Programm auch so verwenden, dass es jegliche Krafteinwirkung misst, ohne den Absprung als Startpunkt der Messung zu nehmen. Die Messung muss einfach manuell über den angeschlossenen Computer gestartet werden. Aufgrund dieses variierenden Startpunktes variiert auch der Zeitpunkt des Auftreffens auf der Messplattform, wie in der Abbildung 4 ersichtlich ist.

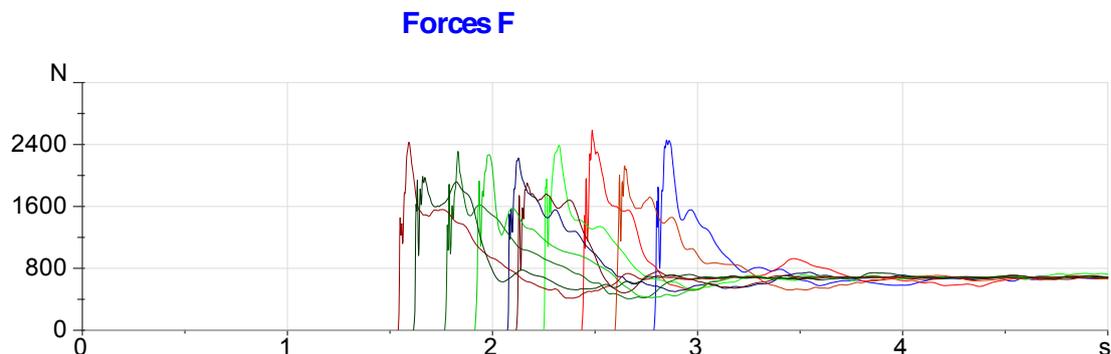
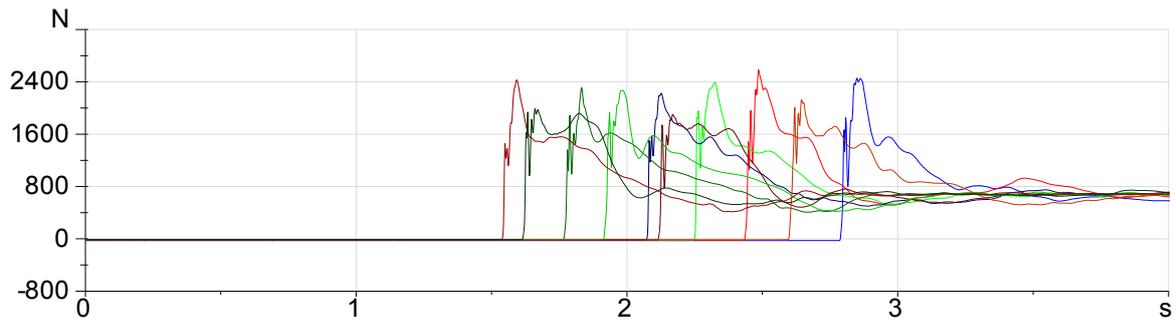


Abb. 4 Diagramm der Quatro Jump Software. Messdaten eines Durchlaufs

Vom Prinzip her ist die Messplattform eine Hightech-Waage. Sie misst die auftretende Kraft und sendet die Werte an die Quatro Jump Software auf dem angeschlossenen Computer. Die Software kann die Messwerte in verschiedenen Masseinheiten anzeigen. Ich habe mich für die Masseinheit Newton entschieden.

In dem Modus, den ich verwendet habe, zeichnet die Software die Kraftwerte auf einer Zeitachse in eine Grafik ein. Einzelne Messungen können in der Software gelöscht oder deaktiviert werden, damit sie in der Grafik nicht mehr angezeigt werden. Gleichzeitig zeichnet die Software auch noch eine Grafik, in der die Kraft pro Sekunde auf eine Zeitachse eingezeichnet wird. Siehe Abbildung 5.

Forces F



Gradient dF/dt

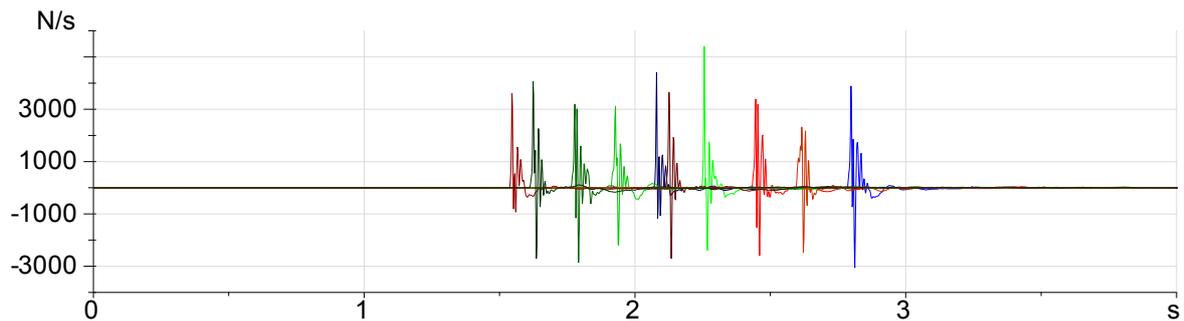


Abb. 5 Diagramm der Quattro Jump Software. Messungen im Diagramm Kraft auf Zeit und Kraft pro Zeit auf Zeit.

Man kann die Daten jeder einzelnen Messung kopieren und sie z. B. in eine Excel-Datei eintragen, um sie zu bearbeiten oder weiterzuverwenden.

Der Messbereich der Messplattform reicht von 0 bis 10 Kilonewton.

Abmessungen

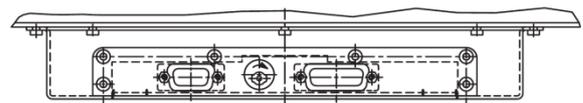
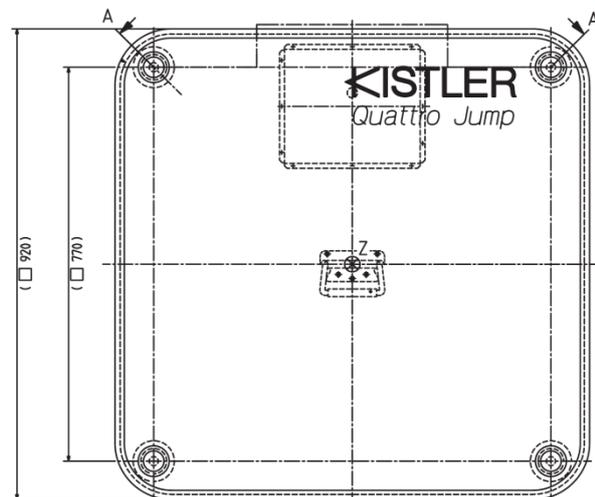
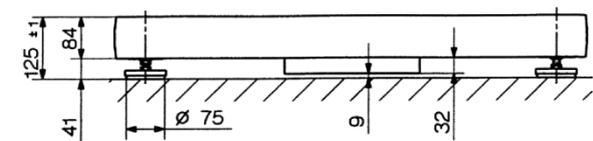


Abb. 6 Abmessungen der Messplattform Quattro Jump

5.2.4. Schallmessung

Ein Schallpegelmessgerät ist ein Messgerät, das Druck misst. In diesem Fall ist es aber der Schalldruck, der gemessen wird. Der Schalldruck wird über einen Sensor wahrgenommen, der eine elektrische Spannung erzeugt, die proportional zum Schalldruck ist. Die elektrische Spannung wird verarbeitet und dann angezeigt.

Das menschliche Gehör funktioniert nicht linear, das heißt, es nimmt gleichstarke Schallereignisse bei verschiedenen Frequenzen verschieden laut wahr. Um das bei der Schalldruckpegelmessung zu berücksichtigen, wird der Schalldruckpegel aufgrund der Frequenz bewertet und korrigiert. Üblicherweise verwendet man dazu eine A-Bewertung. Die A-Bewertung entspricht unserem Gehör bei einem Lautstärkepegel von ca. 40 Dezibel. Die Bewertung wird mit einem A nach der Einheit angegeben, zum Beispiel dB (A). Die Messungen, die ich für den eigenen Versuch gemacht habe, sind A-bewertet. (vgl. www.wikipedia.org, 15.08.10⁽⁷⁾)

Mich hat besonders der maximal auftretende Schalldruckpegel interessiert. Man muss aber beachten, dass es sich bei meinen Messungen um den Maximalpegel Fast handelt. ‚Fast‘ steht für eine Zeitbewertung. Diese wird verwendet, weil es bei Schallpegelmessungen oft sehr hohe Maximalwerte gibt, diese Maximalwerte treten aber so kurz auf, dass wir sie gar nicht wahrnehmen können. Damit wir Schallereignisse wahrnehmen, müssen sie über eine längere Dauer auftreten. Die Fast Zeitbewertung simuliert diese Empfindlichkeit bei einem Messgerät. Der Maximalpegel Fast ist somit ein Mittelwert des Schallpegels über eine Dauer von 125 Millisekunden.

(vgl. Hohmann, Lips, Waldmann, Bereich Physik, Gehörgefährdender Lärm am Arbeitsplatz, s.42)

5.2.5 Schallpegelmesser

Beim Schallpegelmesser handelt es sich um das **Sound Level Meter NL-27** des Herstellers RION.

Den Schallpegelmesser konnte ich bei der Suva ausleihen. Sie verwendet ihn, um den Schallpegel an Arbeitsplätzen zu ermitteln. Das Gerät ist in der Lage, mehrere Werte gleichzeitig zu erfassen. Bei meinen Versuchen habe ich jeweils den A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel (LA_{eq}), den A-bewerteten Schallexpositionspegel (LA_E), und den A-bewerteten Maximalpegel Fast (LA_{Fmax}) gemessen.

Die Empfindlichkeit des Schallpegelmessers beträgt 1 V/Pa, das bedeutet bei einem Pegel von über 33dB eine Genauigkeit von ca. ± 3 dB.

Der Schallpegelmesser muss vor der Verwendung kalibriert werden. Nach der Kalibrierung darf der Schallpegelmesser nicht mehr zu stark erschüttert werden, sonst wird eine erneute Kalibrierung nötig.



Abb. 7 Schallpegelmesser: Sound Level Meter NL-27°

5.3. Versuchsaufbau

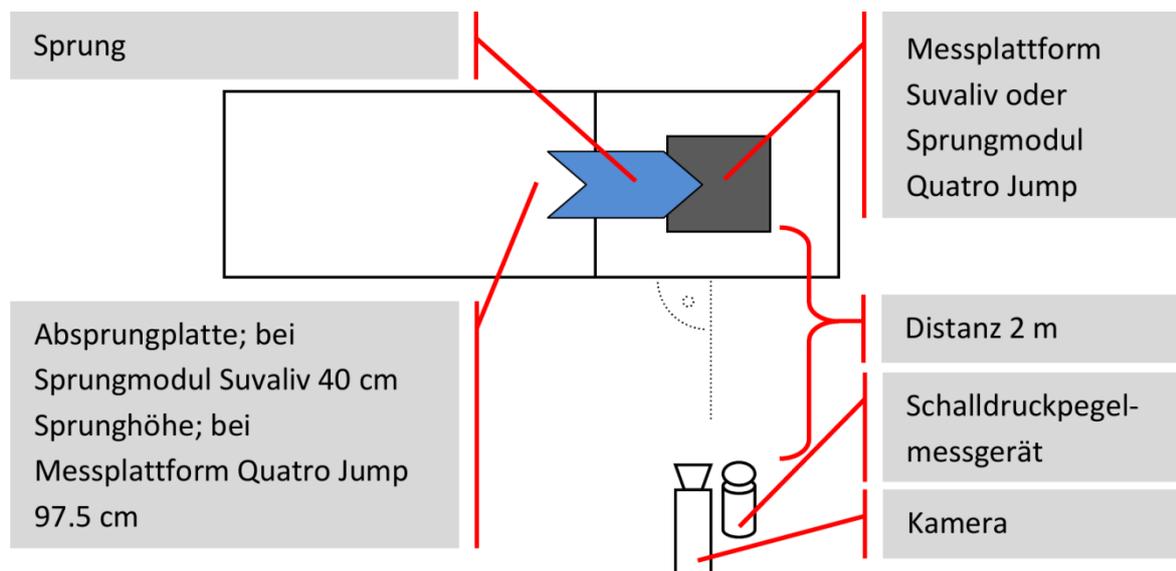


Abb. 8 Schema des Versuchsaufbaus

Eine Person bedient die Messgeräte und schreibt die Daten auf, die andere Person ist Proband und führt die Sprünge durch. Der Proband führt jeweils zehn Sprünge aus, danach wechselt der Proband, um eine Verfälschung der Messungen durch Ermüdung auszuschliessen.

Zu Beginn werden von allen Probanden zuerst zehn Sprünge ohne Schuhe, also barfuss durchgeführt. Diese Sprünge dienen unter anderem als Referenz zu den Sprüngen mit verschiedenen Schuhen.

Um die Sprünge vergleichbar zu machen, müssen die Probanden versuchen, jeden Sprung möglichst gleich zu springen. Für den Absprung steht der Proband an die Kante des Podests oder des Schwedenkastens, so dass die Zehen leicht über die Kante hinaus ragen und die Kante am Fussballen zu spüren ist. So stellt sich ein Traceur üblicherweise hin, wenn er beidbeinig abspringen will. Der Absprung geschieht beidbeinig, der Proband muss darauf achten, dass er nicht zu fest in die Knie geht und den Kniewinkel bei jedem Sprung etwa gleich hält. Der Proband muss versuchen, immer den gleichen Punkt anzuspringen, damit die Sprünge vergleichbar sind; kleine Abweichungen sind aber leider nicht zu vermeiden. Die Landung geschieht auch wieder beidbeinig. Wie der Proband die Landung gestaltet, ist ihm überlassen. Vorgegeben ist nur, dass es eine möglichst sanfte und leise Landung ist, dass der Proband die Hände nicht für die Landung mitbenützt respektive die Platte mit den Händen nicht berührt und dass er nach der Landung stehen bleibt und das Gleichgewicht hält. Federt er zusätzlich mit den Händen ab oder verliert er die Balance, so ist der Sprung ungültig.

Ebenfalls zu Beginn und auch nach ein paar Durchläufen wird der Grundschallpegel am Versuchsort gemessen. Dieser muss um einiges tiefer sein als die leisesten Sprünge, damit keine Verfälschung der Messdaten möglich ist. Tritt ein unerwartetes Schallereignis während einer Messung auf, wie zum Beispiel das Öffnen oder Schliessen einer Tür oder das Vorbeifliegen eines Flugzeugs, so ist diese ungültig.

Eine Kamera läuft während der ganzen Versuchszeit, sie nimmt neben dem Bild auch den Ton auf. Die Aufnahmen dienen als Protokoll der Messungen, und bei der Auswertung der Daten lassen sich so Unklarheiten klären.

Bei Schallmessungen beträgt die Distanz von Schallpegelmessers zur Schallquelle üblicherweise 1 m, oder der Schallpegelmessers nimmt die Position der Ohren ein. Die Position der Ohren macht für meinen Versuch aber keinen Sinn, da sich die Position der Ohren aufgrund der Bewegung verändert und ich keine Gefährdung des Gehörs ermitteln will. Die 1m Distanz ist ebenfalls ungeeignet, weil eine kleine Veränderung des Landungsortes um wenige Zentimeter bereits eine prozentual grosse Veränderung der Distanz zum Schallpegelmessers bedeutet. Bei einer Distanz von 2m lassen sich diese Abweichungen bereits halbieren, und das Schallereignis ist immer noch gut messbar.

Jeder einzelne Sprung erhält einen Code. Der Code besteht aus drei Zahlen, die durch einen Punkt voneinander getrennt sind. Zum Beispiel 1.1.1. Die erste Zahl steht für den Probanden, die zweite für den Durchlauf und die dritte für die Nummer des Sprungs. Die Codes von fehlgeschlagenen Sprüngen werden auch aufgeschrieben und nicht für die nächsten Sprünge verwendet.

Aufgrund der zwei verschiedenen Kraftmessplatten ergeben sich zwei verschiedene Versuchsanordnungen. Die beiden Versuchsanordnungen sind aber sehr ähnlich, damit sie vergleichbar bleiben.

5.3.1. Versuchsaufbau mit Sprungmodul Suvaliv

Grundlegend beim Aufbau des Versuchs mit dem Sprungmodul Suvaliv sind die gegebenen Masse des Sprungmoduls. Die Höhe des Absprungs beträgt 40 cm. Die horizontale Sprungdistanz beträgt 20 cm.

Bei diesem Sprungmodul muss der Proband die Messwerte des Sprungmoduls selber ablesen und dem Versuchsleiter mitteilen; wichtig ist zudem, dass der Proband die Messplatte nicht zu schnell verlässt, sonst gehen die Daten verloren, und die Messung wird ungültig.

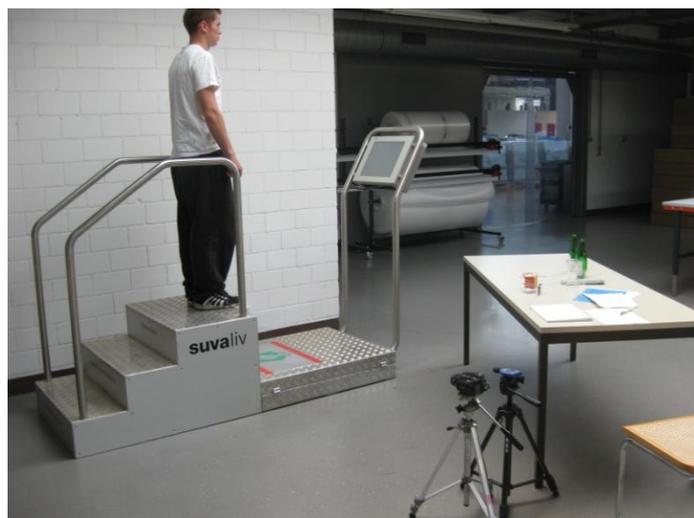


Abb. 9 Versuchsaufbau mit Sprungmodul Suvaliv in Eschenbach

Der Schallpegelmessers ist in einer Distanz von 2 m rechtwinklig zur Sprungrichtung aufgestellt. Es befindet sich in einer Höhe von 60 cm. Die Höhe spielt meiner Meinung nach aber keine grosse Rolle, da der Schallpegelmessers den Schall richtungsunabhängig messen kann.

Die Kamera steht ebenfalls in einer Distanz von 2 m rechtwinklig zur Sprungrichtung. Die Distanz ist aber nicht massgebend, sondern wichtig ist nur, dass sowohl Absprungpunkt und Landung im Bild sind.

Die Messdaten werden handschriftlich in eine vorbereitete Tabelle eingetragen und laut vorgelesen, damit sie auch auf den Filmaufnahmen zu hören sind. Beispiel der Tabelle:

Versuchs-Nr.	Schall.-Nr.	Messdauer	LA _{eg}	LA _{Fmax}	LA _E	Kilogramm	Faktor
1.1.1	1	5	51.5	59.2	58.5	220	2.8
1.1.2	2	5	52.5	62.0	59.5	218	2.8

Tab. 1 Beispiel der Tabelle für den Versuch mit dem Sprungmodul Suvaliv

Als letzten Durchlauf des Versuches führen die Probanden erneut zehn Sprünge ohne Schuhe durch, damit festgestellt werden kann, ob im Vergleich zum ersten Durchlauf eine Ermüdung aufgetreten ist und wie gross diese ist.

5.3.2. Versuchsaufbau mit Messplattform Quatro Jump

Der Aufbau dieses Versuchs gestaltet sich ein bisschen schwieriger, da es mehrere variable Grössen gibt. Im Mittelpunkt steht die Messplattform Quatro Jump. Ein Schwedenkasten bildet die Absprungplattform.

Ich habe in der Mitte der Messplattform den Punkt bestimmt, bei dem die grossen Zehen nach der Landung ungefähr sein sollten. Alle weiteren Distanzen gehen von diesem Punkt aus. Mir ist bewusst, dass die Füsse respektive die Zehen nicht nach jeder Landung genau an diesem Punkt sein werden, er soll jedoch als Anhaltspunkt dienen.



Abb. 10 Versuchsaufbau mit der Messplattform Quatro Jump in der Turnhalle des Gymnasiums Hofwil

Die Höhe des 5-teiligen Schwedenkastens (Sprungkastens) beträgt 110 cm. Dies ergibt abzüglich der Höhe der Messplattform (12.5 cm) eine Sprungtiefe von 97.5cm. Die horizontal zu springende Distanz beträgt 80cm und ist willkürlich gewählt. Durch diese Distanz wird es zwar auch eine waagerechte Krafteinwirkung auf die Messplattform geben, die von dieser nicht gemessen wird. Doch die 80 cm entsprechen etwa der Distanz, die man beim Parkour-Training ungefähr springen würde, um die Landung möglichst angenehm zu gestalten. Die horizontale Krafteinwirkung beträgt nur ein Bruchteil der senkrechten Krafteinwirkung und kann deswegen vernachlässigt werden. Aufgrund dieser horizontalen Krafteinwirkung wurde es aber auch nötig, dass wir die Messplattform stabilisieren, damit sie nicht nach jeder Landung verschoben wird.

Der Schallpegelmesser steht in 2 m Distanz rechtwinklig zur Sprungrichtung. Die Höhe beträgt 55.25 cm. Sie ist durch das Stativ vorgegeben und kann nicht weiter verringert werden. Das spielt meiner Meinung nach keine grosse Rolle, da der Schallpegelmesser den Schall richtungsunabhängig messen kann.

Die Kamera steht etwas schräg hinter dem Schallpegelmesser (siehe Abbildung 10) und befindet sich in einer Höhe von 78 cm. Zusätzlich wurde die Kamera mit einem Weitwinkelobjektiv versehen, damit Absprungkante und Messplattform im Bild sind.

Die Messdaten werden handschriftlich in eine vorbereitete Tabelle eingetragen und laut vorgelesen, damit sie auch auf den Filmaufnahmen zu hören sind. Beispiel der Tabelle:

Versuchs-Nr.	Schall.-Nr.	Messdauer	LA_{eq}	LAF_{Max}	LA_E	Nummer in Software
3.1.1	5	13	40.5	58.0	51.7	6
3.1.2	6	7	44.5	59.6	53.2	7
...						

Tab. 2 Beispiel der Tabelle für den Versuch mit der Messplattform Quatro Jump

5.4. Durchführung

Weil ich Zugang zu zwei verschiedenen Kraftmessplatten erhalten hatte, habe ich zwei verschiedene Versuche gemacht. Dies gibt mir die Möglichkeit, die Ergebnisse der beiden Versuche zu vergleichen und Fehlerquellen zu erkennen. Beide Versuche haben das Ziel, die Fragestellung zu beantworten.

5.4.1. Versuch mit Sprungmodul Suvaliv

Der Versuch mit dem Sprungmodul Suvaliv fand am Morgen des 22.06.10 in Eschenbach LU statt. Wir konnten den Versuch in einem Gebäude der ExpoMedia AG, die das Sprungmodul für die Suva lagert, durchführen. Einerseits war das ein Glücksfall, da ich mir so die Transportkosten für das Sprungmodul sparen konnte; andererseits wurde der Versuch zwischendurch gestört, da in diesem Gebäude noch andere Leute an der Arbeit waren.

Neben mir war noch ein weiterer Proband dabei, der sowohl selber gesprungen ist als auch Daten von meinen Sprüngen erfasst hat. Da wir nur zwei Probanden waren, konnten wir mehrere Schuhe testen. Insgesamt haben wir zwölf Durchläufe durchgeführt. Jeder Durchlauf sollte mindestens zehn Sprünge umfassen, teilweise waren es auch ein paar mehr. Pro Durchlauf brauchten wir ungefähr zehn bis fünfzehn Minuten Zeit.

Der Versuch verlief nicht ganz störungsfrei. So begannen zum Beispiel die Oberlichter, die aus Plexiglas waren, Knackgeräusche von sich zu geben, als sie von der Sonne erhitzt wurden, und wir mussten den Test unterbrechen. Von Zeit zu Zeit wurde auch eine Türe geöffnet, oder jemand begann zu sprechen, und die Messungen wurden aufgrund von verfälschten Schallmessungen ungültig. Für Unterbrechungen sorgte teilweise auch der nahegelegene Militärflugplatz.

5.4.2. Versuche mit der Messplattform Quatro Jump

Den Versuch mit der Messplattform Quatro Jump habe ich zweimal durchgeführt, damit die Ergebnisse nicht von einer einzigen Tagesform geprägt werden konnten. Die Versuche startete ich am 23.06.10 und am 24.06.10 ungefähr zur gleichen Tageszeit in der Turnhalle des Gymnasiums Hofwil. Anwesend waren die Probanden A, B, C, D, und zusätzlich war am ersten Tag Probandin E anwesend. Die grössere Zahl an Probanden hatte zur Folge, dass wir aus Zeitgründen weniger Durchläufe pro Person durchführen konnten.

Wir führten wieder Durchläufe mit jeweils zehn gültigen Sprüngen durch. Pro Durchlauf benötigten wir jetzt aber weniger Zeit, da wir Aufgaben, wie zum Beispiel Messdaten aufschreiben und Schallpegelmesser bedienen, aufteilen konnten und die Daten der Kraftmessplatte von Anfang an automatisch im Computer gespeichert wurden. Insgesamt konnten wir 22 Durchläufe mit jeweils zehn Sprüngen durchführen und aufzeichnen.

Auch hier verlief der Versuch nicht ganz störungsfrei, da eine Schulklasse die Toiletten und die Garderoben bei der Turnhalle beanspruchte und gelegentlich mit Lärm für ein paar ungültige Messungen sorgte. Jedoch waren es weit weniger Störungen als beim ersten Versuch in Eschenbach.

5.5. Auswertung

Ein Teil der Messdaten wurden handschriftlich erfasst und erst anschliessend auf den Computer übertragen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um die Messdaten des Schallpegelmessers, da dieser über keine Schnittstelle verfügt, über welche die Daten direkt auf den Computer übertragen werden können. Die Daten bleiben aber auf dem Schallpegelmesser gespeichert und können auf dem Display abgelesen werden. Nach dem Abtippen der handschriftlichen Daten in eine Computerdatei habe ich diese Daten zur Kontrolle mit den Daten auf dem Schallpegelmesser abgeglichen.

Ich habe zwar jeden Sprung gefilmt, jedoch würde es enorm viel Zeit beanspruchen, jeden Sprung auch noch auf Video zu analysieren. Zu dem müsste man sich vorher genau überlegen, welche Kriterien bei der Videoanalyse eine Rolle spielen und wie diese Kriterien bewertet werden können. Deswegen dienen mir die Video-Aufnahmen lediglich als Protokoll meiner Versuche; sie werden nicht in die Auswertung einbezogen.

Um den Zusammenhang zwischen Schallwerten und Kraftwerten zu untersuchen, bietet sich die Korrelation an. „Die Korrelation beschreibt die Beziehung zwischen zwei oder mehreren statistischen Variablen.“ (www.wikipedia.org, 13.08.10⁽⁸⁾) Ist eine Korrelation vorhanden, bedeutet das aber nicht gleich, dass ein kausaler Zusammenhang besteht. Eine Korrelation bedeutet nur, dass ein direkter oder indirekter Zusammenhang der beiden Werte bestehen könnte.

Es gibt negative und positive Korrelationen. Eine negative Korrelation bedeutet, dass ein hoher X-Wert einen niedrigen Y-Wert mit sich bringt. Eine positive Korrelation bedeutet, dass ein hoher X-Wert einem hohen Y-Wert entspricht. Bei meiner Fragestellung müsste meiner These nach eine positive Korrelation bestehen. Dies wäre gegeben, wenn grosse Kraftwerte grosse Schallwerte mit sich bringen.

Wie gut zwei Variablen miteinander korrelieren, wird durch den Korrelationskoeffizienten angegeben. Der Korrelationskoeffizient kann einen Wert zwischen 1 und -1 haben. Je näher der Wert bei 1 liegt, umso mehr besteht eine positive Korrelation. Geht der Wert gegen -1, so besteht eine negative Korrelation. Wenn der Wert nahe bei 0 liegt, so besteht nur eine schwache bis gar keine Korrelation, und ein direkter kausaler Zusammenhang ist unwahrscheinlich.

Ich habe für jeden Durchlauf den Korrelationskoeffizienten berechnet. Zusätzlich habe ich den Mittelwert für die Schallwerte und die Kraftwerte gebildet. Der Korrelationskoeffizient dient dabei hauptsächlich zum Beantworten der Fragestellung. Mit den Mittelwerten kann man die Durchläufe respektive die Daten der verschiedenen Probanden vergleichen und so besser nach Gesetzmässigkeiten suchen. Zusätzlich dienen die Mittelwerte zum Beantworten der Fragestellung, ob und wie die Schuhe die Messungen beeinflussen.

Für die Ergebnistabellen konnte ich bei verschiedenen gemessenen Daten Mittelwerte bilden. Bei der Korrelation ist es nicht sinnvoll, den Mittelwert der Korrelationskoeffizienten zu bilden. Vielmehr muss man den Korrelationskoeffizienten aus allen Datensätzen, die man mitteln will, berechnen.

5.6. Ergebnisse

Beim Auswerten der Daten habe ich festgestellt, dass die beiden Versuche aufgrund verschiedener Gegebenheiten nicht gut miteinander vergleichbar sind. Deswegen muss ich auch die Ergebnisse der beiden Versuche einzeln darstellen; ich kann sie erst anschliessend zusammen diskutieren.

Die Ergebnisse lassen sich am besten darstellen, indem man für jeden Durchlauf den Mittelwert der Schall- und der Belastungswerte berechnet und den Korrelationskoeffizienten für jeden Durchlauf feststellt. Diese Ergebnisse präsentiere ich in einer Tabelle. Gleichzeitig kann man ein Diagramm zeichnen, in dem die Messwerte jedes Sprunges abgebildet sind. Damit man die Streuung der Messwerte besser sieht, habe ich zusätzlich ein Diagramm abgebildet, auf dem nur der Bereich der Skala sichtbar ist, in dem sich die Messwerte befinden.

Die maximale Lautstärke ist in den Tabellen mit LA_{Fmax} abgekürzt.

5.6.1. Versuch mit Sprungmodul Suvaliv

Die Ergebnisse des 1. Versuchs mit dem Sprungmodul Suvaliv in Eschenbach sehen wie folgt aus:

	LA_{Fmax} in dB	Kraftspitze in kg	Korrelationskoeffizient
Durchschnittswerte Gesamt	62.31	170.18	-0.18
Durchschnittswerte Proband A	61.16	178.89	0.13
Durchschnittswerte Proband B	63.51	161.17	-0.19

Tab. 3 Ergebnisse des Versuchs mit dem Sprungmodul Suvaliv in Eschenbach

Diese Ergebnisse sind entstanden, indem ich den Mittelwert respektive die Korrelation über alle Durchläufe errechnet habe, unabhängig davon, ob wir Schuhe getragen haben oder die Sprünge barfuss absolviert haben. Die Korrelationskoeffizienten sind sehr niedrig oder sogar negativ, dass heisst, es deutet nichts auf eine positive Korrelation zwischen Lautstärke und Belastung hin.

Damit man nach Zusammenhängen suchen kann, muss man die Durchläufe mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen einzeln darstellen. Am einfachsten lässt sich dies mit einem Diagramm machen.

Messdaten (Versuch mit Sprungmodul Suvaliv)

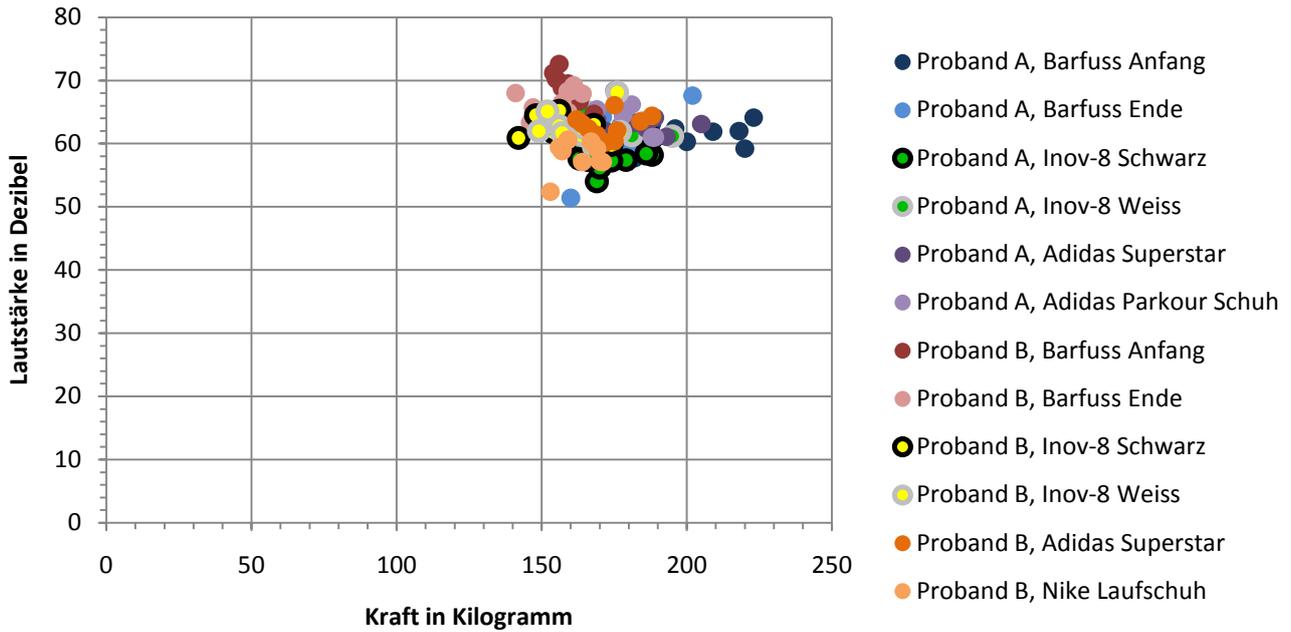


Abb. 11 Diagramm mit den Messdaten der Einzelnen Sprünge des Versuches mit dem Sprungmodul Suvaliv.

Messdaten (Versuch mit Sprungmodul Suvaliv)

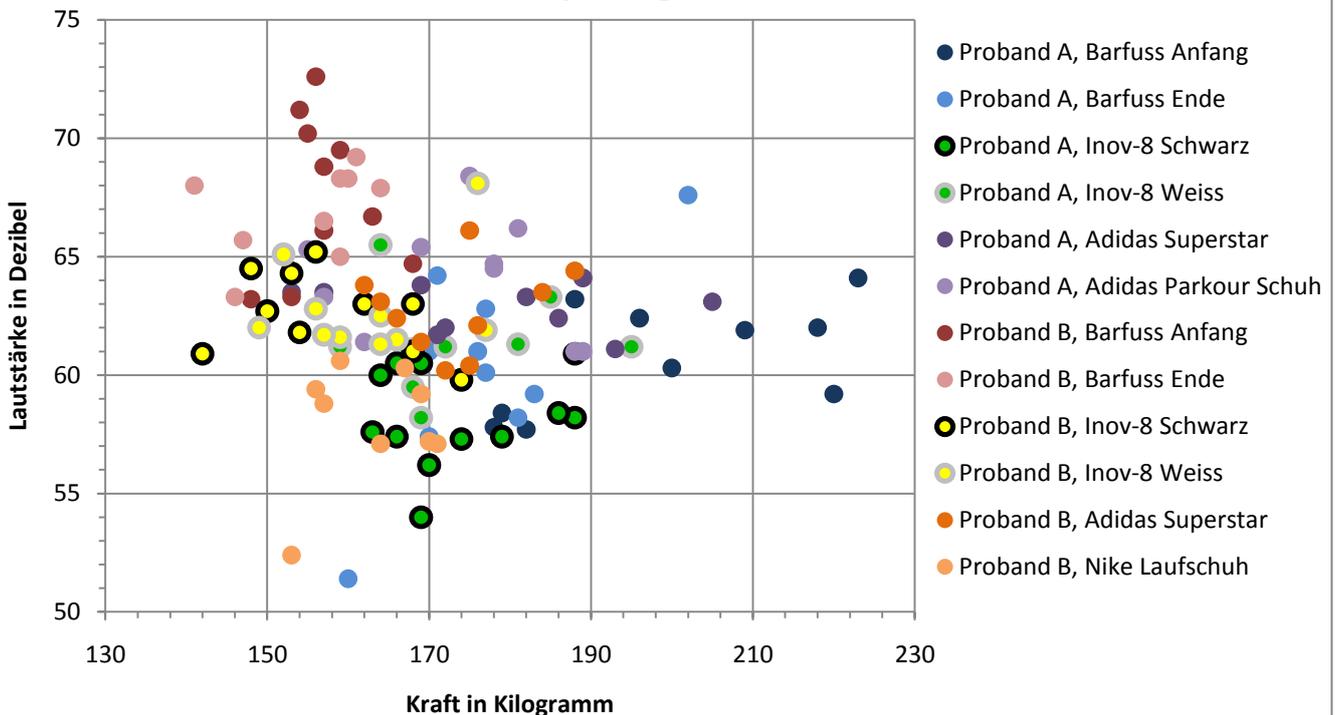


Abb. 12 Diagramm mit den Messdaten der Einzelnen Sprünge des Versuches mit dem Sprungmodul Suvaliv. Die Skala ist auf den Bereich der Messdaten beschränkt.

Die Diagramme zeigen, dass sich die Messwerte der einzelnen Sprünge in einem bestimmten Bereich befinden und eine Tendenz zeigen, jedoch kann man anhand eines Diagramms die Fragestellung nicht mathematisch klären, deswegen muss man auch Mittelwerte und Korrelationskoeffiziente für jeden Durchlauf ausrechnen.

Durchlauf	Proband A			Proband B		
	LA _{Fmax} in dB	Kraftspitze in N	Korrelations- koeffizient	LA _{Fmax} in dB	Kraftspitze in N	Korrelations- koeffizient
Barfuss Versuchsbeginn	60.7	199.3	0.58	67.63	157	0.01
Barfuss Versuchsende	60.29	176.7	0.72	66.65	154.7	0.43
Barfuss beide Durchläufe*	60.5	188	0.48	67.14	155.85	0.21
Inov-8 schwarz	58.2	173.5	0.14	62.62	157.5	-0.36
Inov-8 weiss	61.39	173.44	0.04	62.85	162	0.27
Adidas Superstar	62.85	177.7	-0.23	62.74	173.1	0.21
Adidas Parkour Schuh	64.12	173.2	-0.19			
Nike Laufsuh				58.01	162.89	0.25

Tab. 4 Ergebnisse der einzelnen Durchläufe des Versuchs mit dem Sprungmodul Suvaliv. *Mittelwerte der beiden Barfuss Durchläufe und Korrelationskoeffizient über alle Barfussmesswerte.

Mit den Daten in der Tabelle 4 kann ich versuchen, die Fragestellung zu beantworten.

Beachtet man nur die Barfusswerte des Probanden A, so kann man eine Korrelation erkennen, auch wenn diese nicht sehr gross ist. Auffällig ist, dass der Proband A am Ende des Versuches weicher gelandet ist als zu Beginn, und auch die Korrelation ist am Ende grösser als zu Beginn. Die Lautstärke der Landungen hat sich aber nicht gross verändert. Bei Proband B treten diese Veränderungen ebenfalls auf, nur ist der Unterschied im Vergleich zu Proband A viel kleiner. Das bedeutet, dass beide Probanden zu Beginn mehr Mühe mit dem Abfedern hatten und dass sie sich bis zum Ende an die Situation gewöhnt hatten.

Anhand der Barfussergebnisse von Proband A könnte man sagen, dass Lautstärke und Belastung einer Landung einen direkten Zusammenhang haben. Die Ergebnisse von Proband B lassen aber nicht unbedingt auf das Gleiche schliessen.

Bei den Durchläufen mit den verschiedenen Schuhen ist der Korrelationskoeffizient jeweils sehr niedrig und teilweise sogar negativ. Das könnte folgende Gründe haben: Einerseits könnten die Schuhe selber die Schallentstehung beeinflussen und zwar unabhängig von der Krafteinwirkung. Das würde bedeuten, dass die Schuhe einen Faktor darstellen, der den Zusammenhang der Werte verwischt. Ein anderer Grund für die niedrigen Werte könnte sein, dass die Schuhe den Probanden eine zusätzliche Sicherheit geben und sie zu weniger sanften Sprüngen und einer unsaubereren Techniken verlocken. Eine unsaubere Technik würde bedeuten, dass jeder Sprung ein bisschen anders ausgeführt wird und die Messergebnisse deswegen so gestreut sind.

Grundsätzlich war ich sehr überrascht, dass die Unterschiede zwischen den Sprüngen mit verschiedenen Schuhen nicht sehr gross waren. Einen wesentlichen Unterschied konnte ich nur zwischen Barfussprüngen und Sprüngen mit Schuhen feststellen.

Nicht einmal die Frage, wie und ob die Schuhe die Lautstärke und die Belastung einer Landung beeinflussen, lässt sich vollständig beantworten. Während der Proband A im Vergleich zu den Barfuss-Durchläufen mit den Schuhen etwas weicher landet und sich die Lautstärke nicht gross verändert, ist es beim Probanden B genau umgekehrt. Er scheint mit den Schuhen etwas härtere Landungen zu haben, aber die Lautstärke sinkt im Vergleich zu den Barfuss-Durchläufen.

Somit lässt sich sagen, dass ein Zusammenhang zwischen Lautstärke und Belastung zwar möglich ist, aber wohl durch sehr viele Faktoren beeinflusst wird. Trägt man Schuhe, so sind diese wohl ein äusserer Faktor, der das Zusammenspiel zwischen Lautstärke und Belastung beeinflusst.

5.6.2. Versuch mit Messplattform Quatro Jump

Die Versuche mit der Messplattform Quatro Jump in der Turnhalle des Gymnasiums Hofwil fanden an zwei Tagen statt, die Ergebnisse lassen sich jedoch ohne Probleme zusammen darstellen, da die Rahmenbedingungen an beiden Tagen gleich waren. Zudem trugen alle Probanden die gleichen Schuhe, nämlich den Inov-8 schwarz. Da es bei diesem Versuch mehr Probanden gab, macht es wenig Sinn, einen Mittelwert und Korrelationskoeffizienten von allen Ergebnissen zu errechnen, da dieser nichts aussagt.

Probanden	Messwert	24.06.10		25.06.10		Mittelwert und Korrelation über beide Tage	
		Barfuss	Schuhe	Barfuss	Schuhe	Barfuss	Schuhe
Proband A	LA _{Fmax}	62	60.8	64.1	63.3	63.1	62.1
	Kraftspitze	2268	2465	2161	2642	2214	2553
	Korrelationskoeffizient	0.17	0.7	-0.18	0.58	-0.04	0.65
Proband B	LA _{Fmax}	69.1	65.7	68.2	67	68.7	66.4
	Kraftspitze	2565	2182	2336	2508	2471	2345
	Korrelationskoeffizient	0.83	-0.2	0.59	0.11	0.77	0.19
Proband C	LA _{Fmax}	58	62.2	60.9	63.3	59.5	62.7
	Kraftspitze	1916	1985	1946	2122	1931	2053
	Korrelationskoeffizient	-0.45	0.7	-0.41	0.18	-0.26	0.55
Proband D	LA _{Fmax}	60.1	66.4	63.4	66.6	61.7	66.5
	Kraftspitze	2020	2059	2008	2311	2014	2185
	Korrelationskoeffizient	0.14	0.24	0.6	0.38	0.28	0.24
Probandin E	LA _{Fmax}	67.2	65.6				
	Kraftspitze	2101	2781				
	Korrelationskoeffizient	0.92	0.64				

Tab. 5 Ergebnisse der einzelnen Durchläufe des Versuchs mit dem Sprungmodul Suvaliv.

Messdaten (Versuch mit Messplattform Quatro Jump)

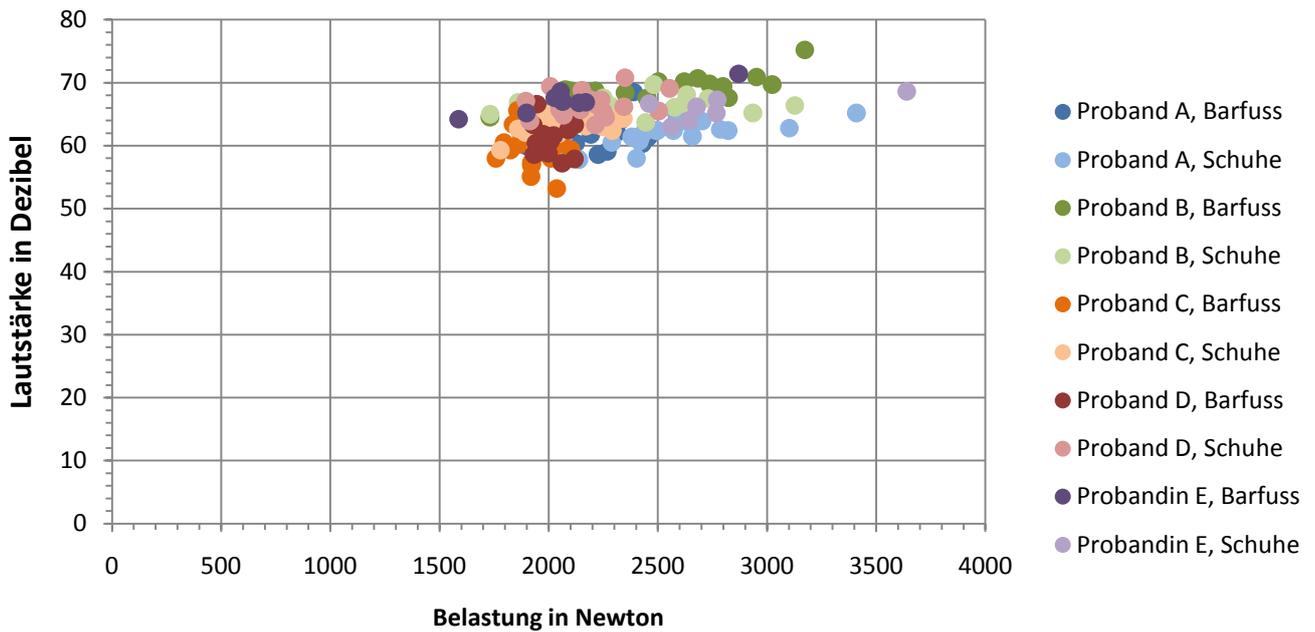


Abb. 13 Diagramm mit den Messdaten der Einzelnen Sprünge des Versuches mit der Messplattform Quatro Jump.

Messdaten (Versuch mit Messplattform Quatro Jump)

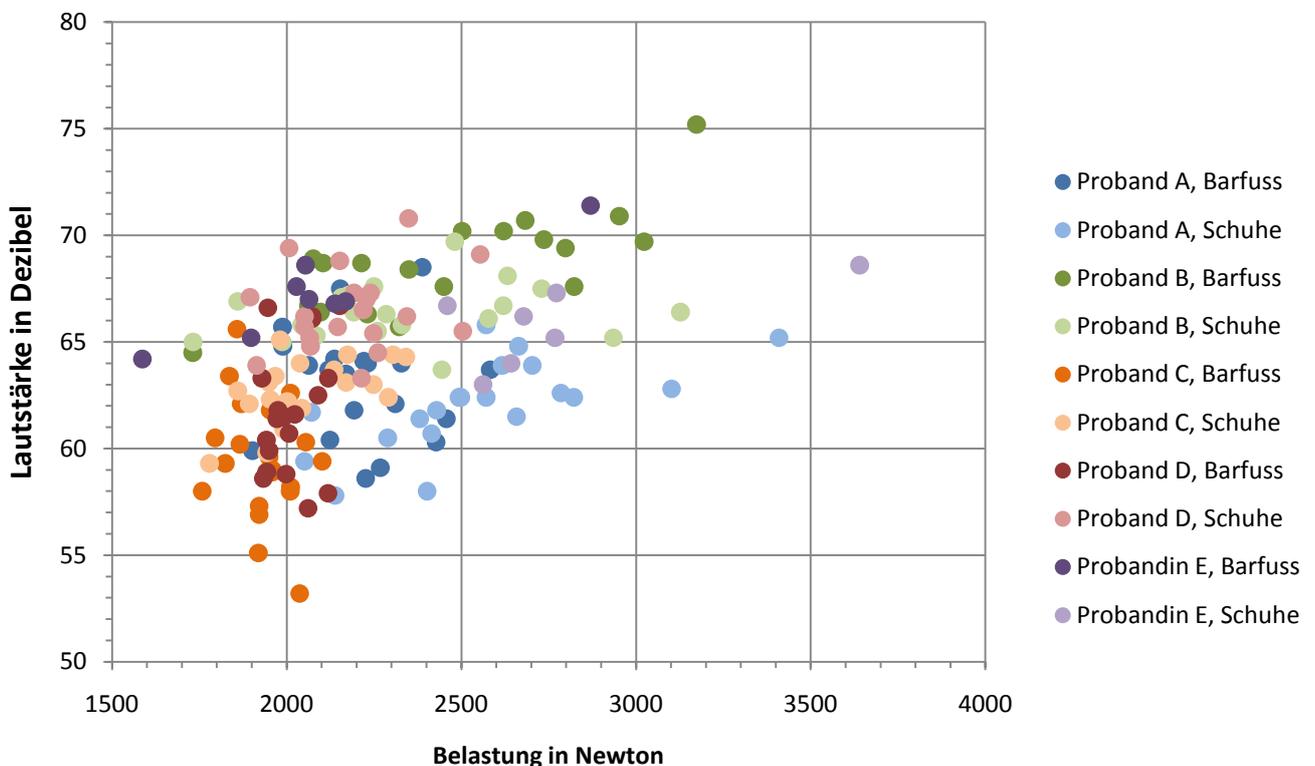


Abb. 14 Diagramm mit den Messdaten der Einzelnen Sprünge des Versuches mit der Messplattform Quatro Jump. Die Skala ist auf den Bereich der Messdaten beschränkt.

Betrachtet man nur die Ergebnisse von Probandin E, so sieht das Ganze eigentlich einfach aus. Der Barfuss-Durchlauf ergibt einen Korrelationskoeffizienten von 0.92, was relativ hoch ist. Deswegen kann ein kausaler Zusammenhang vermutet werden. Beim Durchlauf mit den Schuhen sinkt der Korrelationskoeffizient auf 0.64, was immer noch auf einen Zusammenhang deuten könnte, jedoch sind die Resultate wegen des Einflusses der Schuhe viel stärker gestreut. Man könnte also sagen: Ja, eine leise Landung bedeutet eine niedrigere Belastung, und die Schuhe sind ein Faktor, der diesen Zusammenhang verwischt.

Leider trifft das mehr oder weniger nur in dieser Fallstudie so klar zu. Probandin E konnte aus zeitlichen Gründen nur an einem Tag anwesend sein, weswegen sich eine spezielle Tagesleistung nicht ausschliessen lässt. Zudem hat sie, weil sie erst seit einer relativ kurzen Zeit trainiert, zur Schonung nur sieben respektive acht Sprünge pro Durchlauf absolviert. Das sind insgesamt 15 Sprünge, die somit nicht ein sehr stichhaltiges Ergebnis liefern.

Betrachtet man das Diagramm mit allen Ergebnissen, so kann man aber eine Richtung erkennen, in die die Ergebnisse tendieren: Die Werte verteilen sich, in einem Streifen von links unten Richtung rechts oben. In der Tabelle mit den Ergebnissen findet man ebenfalls verschiedene Durchläufe, die diese Tendenz bestätigen, wie beispielsweise die Barfusswerte von Proband B. Dies deutet auf eine positive Korrelation hin.

Es gibt jedoch auch Werte, die in eine andere Richtung weisen, wie zum Beispiel die Barfusswerte von Proband C. Bei seinen Sprüngen waren die weichen Landungen tendenziell laut und die harten Landungen tendenziell leise, was in einem völligen Widerspruch zur Parkour-Faustregel und meiner These steht.

Wenn man die Ergebnisse mit den Schuhen ansieht, kann man wohl nur feststellen, dass sich keine Tendenz ausmachen lässt. Die Schuhe bilden wohl einen Faktor, der die Ergebnisse zusätzlich streut und deswegen einen möglichen Zusammenhang zwischen Lautstärke und Belastung verschleiert.

Ebenfalls kann man erneut feststellen, dass die Probanden, wenn sie Schuhe tragen, härtere Landungen machen, als wenn sie ohne Schuhe springen. Der Grund dafür könnte wiederum sein, dass Schuhe eine falsche Sicherheit geben und sich die Probanden deswegen beim Landen weniger Mühe geben, da sich eine härtere Landung mit Schuhen nicht sehr hart anfühlt.

6. Schlussfolgerungen

Die Frage „Sind leise Landungen wirklich belastungsärmer als laute Landungen“ kann man anhand der Ergebnisse meines Versuchs nicht klären. Es gibt Ergebnisse, die dafür sprechen, und es gibt Ergebnisse, die dagegen sprechen. Da man diese Frage nicht abschliessend klären kann, habe ich meine These, dass leise Landungen belastungsärmer sind, insgesamt nicht bestätigen können.

Die Frage, ob die leisesten Landungen die belastungsärmsten sind, lässt sich hingegen beantworten. Die leisesten Landungen sind nicht immer die belastungsärmsten; man kann aber auch festhalten, dass die belastungsärmsten Landungen nicht immer die leisesten Landungen sind. Bezüglich dieser Fragestellung hat sich meine These bestätigt. Sie lautete: „Die leisesten Landungen sind nicht zwingend die belastungsärmsten.“

Die Frage, wie die getragenen Schuhe die Lautstärke und die Belastung einer Landung beeinflussen, kann ich aufgrund der Versuche nicht beantworten. Den Ergebnissen zufolge können sie einen bestimmten Einfluss haben, dies hängt jedoch stark vom Probanden ab. Die Schuhe können die beiden Aspekte, Lautstärke und Belastung, in beide Richtungen beeinflussen.

Die Ziele meiner Arbeit sind also nur bedingt erfüllt, da ich die Fragestellungen nicht alle beantworten kann. Dennoch hat sich die Arbeit sehr gelohnt, weil ich festgestellt habe, dass es viele weitere Faktoren gibt, die die Lautstärke und die Belastung bei einer Landung beeinflussen. Dies sind zum einen Faktoren materieller Art, vermutlich aber auch psychischer Art.

Bewiesen habe ich, dass die Schuhe einen Faktor darstellen. Zudem spielt es wahrscheinlich auch eine Rolle, was für Sportschuhe man trägt, und wie lange diese schon gebraucht werden respektive wie stark sie bereits abgenützt sind.

Ein weiterer Faktor ist wahrscheinlich die Lage des Fusses im Moment des Aufpralls. Dazu folgende Überlegung: Wenn der Fuss mit einer grossen Fläche gleichzeitig den Boden berührt, verdrängt er viel Luft auf einmal und erzeugt so ein anderes, stärkeres Schallereignis, als wenn er nur mit einer kleinen Fläche auftrifft und dann nach und nach aufsetzt. In der Literatur ist ein Zusammenhang zwischen Fusswinkel und Belastung bei einer Landung erwiesen, weswegen auch der Schall in einem Zusammenhang mit Fusswinkel stehen könnte. (Vgl. van Husen, Belastungen, S. 20)

Ein anderer Faktor ist wahrscheinlich die Sprungtechnik, die der Landende hat. Aus den Ergebnissen kann man heraus lesen, dass ein Proband tendenziell eine negative Korrelation aufweist, was auf eine andere Sprungtechnik hinweisen könnte.

Die psychischen Faktoren, die eine Rolle spielen könnten, sind die Ermüdung, das Anpassen an eine neue Situation und die damit verbundenen Fehlversuche respektive Landungen mit Maximalwerten. Der wichtigste psychische Faktor ist wohl, dass sich der Proband auf seine Schuhe verlässt und deswegen nie gleich springt, wenn er ohne Schuhe springen würde.

Wenn ich die Versuche noch einmal durchführen würde, würde ich mich nur auf eine Fragestellung konzentrieren, und zwar auf folgende: In welchem Zusammenhang stehen Lautstärke und Belastung einer Landung. Neben den Kraftmessungen und den Schallmessungen würde ich mich vor allem auf eine Videoanalyse stützen und weniger Durchläufe mit mehr Sprüngen durchführen. Man müsste wahrscheinlich vor allem auch auf die Winkel der Gelenke und deren Veränderung bei der Landung achten. In der Literatur ist vom Zusammenhang zwischen Landehärte und Belastung die Rede; die Landehärte wird durch den minimalen Kniewinkel bei einer Landung gegeben. Man hat dabei festgestellt, dass Landungen, bei denen der Kniewinkel immer relativ gross blieb, sehr grosse Belastungen mit sich bringen. (vgl. van Husen, Belastungen, 2005, S.20)

Auch wenn ich die Parkour-Faustregel nicht bestätigen konnte, empfehle ich trotzdem allen, auf die Lautstärke der Landungen zu achten, denn es ist immer noch besser, eine Regel zu beachten, die vielleicht nicht ganz stimmt, als ohne jegliche Rückmeldung Sprünge zu trainieren, die sehr grosse Belastungen mit sich bringen.

7. Quellenverzeichnis

7.1. Literatur

Hohmann, Dr., Beat; Lips, Walter; Waldmann, Heinz; Bereich Physik: Gehörgefährdender Lärm am Arbeitsplatz; Luzern; 2007; 5. Auflage.

Luksch, Markus: Tracers Blackbook. Geheimnisse der Parkour Technik; O. O.; 2009.

Marquardt, Matthias: Natürlich Laufen. Schnell, leichtfüßig und verletzungsfrei durch die optimale Lauftechnik; Freiburg; O. J..

Van Husen, Michael: Belastungen der unteren Extremität im Handball und Volleyball; Darmstadt; 2005; Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Zugriff am 6 August 2010 unter http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/601/1/Dissertation_05-09-06_ULB.pdf.

Veit, Ivar: Technische Akustik; Würzburg; 1996; 5., durchgesehene Auflage.

7.2. Internet

⁽¹⁾ <http://www.parkourone.com/parkour>

⁽²⁾ <http://cafeterra.de/le-parkour-philosophie-und-kinderspiel>

⁽³⁾ http://www.menshealth.de/fitness/trendsport/le-parkour-%E2%80%93-schwerelos-durch-die-stadt.5964.d_mh_artikel_alle.htm

⁽⁴⁾ <http://de.wikipedia.org/wiki/Schallpegelmesser>

⁽⁵⁾ Schlagworte: Druck [http://de.wikipedia.org/wiki/Druck_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Druck_(Physik))
Kraft <http://de.wikipedia.org/wiki/Kraft>
Gewichtskraft <http://de.wikipedia.org/wiki/Gewichtskraft>

⁽⁶⁾ http://www.kistler.com/mediaaccess/9290AD__000-160d-05.10.pdf

⁽⁷⁾ <http://de.wikipedia.org/wiki/A-Bewertung>

⁽⁸⁾ <http://de.wikipedia.org/wiki/Korrelation>

8. Verzeichnis der Darstellungen

8.1. Abbildungen

Abb. 1 Eigenes Bild

Abb. 2 Eigenes Bild

Abb. 4 Diagramm aus der Quatro Jump Software

Abb. 3 http://www.kistler.com/mediaaccess/9290AD__000-160d-05.10.pdf

Abb. 5 Diagramm aus der Quatro Jump Software.

Abb. 6 http://www.kistler.com/mediaaccess/9290AD__000-160d-05.10.pdf

Abb. 7 <http://www.rion.co.jp/dbcon/pdf/NL-27-E.pdf>

Abb. 8 Eigene Darstellung (Word)

Abb. 9 Eigenes Bild

Abb. 10 Eigenes Bild

Abb. 11 Eigenes Diagramm (Excel)

Abb. 12 Eigenes Diagramm (Excel)

Abb. 13 Eigenes Diagramm (Excel)

Abb. 14 Eigenes Diagramm (Excel)

8.2. Tabellen

Tab. 1 Eigene Tabelle

Tab. 2 Eigene Tabelle

Tab. 3 Eigene Tabelle

Tab. 4 Eigene Tabelle

Tab. 5 Eigene Tabelle

9. Anhang

Messwerte des Versuches mit dem Sprungmodul Suvaliv

Sprung-Nr.	Max. Schall	Max. Kraft	Korrelation	Sprung-Nr.	Max. Schall	Max. Kraft	Korrelation
Proband A, Barfuss				Proband B, Barfuss			
1.1.1	59.2	220		2.1.1	72.6	156	
1.1.2	62	218		2.1.2	71.2	154	
1.1.3	60.3	200		2.1.3	69.5	159	
1.1.4	64.1	223		2.1.4	70.2	155	
1.1.5	63.2	188		2.1.5	66.1	157	
1.1.6	57.8	178		2.1.6	63.2	148	
1.1.8	61.9	209		2.1.7	63.3	153	
1.1.9	58.4	179		2.1.8	64.7	168	
1.1.10	57.7	182		2.1.9	68.8	157	
1.1.11	62.4	196		2.1.10	66.7	163	
Mittelwert	60.7	199.3	0.57831469	Mittelwert	67.63	157	0.01401032
1.6.1	62.8	177		2.6.1	63.3	146	
1.6.2	61	176		2.6.2	65.7	147	
1.6.3	67.6	202		2.6.3	68.3	160	
1.6.4	61	170		2.6.4	68.3	159	
1.6.5	57.4	170		2.6.5	65	159	
1.6.6	64.2	171		2.6.6	67.9	164	
1.6.7	59.2	183		2.6.8	69.2	161	
1.6.8	58.2	181		2.6.9	68	141	
1.6.9	51.4	160		2.6.10	66.5	157	
1.6.10	60.1	177		2.6.11	64.3	153	
Mittelwert	60.29	176.7	0.71909911	Mittelwert	66.65	154.7	0.42504925
Mittelwert beide	60.495	188	0.48038913	Mittelwert beide	67.14	155.85	0.21160535
Proband A, Inov-8 Schwarz				Proband B, Inov-8 Schwarz			
1.2.1	57.4	179		2.2.1	64.3	153	
1.2.2	60.5	169		2.2.2	61.8	154	
1.2.3	60	164		2.2.3	60.9	142	
1.2.4	54	169		2.2.4	61	168	
1.2.5	60.9	188		2.2.5	65.2	156	
1.2.6	58.2	188		2.2.6	63	168	
1.2.7	58.4	186		2.2.7	63	162	
1.2.8	57.6	163		2.2.8	59.8	174	
1.2.9	56.2	170		2.2.9	62.7	150	
1.2.10	57.3	174		2.2.10	64.5	148	
1.2.11	57.4	166					
1.2.12	60.5	166					
Mittelwert	58.2	173.5	0.14441919	Mittelwert	62.62	157.5	-0.36294489

Proband A, Inov-8 Weiss				Proband B, Inov-8 Weiss			
1.3.2	63.3	185		2.3.1	62.8	156	
1.3.3	65.5	164		2.3.2	68.1	176	
1.3.4	61.2	195		2.3.3	61.5	166	
1.3.5	61.1	168		2.3.4	61.6	159	
1.3.6	61.2	159		2.3.5	61.9	177	
1.3.7	59.5	168		2.3.6	61.3	164	
1.3.8	61.3	181		2.3.7	61.7	157	
1.3.9	61.2	172		2.3.8	62	149	
1.3.10	58.2	169		2.3.9	62.5	164	
				2.3.10	65.1	152	
Mittelwert	61.3888889	173.444444	0.03994668	Mittelwert	62.85	162	0.26837483
Proband A, Adidas Superstar Weiss				Proband B, Adidas Superstar Weiss			
1.4.1	62.4	186		2.4.1	64.4	188	
1.4.2	61.1	193		2.4.2	62.1	176	
1.4.3	64.1	189		2.4.3	63.5	184	
1.4.4	63.5	153		2.4.4	60.2	172	
1.4.5	63.1	205		2.4.5	63.1	164	
1.4.6	63.3	182		2.4.6	62.4	166	
1.4.7	63.5	157		2.4.7	61.4	169	
1.4.8	61.7	171		2.4.8	63.8	162	
1.4.9	62	172		2.4.9	66.1	175	
1.4.10	63.8	169		2.4.10	60.4	175	
Mittelwert	62.85	177.7	-0.22561207	Mittelwert	62.74	173.1	0.20861825
Proband A, Adidas Parkour-Schuh				Proband B, Nike Laufschuh			
1.5.1	68.4	175		2.5.2	59.4	156	
1.5.2	64.7	178		2.5.3	58.8	157	
1.5.3	65.3	155		2.5.4	52.4	153	
1.5.4	64.5	178		2.5.5	57.1	171	
1.5.5	63.3	157		2.5.6	57.2	170	
1.5.6	65.4	169		2.5.7	60.3	167	
1.5.7	61.4	162		2.5.8	57.1	164	
1.5.8	61	188		2.5.9	60.6	159	
1.5.10	61	189		2.5.10	59.2	169	
1.5.11	66.2	181					
Mittelwert	64.12	173.2	-0.18827142	Mittelwert	58.0111111	162.888889	0.24962539

Messwerte des Versuches mit der Messplattform Quatro Jump

Sprung-Nr.	Max. Schall	Max. Kraft	Korrelation	Sprung-Nr.	Max. Schall	Max. Kraft	Korrelation
Proband A, Barfuss				Proband B, Barfuss			
1.1.1	61.4	2457		2.1.1	75.2	3173	
1.1.2	63.7	2583		2.1.2	69.4	2798	
1.1.3	68.5	2388		2.1.3	67.6	2823	
1.1.4	58.6	2226		2.1.4	70.7	2683	
1.1.5	62.1	2311		2.1.5	69.7	3023	
1.1.6	59.9	1902		2.1.6	70.2	2502	
1.1.7	59.1	2268		2.1.7	70.2	2621	
1.1.8	60.4	2124		2.1.8	64.5	1731	
1.1.9	60.3	2428		2.1.9	66.3	2231	
1.1.10	65.7	1988		2.1.10	66.7	2062	
1.3.1	64.8	1989		2.3.1	70.9	2952	
1.3.2	64.2	2137		2.3.2	68.7	2104	
1.3.3	63.9	2063		2.3.3	69.8	2736	
1.3.4	67.5	2153		2.3.4	68.7	2214	
1.3.5	64	2231		2.3.6	67.6	2450	
1.3.6	64.1	2221		2.3.7	68.9	2076	
1.3.7	63.7	2120		2.3.8	65.7	2322	
1.3.8	64	2328		2.3.9	66.4	2097	
1.3.9	63.5	2170		2.3.10	68.4	2350	
1.3.10	61.8	2193					
Mittelwert	63.06	2214	-0.04049934	Mittelwert	68.7157895	2470.94737	0.76814677
Proband A, Inov-8 Schwarz				Proband B, Inov-8 Schwarz			
1.2.1	60.7	2415		2.2.1	63.7	2444	
1.2.2	61.4	2381		2.2.2	65.2	2935	
1.2.3	62.4	2571		2.2.3	67.6	2250	
1.2.4	58	2402		2.2.4	65.8	2330	
1.2.6	62.4	2498		2.2.5	67.1	2157	
1.2.7	61.5	2658		2.2.6	65	1987	
1.2.8	62.8	3102		2.2.7	65	1732	
1.2.9	57.8	2138		2.2.8	65.8	2043	
1.2.10	61.8	2429		2.2.9	66.9	1860	
1.2.11	59.4	2051		2.2.10	65.3	2085	
1.4.1	62.4	2493		2.4.1	66.1	2578	
1.4.2	61.7	2071		2.4.2	66.4	3127	
1.4.3	62.4	2822		2.4.3	67.2	2177	
1.4.4	65.8	2571		2.4.4	65.5	2260	
1.4.5	64.8	2664		2.4.5	66.4	2192	
1.4.6	63.9	2703		2.4.6	66.3	2285	
1.4.7	60.5	2289		2.4.7	69.7	2481	
1.4.8	62.6	2785		2.4.8	67.5	2730	
1.4.9	65.2	3409		2.4.9	68.1	2632	
1.4.10	63.9	2617		2.4.10	66.7	2620	
Mittelwert	62.07	2553.45	0.65087613	Mittelwert	66.365	2345.25	0.19108516

Proband C, Barfuss				Proband D, Barfuss			
3.1.1	58	1758		4.1.1	58.9	1943	
3.1.2	59.6	1950		4.1.2	63.3	2119	
3.1.3	57.3	1921		4.1.3	59.9	1950	
3.1.4	56.9	1921		4.1.4	57.9	2118	
3.1.6	62.1	1870		4.1.5	57.2	2061	
3.1.7	55.1	1919		4.1.6	61.8	1975	
3.1.9	58.9	1959		4.1.7	60.4	1942	
3.1.10	60.2	1866		4.1.8	60.7	2007	
3.1.11	59	1959		4.1.9	58.8	1998	
3.1.12	53.2	2037		4.1.10	62.5	2090	
3.3.1	60.5	1795		4.3.1	66.1	2073	
3.3.2	61.8	1953		4.3.2	66.7	2152	
3.3.3	62.6	2011		4.3.3	61.5	1992	
3.3.4	65.6	1858		4.3.4	58.6	1933	
3.3.5	58	2010		4.3.6	61.4	1972	
3.3.6	59.3	1824		4.3.7	63.3	1929	
3.3.7	63.4	1836		4.3.8	66.2	2073	
3.3.8	60.3	2055		4.3.9	61.6	2023	
3.3.9	58.2	2011		4.3.10	66.6	1946	
3.3.10	59.4	2102		4.3.11	61.5	1990	
Mittelwert	59.47	1930.75	-0.26488337	Mittelwert	61.745	2014.3	0.28300291
Proband C, Inov-8 Schwarz				Proband D, Inov-8 Schwarz			
3.2.1	64.4	2174		4.2.1.	68.8	2152	
3.2.2	62.7	1860		4.2.2	69.4	2007	
3.2.3	63.7	2136		4.2.3	65.7	2051	
3.2.4	63.1	1949		4.2.4	64.8	2068	
3.2.5	60.9	1991		4.2.5	67.1	1895	
3.2.6	62.1	1893		4.2.6	65.2	2066	
3.2.7	62.3	1953		4.2.7	63.9	1914	
3.2.8	59.8	1943		4.2.8	66.2	2051	
3.2.9	63.1	2170		4.2.10	65.7	2146	
3.2.10	59.3	1779		4.2.11	67.3	2240	
3.4.1	63	2248		4.4.1	67	2228	
3.4.2	61.9	2044		4.4.2	66.5	2219	
3.4.3	63.4	1967		4.4.3	65.4	2248	
3.4.4	62.2	2003		4.4.4	69.1	2554	
3.4.5	64	2038		4.4.5	66.2	2344	
3.4.6	62.2	2000		4.4.6	65.5	2504	
3.4.7	62.4	2291		4.4.7	64.5	2261	
3.4.8	65.1	1981		4.4.8	70.8	2349	
3.4.9	64.3	2341		4.4.9	63.3	2214	
3.4.10	64.4	2304		4.4.10	67.3	2193	
Mittelwert	62.715	2053.25	0.55310025	Mittelwert	66.485	2185.2	0.24314103

Probandin E, Barfuss			
5.1.1	68.6	2054	
5.1.2	64.2	1587	
5.1.3	67.6	2028	
5.1.4	66.8	2138	
5.1.5	71.4	2870	
5.1.6	65.2	1898	
5.1.7	67	2064	
5.1.8	66.9	2169	
Mittelwert	67.2125	2101	0.92092818
Probandin E, Inov-8 Schwarz			
5.2.1	67.3	2772	
5.2.2	66.7	2460	
5.2.3	66.2	2678	
5.2.4	68.6	3640	
5.2.5	63	2562	
5.2.6	64	2642	
5.2.7	65.2	2768	
Mittelwert	65.8571429	2788.85714	0.64472681

10. Bestätigung der Autorenschaft

Maturaarbeit – Bestätigung Autorenschaft

Ich bestätige hiermit, dass ich meine Maturaarbeit eigenständig verfasst und fremde Textstellen klar deklariert habe.

Datum: Unterschrift: