

Lehrstuhl für Bewegungs- und Trainingslehre

Biomechanisch-kinemetrische Bewegungsanalyse und Ansätze
zur Bewegungssteuerung für ein Training im Wellenreiten

Tina Ute Matschkur

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Sportwissenschaft der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Philosophie
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ. – Prof. Dr. Horst Michna

Prüfer der Dissertation:

1. Univ. – Prof. Dr. Dr. h. c. Manfred Grosser
2. Univ. – Prof. Dr. Ulrich Hartmann

Die Dissertation wurde am 05. Juni 2002 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Sportwissenschaft am 16. September 2002
angenommen.

Vorwort

Ziel dieser Dissertation ist es, sich neben der biomechanisch-kinematischen Analyse einzelner ausgewählter Techniken im Wellenreiten auch ansatzweise im Rahmen einer elektromyographischen Fallstudie mit der muskulären Koordination bei der Bewegungsausführung im Surfen zu beschäftigen, um daraus einige Schlussfolgerungen für das Training im Wellenreiten treffen zu können.

Die Vollendung dieser Dissertation war mir nur möglich, da ich auf verschiedenste Weise Unterstützung gefunden habe. Mein besonderer Dank gilt hier vor allem:

Professor Dr. Dr. h.c. Manfred Grosser für die Überlassung dieses ungewöhnlichen Themas, aber vor allem auch für seine unglaublich hilfsbereite, kompetente und freundschaftliche Art, mir bei allen auftretenden Problemen immer mit Rat und Tat zur Seite zu stehen.

Professor Dr. Ulrich Hartmann für die Übernahme der Aufgabe des Zweitkorrektors.

Meinen Eltern, Helga und Peter Matschkur, für ihre Finanzierung und vor allem auch bedingungslose seelisch-moralische Unterstützung in schwierigen Zeiten der Promotion. Ohne ihre grenzenlose Geduld und Hilfsbereitschaft wäre die Fertigstellung dieser Dissertation nicht möglich gewesen.

Meiner Schwester Petra Matschkur sowie meinem Freund Barrett J. Wann ebenso für ihre ausnahmslose Unterstützung während der Promotion. Barrett vor allem auch für die Beantwortung surfspezifischer Fragen, bei denen er mir mit seiner jahrelangen Surferfahrung eine sehr große Hilfe und Inspiration war.

Den Surfern sowie meinen Freunden vom Münchner Eisbach für ihre Geduld und Hilfsbereitschaft bei den Aufzeichnungen meiner Untersuchungen. Hier vor allem Marko Lapenna-Brakus, Fritz Holweg, Stefan Wagenbach sowie Julia und Julian Ettl.

Den Mitarbeitern der Firma Simi^oMotion, hier vor allem Tobias Kuhn, der mir bei allen auftretenden Fragen in Bezug auf die Bewegungsanalysesoftware immer zur Seite stand.

Den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Bewegungs- und Trainingslehre an der Technischen Universität München für die Hilfe bei den Aufzeichnungen am Eisbach.

Inhaltsverzeichnis		Seite
	Vorwort	: 1
1	Einführung	: 2
2	Allgemeiner Überblick über die geschichtliche und wissenschaftliche Entwicklung des Surfens	: 4
2.1	Geschichtliche Entwicklung im Surfen	: 4
2.1.1	Ursprung des Surfens und seine Entdeckung	: 4
2.1.1.1	Surfen, ein Teil der polynesischen Religion und Kultur	: 4
2.1.1.2	Verbot des Surfens durch christliche Missionare	: 6
2.1.1.3	Die Rückkehr des Surfens	: 7
2.1.2	Ausbreitung des Wellenreitens	: 7
2.1.2.1	Duke Kahanamoku	: 8
2.1.2.2	Die ersten Surfer Australiens	: 9
2.1.3	Weiterentwicklung des Surfens	: 10
2.1.3.1	Entwicklung des Surfens aufgrund neuer Bretttypen	: 10
2.1.3.2	Wirtschaftliche Entwicklung	: 12
2.1.3.3	Big Wave Surfen	: 13
2.1.3.4	Wettkampfsurfen – Soulsurfen	: 13
2.1.3.5	Surfen als Profisportart	: 14
2.1.3.6	Tow-in Surfen	: 15
2.1.3.7	Surfen als olympische Disziplin	: 17
2.2	Wissenschaftliche Arbeiten zum Surfen	: 19
2.2.1	Medizin und Surfen	: 19
2.2.2	Soziologie und Surfen	: 22
2.2.3	Physik und Surfen	: 26
2.2.4	Ingenieurwesen und Surfen	: 27
2.2.5	Sportwissenschaftliche Arbeit zum Surfen	: 32
2.3	Bisherige Vorgehensweise beim Training im Surfen	: 36
2.3.1	Training im Meer	: 36
2.3.2	Training im ruhigen Gewässer	: 36
2.3.3	Training an stehenden Wellen	: 38
2.3.4	Training durch verwandte Sportarten	: 41

3	Theorie zu Kinemetrie und Elektromyographie	: 43
3.1	Bewegung und Kinemetrie im Hinblick auf die kinemetrischen Untersuchungen des Surfens	: 44
3.1.1	Bewegung und ihre Merkmale	: 44
3.1.2	Kinemetrie	: 46
3.2	Aspekte einer Bewegungssteuerung im Hinblick auf die elektromyographische Untersuchung des Surfens	: 48
3.2.1	Wahrnehmung	: 49
3.2.1.1	Optisch-visuelle Analysatoren	: 49
3.2.1.2	Akustische Analysatoren	: 50
3.2.1.3	Vestibuläre Analysatoren	: 51
3.2.1.4	Kinästhetische Analysatoren	: 52
3.2.1.5	Taktile Analysatoren	: 52
3.2.2	Bewegungsprogrammierung	: 53
3.2.3	Steuerung und Regelung der Bewegung (Muskelaktivität)	: 53
3.2.4	Bewertung, Regelung der Bewegung	: 54
3.2.4.1	Reafferenz	: 54
3.2.4.2	Elektromyographie	: 55

4	Planung, Durchführung und Auswertung der Messungen	: 57
4.1	Planung der Messungen	: 57
4.1.1	Auswahlparameter	: 57
4.1.1.1	Anzahl und Auswahl der Testpersonen	: 57
4.1.1.2	Auswahl und Anzahl der zu untersuchenden Turns	: 58
4.1.1.3	Auswahl der zu untersuchenden Muskulatur	: 58
4.1.1.4	Anbringung der Elektroden an die Muskulatur	: 61
4.1.2	Messgeräte	: 62
4.1.2.1	Videokameras	: 62
4.1.2.2	Marker	: 62
4.1.2.3	Elektroden und Zubehör	: 62
4.1.3	Raumkalibrierung bei der 3D Bewegungsanalyse	: 66
4.1.4	Synchronisation	: 68
4.1.5	Messbedingungen vor Ort	: 68
4.1.5.1	Entstehung der Eisbach-Flusswelle	: 69
4.1.5.2	Plan und Geräte vor Ort	: 72
4.2	Messdurchführung	: 74
4.3	Auswertung der Messungen	: 75
4.3.1	Auswertung am Computer	: 75
4.3.1.1	Umgang mit Ungenauigkeiten bei der 3D Analyse	: 75
4.3.1.2	Aufbereitung des EMG-Signals	: 77
4.3.2	Erhobene Parameter	: 78
4.3.2.1	Phasenmodell	: 78
4.3.2.2	Körperschwerpunkt-Lage im Verlauf der Bewegung	: 88
4.3.2.3	Körperwinkel im Verlauf der Bewegung	: 89
4.3.2.4	Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster	: 90

5	Ergebnisse	: 91
5.1	Grundstellung	: 91
5.1.1	Grundstellung frontside	: 91
5.1.2	Grundstellung backside	: 94
5.2	Bottom Turn	: 96
5.2.1	Bottom Turn frontside	: 96
5.2.1.1	Verlaufsbeschreibung, Körperschwerpunkt, Winkel und Achsen	: 96
5.2.1.2	Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster	: 103
5.2.2	Bottom Turn backside	: 107
5.2.2.1	Verlaufsbeschreibung, Körperschwerpunkt, Winkel und Achsen	: 107
5.2.2.2	Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster	: 114
5.3	Top Turn	: 117
5.3.1	Top Turn frontside	: 117
5.3.1.1	Verlaufsbeschreibung, Körperschwerpunkt, Winkel und Achsen	: 117
5.3.1.2	Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster	: 124
5.3.2	Top Turn backside	: 127
5.3.2.1	Verlaufsbeschreibung, Körperschwerpunkt, Winkel und Achsen	: 127
5.3.2.2	Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster	: 135
5.4	Cutback	: 138
5.4.1	Cutback frontside	: 138
5.4.2	Cutback backside	: 157
5.5	Take-off (frontside)	: 176
5.6	360° Turn (frontside)	: 186

6	Diskussion der kinematischen und elektromyographischen Ergebnisse für ein Training im Surfen	: 200
6.1	Bottom Turn, Top Turn und Cutback	: 202
6.1.1	Körperschwerpunkt	: 202
6.1.2	Schulter-Hüftachsen	: 203
6.1.3	Knie-Hüftwinkel	: 206
6.2	360° Turn	: 208
6.3	Take off	: 210
7	Ausblick für weitere Untersuchungen im Surfen	: 212
7.1	Weiterführung der kinematischen und elektromyographischen Analyse des Surfens	: 212
7.2	Neue Themen für eine wissenschaftliche Analyse des Surfens	: 213
7.2.1	Rein sportwissenschaftliche Untersuchungen	: 213
7.2.2	Sportwissenschaftlich-medizinische Untersuchungen	: 214
8	Zusammenfassung	: 216
	Anhang	
	Abbildungsverzeichnis	: 224
	Tabellenverzeichnis	: 229
	Literaturverzeichnis	: 230
	Anhang: Tabellen zu Gesamt- und Mittelwert der einzelnen Turns	: 232
	Anhang 1: Grundstellung frontside	: 232
	Anhang 2: Grundstellung backside	: 233
	Anhang 3: Bottom Turn frontside	: 234
	Anhang 4: Bottom Turn backside	: 237
	Anhang 5: Top Turn frontside	: 239
	Anhang 6: Top Turn backside	: 242
	Anhang 7: Cutback frontside	: 244
	Anhang 8: Cutback backside	: 247
	Anhang 9: Take off	: 251
	Anhang 10: 360° Turn	: 252
	Anhang 11: Diagramme der EMG-Werte	: 253
	Anhang 12: Diagramme der einzelnen Winkel	: 260

1. Einführung

Aufgabe dieser Untersuchung des Wellenreitens ist es, die Sportart exemplarisch wissenschaftlich zu erfassen und zu analysieren, um eine Schlussfolgerung über ein sportartspezifisches Training zu ermöglichen.

Zunächst wird auf die geschichtliche Entwicklung des Wellenreitens eingegangen, da sie zwei Hintergründe beleuchtet, ohne deren Wissen das Erstellen von Trainingsplänen im Surfen nicht möglich wäre. Zum einen wird durch die historische Entwicklung dieses Sports deutlich, welche Bedeutung das Wellenreiten für die Surfer beinhaltet, zum anderen werden verwandte Sportarten und Entwicklungen im Wellenreiten selbst dargestellt, die für ein Training im Surfen von entscheidender Bedeutung sind. Surfen wird nicht nur als Sport betrieben, um sich fit zu halten. Es ist vielmehr zu einer Art Lebenseinstellung, in Extremfällen sogar gleich einer „Religion“ geworden. Die soziokulturelle Bedeutung und die Entwicklung einer eigenen Subkultur wurden bereits in anderen wissenschaftlichen Arbeiten untersucht. Diese werden daher hier kurz angeschnitten, um die besondere Verbindung zwischen der Sportart Wellenreiten und den Surfern darzustellen.

Die Fokussierung dieser Dissertation liegt auf der grundsätzlichen sportwissenschaftlichen Erfassung des Wellenreitens. Es soll aufgezeigt werden, wie im Wellenreiten eine Bewegungsanalyse funktionieren kann. Es wird zum ersten Mal der Versuch gemacht, eine von so vielen Naturgegebenheiten abhängige Sportart wie Wellenreiten mit dreidimensionaler Bewegungsanalyse zu erfassen und zusätzlich die muskuläre Aktivität der unteren Extremität während der Fahrt mit Hilfe von elektromyographischen Messungen (EMG) aufzuzeigen. Eine aus diesen Ergebnissen resultierende Trainingsgestaltung soll nur angesprochen werden, da aufgrund der Anzahl der Messungen keine exakte statistische Analyse der Bewegung möglich ist, welche für ein präzises Training unabdingbar wäre. Dafür hätte eine große Anzahl von Sportlern untersucht werden müssen, unterschieden in männlich und weiblich, Regular- und Goofyfooter, das bedeutet, die Surfer haben den linken bzw. rechten Fuß auf dem Surfbrett vorne, und vor allem auch nach allen verschiedenen Stufen, vom Anfänger bis hin zum professionellen Surfer. Da jedoch zuvor noch nicht mit den Schwierigkeiten einer Untersuchung in einem sich bewegendem Element gemessen worden ist, soll diese Dissertation den Einstieg in die hoffentlich noch folgenden sportwissenschaftlichen Untersuchungen des Wellenreitens geben.

Die aufgrund dieser Dissertation erstellten Anmerkungen zum Training an Land (im Fitnessstudio) erfolgen sowohl im Hinblick auf die biomechanisch-kinematischen und auch elektromyographischen Messergebnisse als auch auf die Einbeziehung der psychologischen und soziokulturellen Bedeutung des Wellenreitens für die Surfer. Vernachlässigt man Letztere, würde man einen Trainingsplan erhalten, der durchaus effektiv sein kann, aber dennoch von

keinem Surfer genutzt werden würde. Es ist von besonderer Bedeutung, in einer so naturnahen, emotionsreichen, vielseitigen und auch gefährlichen Sportart wie Wellenreiten auf die Bedürfnisse der Surfer einzugehen. Nur durch die Kombination von exakten Messergebnissen und der Einbeziehung von soziokulturellen Einstellungen der Sportler kann ein effektiver Trainingsplan entwickelt werden, der von den Surfern akzeptiert wird.

Skeptiker dieser Dissertation gehen davon aus, dass ein Surfer am besten und effektivsten trainiert, indem er einfach ins Meer zum Surfen geht. Sie teilen nicht die Meinung, dass Surfen, ein bisher so unkonventioneller Sport, ebenso in wissenschaftliche Teile zerlegt werden kann wie beispielsweise die Leichtathletik. Zu Beginn meiner Arbeit bin ich auf viel Ablehnung in der Surfszene gestoßen. „Was soll es bringen, einen Sport wie Surfen so genau unter die Lupe zu nehmen? Kein Mensch wird sich für diese Untersuchungsergebnisse interessieren! Kein Surfer wird jemals in ein Fitness-Studio gehen, um sein Surfen zu verbessern!“ Mit solchen Aussagen musste ich zunächst realisieren, dass scheinbar kein Interesse an meinen Untersuchungen in der Surf-Öffentlichkeit besteht. Mittlerweile hat sich die zunächst so extreme Ablehnung gewandelt, da sich viele, vor allem amerikanische Firmen und Universitäts-Professoren aus Kalifornien und Hawaii, sehr interessiert an meiner wissenschaftlichen Untersuchung im Surfen gezeigt haben.

Laut Professor Dr. J. Salem des Biomechanik-Instituts der University of Southern California in Los Angeles, USA, wird gerade in den Vereinigten Staaten von Amerika auf eine solche Untersuchung schon lange gewartet. Dort ist Surfen nicht nur ein Sport, den man in den Ferien betreibt, er ist ein Volkssport. Die Surfer betreiben ihn, um fit zu bleiben oder aber auch um Wettkämpfe zu bestreiten. Beide Gruppen sind seiner Meinung nach an einem effektiven Training an Land sehr interessiert. Gerade im Wettkampfbereich reicht es mittlerweile nicht mehr aus, ausschließlich im Meer während des Surfens zu trainieren. Surfen hat sich zu einer ernstzunehmenden Profisportart entwickelt, in der das Bedürfnis nach geeigneten Trainingsplänen im Fitness-Studio unaufhaltsam gewachsen ist. Der unkonventionelle Sport will also doch revolutioniert werden. Das französische Nationalteam im Surfen hat bereits damit experimentiert, Messungen im Surfen durchzuführen, doch ist es ihnen bisher noch nicht gelungen, eine Methode zu entwickeln, mit deren Hilfe sie verwertbare Ergebnisse bekommen können.

2. Allgemeiner Überblick über die geschichtliche und wissenschaftliche Entwicklung des Surfens

In diesem Abschnitt wird zunächst damit begonnen auf die Wurzeln der Sportart Surfen einzugehen. Gerade beim Wellenreiten ist die geschichtliche Entwicklung des Sports von großer Bedeutung, da selbst heute noch sehr viel nach den alten Traditionen und der teilweise spirituellen Verbindung des Wellenreitens mit den Naturgewalten gelebt und gesurft wird. In dem darauf folgenden Abschnitt werden wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Wellenreiten erläutert, und die Notwendigkeit einer sportwissenschaftlichen Analyse dargelegt.

2.1 Geschichtliche Entwicklung des Surfens

2.1.1 Ursprung des Surfens und seine Entdeckung

Eine exakte Datierung, wann der erste Surfer eine Welle abritt, ist nicht möglich. Sicher scheint aber, dass es sich bei diesem ersten Surfer um einen Vorfahren der heutigen Hawaiianer handelt, der seine erste Welle vor der Küste Hawaiis surfte.

2.1.1.1 Surfen, ein Teil der polynesischen Religion und Kultur



Wann die Polynesier zu surfen begannen, ist jedoch immer noch ungewiss, da ihre Geschichte nur mündlich über Gesänge und durch Felszeichnungen (siehe Abb. 1) übermittelt wurde. Hawaiianische Gesänge aus dem 15. Jahrhundert erzählen die ersten Surfgeschichten.

Abb. 1 Hawaiianische Felszeichnung (aus: <http://coffeetimes.com/surf.htm>, 2)

Man geht jedoch davon aus, dass die Polynesier bereits surfen, seit sie begannen, Südostasien zu verlassen, um den Pazifik zu bevölkern. Wenn man davon ausgeht, dass bereits seit den Anfängen der polynesischen Kultur gesurft wird, müsste man den Beginn des Wellenreitens auf etwa 2000 vor Christus datieren (vgl. Reed 1999, 16). Archäologische Funde aus Hawaii lassen jedoch eine wissenschaftliche Datierung erst auf etwa 400 nach Christus zu und man kann somit sagen, dass das Surfen schon mindestens 1000 Jahre existierte, bevor europäische Seefahrer diesen Sport entdeckten (vgl. Reed 1999, 16).

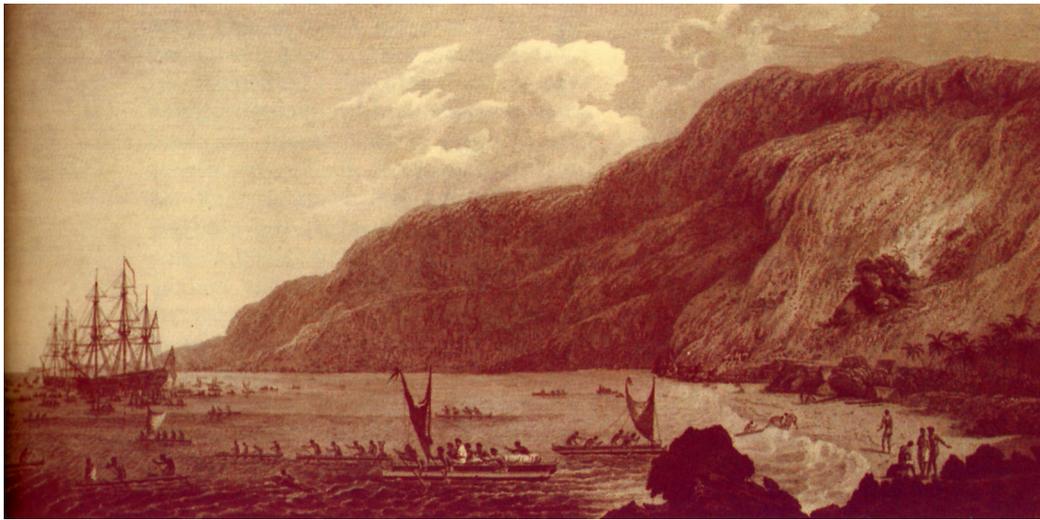


Abb. 2 James Cook's Ankunft auf Hawaii (aus: Young 1983, 32)

Der englische Seefahrer Kapitän James Cook, der die hawaiianische Inselgruppe entdeckte, war der erste westliche Mann, der die Polynesier surfen sah. Als er am 18. Januar 1778 vor Hawaii vor Anker ging (siehe Abb. 2), fand gerade ein Fest zu Ehren von *Lono*, dem gottähnlichen Vorfahren der Hawaiianer, statt. Der britische Entdecker und seine Mannschaft wurden von den Hawaiianern begrüßt und mit Geschenken überhäuft, da sie James Cook für *Lono* hielten, der den Hawaiianern versprochen hatte, eines Tages zu ihnen zurückzukehren. James Cook beobachtete zum ersten Mal, wie die Hawaiianer mit ihren Brettern in der Brandung surfen. Cook sah bereits im Dezember 1777 wie die Tahitianer in ihren Kanus surfen. Doch das Geschick, mit dem die Polynesier 1778 auf einem langen schmalen Holzbrett stehend über das Wasser glitten, hatte er zuvor nicht gesehen. (Young 1983, 31).

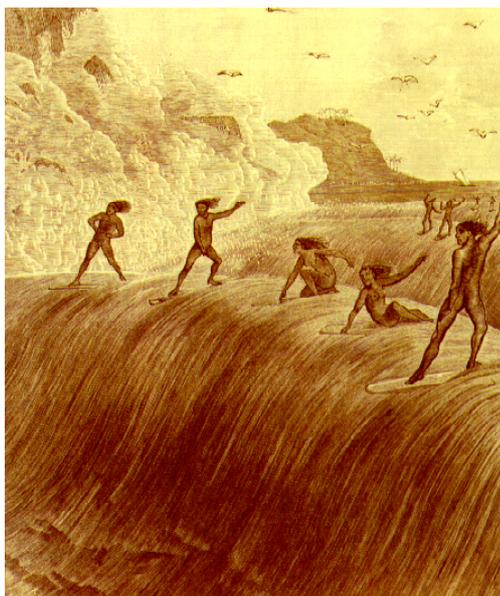


Abb. 3 Hawaiianische Surferinnen (aus: Young 1983, 33)

Bei den Hawaiianern war Surfen nicht nur Teil ihrer Freizeitgestaltung, sondern ein wichtiger Bestandteil ihrer Religion. Das Meer hatte in ihrer Welt göttergleichen Status. Sie beteten um Wellen und bauten an manchen Stränden sogar Steintempel, *heiau* (vgl. Carroll 1991, Seite 16), an denen sie Opfergaben niederlegten. Mit größter Sorgfalt wurde der richtige Baum für den Bau eines neuen Brettes ausgewählt. Die Arbeiten daran wurden von religiösen Zeremonien begleitet, die sich fortsetzten bis zum Tag, an dem das Brett zum ersten Mal gesurft wurde. Zwei verschiedene Bretttypen

wurden dabei verwendet: das *Olo*, ein Brett aus dem Holz des *Wili-Wili*-Baumes, was nur den Mitgliedern der *Alii*-Kaste, der Königsklasse, vorbehalten war. Das *Alaia* dagegen war ein Brett aus dem Holz des *Koa*-Baumes (vgl. Kampion und Browne 1998, S. 30); es wurde von Frauen (siehe Abb. 3), Kindern und Männern niedrigerer Klassen in den kleineren Wellen am Strand gefahren.

Die Surfszenen, welche in den Gesängen dieser Zeit beschrieben wurden, zeigten das Leben der Hawaiianer und auch die Wettkämpfe dieser Zeit. Der Wettbewerb zwischen den zwei Surfern Paiea und Umi ist eine dieser übermittelten Geschichten. Sie surften an einem Strand mit sehr großen Wellen direkt auf einige Felsen zu. Als Paiea bemerkte, dass Umi im Begriff war zu gewinnen, drängte er diesen gegen die Felsen, um ihn zu töten. Umi wehrte sich aber und gewann schließlich den Wettkampf. Als Umi einige Zeit später König von Big Island (Hawaii) wurde, ließ er Paiea in einem Ofen verbrennen (vgl. Young 1983, 32). Auch die besten Strände waren für die Königsklasse reserviert und mit einem *kapu* (vgl. Young 1983, 31), einem Tabu, belegt. Jeder ungebetene Surfer, der es wagte, die königlichen Wellen zu surfen, kam bei Missachtung dieses *kapus* in große Schwierigkeiten.

2.1.1.2 Verbot des Surfens durch christliche Missionare

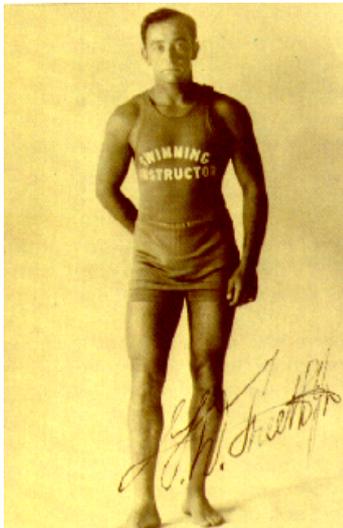
1819 starb König Kamehameha I. und seine Frau Kaahumanu erklärte sich daraufhin gemeinsam mit ihrem Pflegesohn Liholiho (Kamehameha II.) zu den neuen Herrschern des Landes. Sie schafften die *kapus* ab, ließen alte Tempel zerstören und errichteten damit den Grundstock für das Christentum. Am 30. März 1820 trafen die ersten Missionare auf Hawaii ein, die über die heidnischen Sitten der Hawaiianer so empört waren, dass sie unverzüglich mit der Missionierung begannen. Sie entwarfen ein Alphabet für die hawaiianische Sprache, um die ersten Bibeln zu übersetzen, bauten Schulen und Kirchen und verbreiteten somit Gottes Wort schnell über die Inseln. Sie verboten das Trinken von alkoholischen Getränken, die Lustbarkeit und das Glücksspiel, all die Dinge, die zu einem altertümlichen Surfwettbewerb gehörten. Als Kamehameha II. sich 1823 auf eine Englandreise begab, wurden schließlich der Hulatanz und das Surfen durch strenge kirchliche Sitten ersetzt. Bis Ende des 19. Jahrhunderts verschwand daher das Surfen beinahe völlig von den Inseln Hawaiis.

2.1.1.3 Die Rückkehr des Surfens

Die Schriftsteller Mark Twain (1866) und Jack London (1907) berichteten in ihren Büchern und Zeitungsartikeln vom „Sport der Könige“, dem Wellenreiten. Mark Twain versuchte sogar, sich das Surfen selbst beizubringen, schaffte es nicht und gab es wieder auf. Daraufhin beschränkte er sich darauf, die Hawaiianer dabei zu beobachten und über das Surfen zu schreiben. Jack London ließ sich das Surfen auf Hawaii beibringen und war davon begeistert. Seine farbenfrohen Erzählungen über das Surfen werden oft als Auslöser für das Wiederaufleben des hawaiianischen und ausländischen Interesses am Wellenreiten gesehen. Seine Begeisterung für den Sport übertrug sich auf einen neuen hawaiianischen Industriezweig, den Tourismus. Erst mit wachsendem Wirtschaftsaufschwung und steigenden Touristenzahlen kamen die alten hawaiianischen Bräuche und somit auch das Surfen wieder zurück an die Strände. „Kanu- und Surfing-Clubs wurden gegründet, deren traditionsreichster noch heute der ‚Outrigger Canoe Club‘“ (Höfer 1992, 319) von Waikiki ist. Alexander Hume Ford gründete ihn, um gemeinsam mit Jack London das Surfen wieder zurück in das hawaiianische Leben zu bringen.

Um 1900 wurde Hawaii zum Territorium der USA. Stanford Dole wurde zum Gouverneur erklärt und der hawaiianische König Liliuokalani wurde mit einer Entschädigungssumme von den USA ausbezahlt.

2.1.2 Ausbreitung des Wellenreitens



Henry Huntington lud 1907 zur Eröffnung der Zugstrecke nach Redondo in Los Angeles, Kalifornien, den irisch-hawaiianischen Surfer Georg Freeth (Abb. 4) ein. Er demonstrierte seine Surfkünste in einer Show am Strand, der heute als Huntington Beach bekannt ist. Nach seiner Show blieb Freeth in Kalifornien, wurde der erste *Lifeguard* und unterrichtete das Wellenreiten. Dies begann sich von da an in Nordamerika sehr schnell auszubreiten.

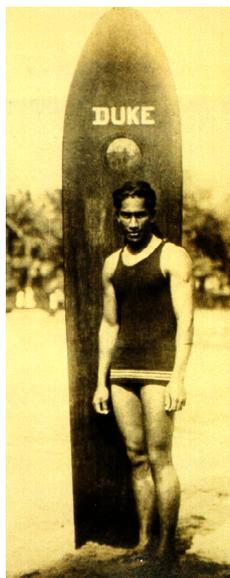
Abb. 4 George Freeth (aus: Young 1983, 44)

2.1.2.1 Duke Kahanamoku



Abb. 5 Beach Boys von Hawaii (aus: Young 1983, 42)

Immer mehr Amerikaner reisten auf die Hawaii-Inseln, um dort Urlaub zu machen. Neben dem Hauptwirtschaftszweig, dem Zuckerrohranbau, entwickelte sich der Tourismus auf Hawaii in Windeseile. Da die Strände von sehr vielen Touristen besucht wurden, die mit den Strömungen und starken Wellen nicht vertraut waren, mussten diese von Lebensrettern bewacht werden. Diese *Lifeguards* (siehe Abb. 5) kamen aus den Reihen der mit den Wellen und somit häufig auch mit dem Surfen vertrauten hawaiianischen Familien.



Paoa-Kahanamoku war eine dieser Familien, deren Wurzeln bis zu König Kamehamea I. zurückreichten. Duke (siehe Abb. 6), der älteste Sohn, wurde 1890 geboren und wuchs mit seinen fünf Geschwistern am Meer auf. Er war ein sehr guter Schwimmer und Surfer. Seine Brüder und er wurden *Beachboys*. Sie verbrachten täglich viele Stunden im Meer, wobei sie begannen, beim Surfen neue Tricks auszuprobieren. In dieser Zeit entstanden der Kopfstand, der Rückwärtsstand, das Tandemfahren mit Frauen, Hunden und vieles mehr (vgl. Abb. 7).

Abb. 6 Duke Kahanamoku (aus: Young 1983, 90)

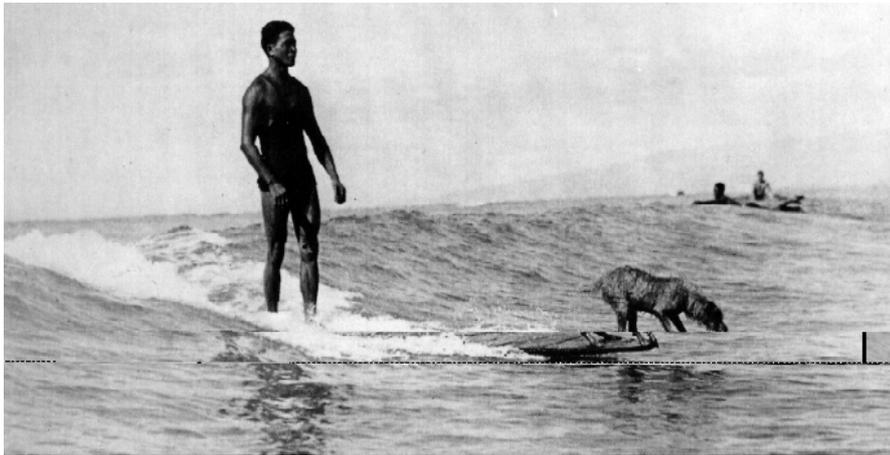


Abb. 7 Surfer mit Hund (aus: Young 1983, 42)

Mit 21 Jahren wurde Duke weltbekannt, als er bei den Olympischen Spielen 1912 in Stockholm im Schwimmen teilnahm. Die 100 Meter Freistil gewann er in Weltrekordzeit, da er der erste Schwimmer war, der diese Strecke kraulte. Erst 1929 wurde sein Weltrekord von Johnny Weißmüller gebrochen. Durch seinen Sieg bei den Olympischen Spielen wurde Duke der Liebling der High-Society, spielte kleinere Rollen in Hollywood-Filmen wie *Old Ironside* und *The Medicine Man* (vgl. Young 1983, 49). Er bereiste die ganze Welt und brachte das Surfen somit selbst an die entlegensten Orte, so auch nach Australien.

2.1.2.2 Die ersten Surfer Australiens

Das Surfen in Australien hat eine ungewöhnliche Vorgeschichte, welche mit dem damals noch existierenden Badeverbot zusammenhängt. Im 18. Jahrhundert glaubten die Menschen, dass das Meerwasser Krankheiten auslöse. Erst im späten 19. Jahrhundert begannen sie, im Meer zu baden. Viele Menschen ertranken jedoch, da sie sich mit den Strömungen und den Wellen nicht auskannten. Daher wurde das Baden im Meer fortan reglementiert, und niemand durfte zwischen 7 und 18 Uhr im Meer baden. Um dies durchzusetzen, wurden die Strände von Polizisten kontrolliert. Trotzdem gab es viele, die sich nicht an dieses Verbot hielten. Wie etwa Fred Williams, der bekannt wurde, als er einen anderen Schwimmer aus der Brandung rettete. Williams beobachtete eines Tages das *Bodysurfing* von Tommy Tanna, einem polynesischen Jungen. Tommy zeigte Fred, wie man Wellen mit dem Körper abreitet. Dieser gab wiederum sein Wissen an andere Schwimmer weiter. So breitete sich das *Bodysurfing* an den australischen Küsten sehr schnell aus.

1915 lud der australische *New-South-Wales-Swimmingclub* Duke Kahanamoku zu einem Schwimmwettkampf nach Sydney ein.



Abb. 8 Duke in der Bucht von Freshwater (aus: Young 1983, 47)

Auf Bitten der Schwimmmannschaft des *Freshwater Surf Clubs* baute er sich ein Surfbrett aus einer Zuckerpinie und ging in der Bucht von Freshwater Surfen (siehe Abb. 8). Ein Zuschauer, Claude West, war von Dukes Vorführungen so begeistert, dass er Duke bat, ihn im Surfen zu unterrichten. Andere Jungen schauten zu und imitierten, was sie bei Claude sahen, und somit nahm das Surfen in Australien seinen Lauf. Claude West wurde zwischen 1919 und 1924 jedes Jahr Australischer Meister im Surfen.

2.1.3 Weiterentwicklung des Surfens

2.1.3.1 Entwicklung des Surfens aufgrund neuer Bretttypen

Tom Blake kam 1920 von Wisconsin nach Kalifornien und hatte erste Kontakte mit dem Surfen. Auf seiner Reise 1924 nach Hawaii wurde er zu einem passionierten Surfer. Als er im Herbst 1924 wieder nach Santa Monica zurückkehrte baute er, inspiriert von den Boards des *Bishop Museums* von Honolulu, sein erstes hohles Brett (siehe Abb. 9). Mit dieser Bauweise erreichte er eine erhebliche Gewichtsreduzierung, worauf er fortan alle Paddelwettbewerbe, bei denen er antrat, gewann. Während Duke Kahanamoku und Johnny Weißmüller in Hollywood weiter Filme drehten, blieb Filmkollege Tom, der als Stuntman von Clark Gable gearbeitet hatte, in Santa Monica und entwickelte seine Bauweisen immer weiter. So entstand schließlich ein Brett, welches nur noch 30 kg wog.

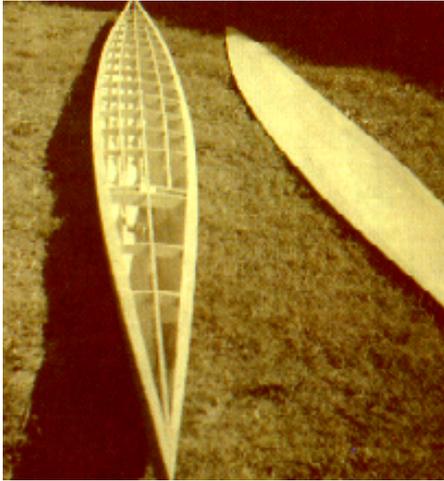


Abb. 9 Hohles Brett (aus: Young 1983, 50)

1928 gewann Tom Blake die ersten *Pacific Coast Surfing Championships* in Corona Del Mar, Kalifornien. Bei diesem Contest zeigte er zum ersten Mal, indem er jeweils einen Fuß ins Wasser drückte, dass ein Surfbrett auch gedreht werden kann. Dies war bis dahin nicht möglich gewesen, da die Bretter zu dick, zu lang und vor allem zu schwer waren. Tom ließ sich seine Methode, hohle Bretter zu bauen, patentieren. Er entwickelte auch die ersten Finnen,

welche die Surfbretter viel stabiler machten. Die amerikanischen *Lifeguards* übernahmen die hohlen Paddelbretter von Blake für ihre Rettungsarbeiten, wodurch diese eine offizielle Anerkennung fanden.

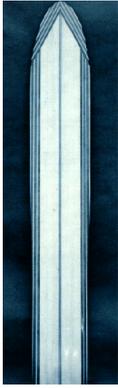
In Australien dauerte die Entwicklung dieser Bretter noch bis 1936. Frank Adler hatte diese Bauweise in einem amerikanischen Surfmagazin gesehen und nachgebaut. Nachdem er einen Paddelwettbewerb souverän gewonnen hatte, verbreitete sich die neue Bauweise an der australischen Ostküste sehr rasch. Selbst die einst so skeptischen *Lifeguards* übernahmen die neuen Bretter für ihre Rettungen und lösten somit die zuvor angewandte umständliche Methode mit dem Spulseil (vgl. Abb. 19) ab.



Abb. 10 Spulseil (aus: Young 1983, 69)

Zwischen den beiden Weltkriegen boomte das Surfen in Kalifornien. Mit Beginn des 2. Weltkrieges gingen jedoch viele Surfer zur Army und Navy. 1937 baute *Pacific Ready Cut Homes* die ersten kommerziell gefertigten Bretter. Während und vor allem nach dem 2. Weltkrieg gab es in Nordamerika sehr vielfältige neue Entwicklungen im Surfbrettbau. Kunstharze und Fiberglasmatten waren das

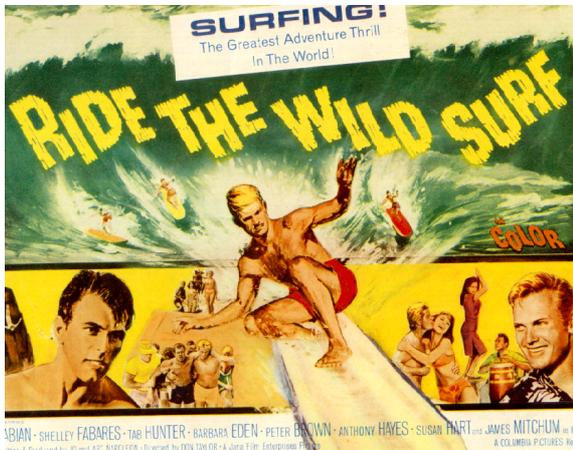
Resultat der Technologieforschung. Erst nach Ende des 2. Weltkrieges wurden diese Stoffe für den privaten Gebrauch freigegeben. Sie leiteten eine neue Ära im Surfbrettbau ein, wie etwa die industrielle Herstellung der Bretter (siehe Abb. 11).



Das erste Fiberglasbrett baute Pete Peterson. Es bestand aus 2 Schalen, die um einen Redwood-Holzstringer in der Mitte zusammengefügt und mit einem Fiberglassaum versiegelt wurden. Obwohl Peterson bereits 1946 über das Kunstharz verfügte, baute er das nur 12 kg schwere Fiberglasbrett erst 1949, da er das Material zuvor lediglich zum Schutz seiner Boardnasen benutzte. Bob Simmons baute ebenfalls 1949 sein erstes Fiberglasbrett. Er benutzte das Material nicht früher, da er dachte, schwerere Bretter seien schneller.

Abb. 11 Erstes industriell gefertigtes Surfboard (aus: Young 1983, 45)

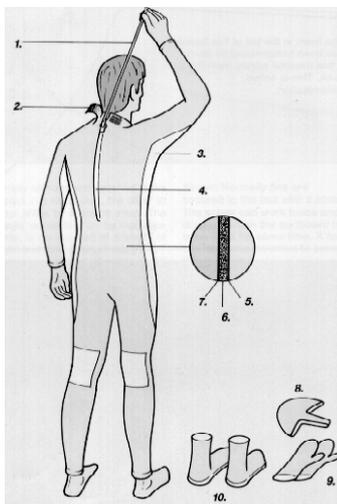
2.1.3.2 Wirtschaftliche Entwicklung



Surfen wurde Anfang der fünfziger Jahre zum Volkssport Nummer 1 in Kalifornien. Die Surfbrett-Industrie explodierte, Zubehör, Surffilme, Magazine und alles, was zur Surfkultur zählte, wurde jetzt industriell produziert und professionell vermarktet. Surfgeschäfte schossen aus dem Boden und immer leichtere und bessere Bretter wurden gebaut.

Abb. 12 Filmplakat aus den 60-ern (aus: Lueras 1984, 123)

Alles, was irgend etwas mit Surfen zu tun hatte, verkaufte sich fast wie von selbst. So fanden auch Surffilme reißenden Absatz, wie etwa der erste amerikanische Surffilm aus dem Jahr 1959 *Slippery when wet* (vgl. Lueras 1984, 123 und Abb. 12).



1951 entwickelte Jack O'Neill den Ganzkörper-Wollanzug (vgl. Lueras 1984, 121 und Abb. 13), den die Surfer in kalten Gewässern anzogen. 1953 entdeckte er das Neopren und entwickelte daraufhin die ersten Surfanzüge. Es traten aber immer wieder Probleme mit der Reißfestigkeit des Neoprens auf. 1955 kam er auf die Idee, das Neopren mit elastischem Nylon zu beschichten. Dadurch erreichte er, dass die Anzüge viel größere Belastungen aushielten. Jack O'Neills Neoprenanzüge brachten den Durchbruch für den Surfsport, da von nun an auch in den kälteren Monaten gesurft werden konnte.

Abb. 13 Neoprenanzug (aus: Conway 1988, 20)

2.1.3.3 Big Wave Surfen

Auf Hawaii kam zu dieser Zeit bei einer kleinen Gruppe von Surfern das Big Wave Surfing als neuer Anreiz hinzu. Diese Big Wave Surfer zeichneten sich durch ihren enormen Mut aus, da sie sich mit ihrem zu dieser Zeit noch primitiven Material und keinem wirklichen Wissen über mögliche Folgen in riesige Wellen begaben.



Einer von ihnen war Greg Noll. Er surfte als Erster *Waimea Bay*, eine Welle, die erst ab 6,5 Metern (15 hawaiianischen Fuß) bricht. Er surfte auch *Makaha*, einen anderen Big Wave Spot auf Oahu, Hawaii, 1969 bei einer Höhe von 40 hawaiianischen Fuß oder 17,5 Metern (siehe Abb. 14). Das war die bisher größte Welle, die je gesurft wurde.

Abb. 14 Greg Noll (aus: <http://www.glendale.cc.ca.us/geo/thesis.htm>; 190)

Noll ertrank zwar beinahe bei dieser Fahrt, aber er schaffte es doch, die Welle bis ins Tal hinunter zu fahren.

Phil Edwards, ein weiterer Pionier dieser Tage, surfte im Winter 1960/61 als erster Surfer *Pipeline*, einen weiteren Spot am North Shore von Oahu, Hawaii, an dem riesige Wellen über einem seichten und extrem scharfen Korallenriff sehr hohl brechen.

2.1.3.4 Wettkampf – Soulsurfen



In den 60er Jahren hatte sich Surfen bereits auf der ganzen Welt verbreitet und durfte im Strand- und Freizeitleben nicht mehr fehlen. Es etablierte sich das Wettkampfsurfen wie es auch heutzutage noch stattfindet. Ein wichtiger Surfer dieser Zeit war Robert *Nat* Young. Er wurde 1966 Amateurweltmeister im Surfen. Die Contests der 50er Jahre, in denen man vor allem Paddelwettbewerbe und Noserider-Contests (siehe Abb. 15) durchführte, wurden abgelöst von neuen Longboard-techniken mit verschiedensten Manövern und Turns.

Abb. 15 Noserider - Hang Ten (aus: *The Surfers Journal*, Volume 4; N° 4; 123)

Das Wettkampfsurfen zwängte den bisher so freien und unkonventionellen Sport in eine völlig neue Dimension hinein, wie es noch einige Jahre zuvor kaum vorstellbar gewesen wäre: das Surfen nach gesellschaftlichen Normen. Das Contestsurfen blieb zwar weiter bestehen, doch es gab Surfer, die sich gegen die Normen und damit auch gegen das Wettkampfsurfen auflehnten. Die Soulsurfer, wie sie sich selbst nannten, surfen nur zu ihrem Vergnügen und bewegten sich weiter am Rande der Gesellschaft. Zwei ehemalige Contestsurfer, Nat Young und Gerry Lopez von Hawaii, wurden zu den bekanntesten Soulsurfern der 70-er Jahre.

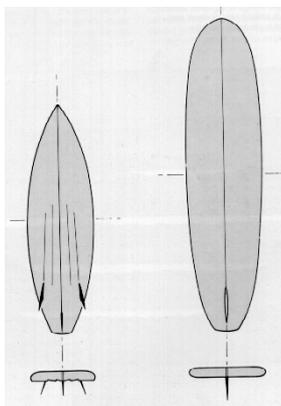


Gerry Lopez war jedoch noch nie ein Freund von Contests gewesen. Zwar hatte er 1972 den bekanntesten Surfcontest der Welt gewonnen, die ‚Pipeline Classics‘ auf Hawaii, doch danach besann er sich wieder zurück auf seine eigentliche Leidenschaft, das Soulsurfen. Sein ganzes Leben ist bis heute eng verwurzelt mit dem Surfen. „Wenn ich gut surfe, oder meine, ich wäre gut gesurft, dann ist für mich auch alles andere in Ordnung, meine körperliche und meine psychische Verfassung“ (Lopez 1996). Lopez ist heute eine lebende Surflegende und mit Ende 40 immer noch ein begnadeter Surfer (siehe Abb. 16).

Abb. 16 Gerry Lopez, Pipeline, Oahu Hawaii (aus: The Surfers Journal; Volume 4; N°4; 93)

2.1.3.5 Surfen als Profisportart

Die Bretter wurden immer leichter und stabiler durch ständig neue, innovative Entwicklungen. Dadurch kam es auch dazu, dass sich unterschiedliche Bretttypen herauskristallisierten. Es gab nicht mehr nur die großen und schwerfälligen Bretter, sondern auch wesentlich kleinere, mit denen man ganz andere Manöver surfen konnte (siehe Abb. 17).



Es entwickelte sich neben dem, was wir heute als *Longboarden* bezeichnen, womit das Surfen gemeint ist, das vor allem in den 50ern und 60ern praktiziert wurde, eine neue Art des Surfens: das Surfen mit dem kleineren und wendigeren Shortboard. Gerade in den letzten Jahren hat sich das *Shortboarden* immens weiterentwickelt, da viele Skateboarder versuchten, die gleichen radikalen Manöver und Sprünge auf dem Wasser zu machen wie mit ihrem Skateboard in der Halfpipe oder auf der Straße. Die immer extremeren Tricks, die jeden Tag neu erfunden und

Abb. 17 Short- / Longboard (aus: Conway1988, 14)

weiterentwickelt werden, haben sich im Surfen so stark etabliert, dass sie einen eigenen Namen bekommen haben: *New-School*-Surfen.

Im Wellenreiten gab es daher Ende der '80 er Jahre einen Generationswechsel. Von Leuten wie Gary Elkerton, Tom Curren und Derek Ho hin zu Kelly Slater, Ross Williams und Rob Machado war ein riesiger Sprung in der Entwicklung des Surfens. Kelly Slater (siehe Abb. 18) aus Florida, USA, ist die Ikone der *New-School*-Surfbewegung.

Viele Gegner dieser radikalen Tricks waren der Meinung, dass Slater sie nur in kleinen Wellen



fahren konnte, aber er strafte sie alle Lügen und wurde von 1992 bis 1999, mit Ausnahme von 1993, als er wegen einer Knieverletzung nicht bei den Contests mitsurfte, Weltmeister im Surfen. Die Bretter haben sich dem neuen Fahrstil angepasst und sind noch dünner und kürzer geworden, damit sich das Brett bei den Turns richtig ins Wasser eingraben kann.

Abb. 18 Kelly Slater (aus: Wave 2/97, 98)

Die *WCT*, *World Championship Tour* der *ASP*, *Association of Surfing Professionals*, ist das ganze Jahr unterwegs, von einem Surfspot zum nächsten. Die *WCT* umfasst mittlerweile jedes Jahr zwischen 14 und 16 Contests in den USA, Australien, auf Hawaii, in Europa und beinahe auf der ganzen Welt.

2.1.3.6 Tow-in Surfen

Auch das Big Wave Surfen hat sich kontinuierlich weiterentwickelt. Zur Zeit von Greg Noll wurde auf riesigen Brettern noch durch eigene Kraft in diese riesigen Wellen hineingepaddelt. Diese Art des Big Wave Surfens wird auch heute noch betrieben, wie beispielsweise bei den Big-Wave-Wettkämpfen von *Todos Santos* in Peru oder *Mavericks* in Half Moon Bay, Kalifornien. Da die Surfer immer größere Wellen surfen wollen, ist irgendwann einfach die physische Möglichkeit des Anpaddelns erschöpft. Der Surfer kann in die riesigen Wellen nicht mehr mit eigener Kraft gelangen. Er muss zu Beginn seiner Fahrt so viel Geschwindigkeit aufbauen, dass er mit der Welle mithalten kann. Um die nötige Geschwindigkeit aufzubauen, braucht man beim normalen Big Wave Surfen sehr lange, ca. 12 Fuß, und vor allem schmale *Guns* (Surfbretter mit einem *Pintail*, einem spitz zulaufenden Tail, welches das Brett im Wasser zwar sehr schnell und ruhig laufen lässt, dabei aber eher schwer zu wenden ist).

Durch das Entdecken von Wellen wie *Jaws* vor Maui auf Hawaii oder der ganz neu entdeckten Welle *Cortes Banks*, 100 Meilen vor der kalifornischen Küste, mussten die Surfer eine neue Art des Surfens entwickeln, bei der sie in kurzer Zeit sehr viel Geschwindigkeit aufbauen können. Die Tow-in Surfer wie Mike Parsons, Brad Gerlach, Peter Mel, Derrick Doerner werden von einem Jetski in die riesigen Wellen gezogen und surfen diese dann auf einem sehr kleinen Surfboard mit Fußschlaufen ab (siehe Abb. 19 a). Da sie nicht mehr selbst für den Aufbau der Geschwindigkeit zuständig sind, können die Bretter klein und somit auch viel wendiger sein.



Abb. 19 a) Jetski zieht Tow-in-Surfer in die Welle (aus: Surfing Magazine; Volume 37, N°6; 78)



Die Wellen, die sie dadurch surfen können, sind ca. 60 – 70 hawaiianische Fuß oder 31 Meter hoch (vgl. Abb. 19 b). Diese gewaltige Masse an Wasser bricht mit einer unheimlichen Geschwindigkeit und Kraft, welche die Tow-in Surfer bei einem Sturz leicht bis zu 20 Meter und für mehrere Minuten unter Wasser drücken kann. Um sich auf solche Situationen vorzubereiten, laufen sie beispielsweise mit großen Steinen beschwert minutenlang auf dem Meeresboden entlang oder tauchen in Lavahöhlen, um ihre Panik unter Kontrolle zu bringen, wenn sie für Momente die Orientierung im Wasser verlieren und es nachtschwarz um sie ist.

Abb. 19 b) Tow-in-Surfen (O'Neill Werbung aus: Surfing Magazine; Volume 37, N°6; Coverinnenseite)

2.1.3.7 Surfen als olympische Disziplin

Seit einiger Zeit bemühen sich mehrere Einzelpersonen und auch Organisationen wie die *ISA*, *International Surfing Association* der Amateure, darum, Surfen zu einer olympischen Disziplin zu machen. Um die Aufnahme durch das *Internationale Olympische Komitee (IOC)* zu erreichen, müssen zunächst einige gravierende Hürden aus dem Weg geschafft werden. Das größte Problem bildet dabei das Fehlen von natürlichen Wellen in vielen Ländern ohne Meerzugang. Man könnte Surfen zwar auch nur in den Ländern zu einer olympischen Disziplin machen, in denen es Wellen gibt, aber diese Lösung scheint nicht gut anzukommen. Daher bemühen sich einige Befürworter, wie etwa Dr. Bruce Gabrielson aus den USA darum, die Poolvariante allen, dem *IOC* und auch den Surfern, schmackhaft zu machen, aber es ist noch immer zu keiner Einigung gekommen. Das Durchführen von Wettkämpfen in einem Wellenpool brächte den Ländern ohne natürliche Wellen die Möglichkeit, auch olympische Wettkämpfe im Surfen auszutragen. Einen weiteren Vorteil in der Poolvariante sehen die Befürworter darin, dass die Wettkämpfer dann alle die gleichen Voraussetzungen, nämlich gleiche Wellen, zur Verfügung hätten, auf denen sie ihr Können unter Beweis stellen können. Der große Nachteil ist dagegen, dass dann gerade die Wellenauswahl entfallen würde, die bei normalen Wettkämpfen von enormer Bedeutung bei der Bewertung der Fahrt ist. Die Surfer müssten sich auch an andere Bedingungen gewöhnen, da sich Süßwasserwellen in einem Pool durch die geringere Wasserdichte, ganz anders surfen lassen als Wellen im Meer. Noch immer sieht es so aus, als ob die Weltklasesurfer an einem solchen Poolwettkampf nicht ernsthaft teilnehmen würden und somit das Ergebnis nicht aussagekräftig wäre. Es sollte nicht so wie beim Windsurfen sein, dass Sportler Olympiasieger werden, die im Vergleich mit den besten Profi-Windsurfern keine Chance hätten.

Des Weiteren müsste auch noch ein Auswahlverfahren festgelegt werden, welche Surfer an Olympischen Spielen teilnehmen dürfen. Es gibt zwei Surfverbände im Wellenreiten, den der *ASP*, der Profisurfer und der *ISF*, der Amateure. Beide haben jedes Jahr einen Weltmeister. Wer ist nun aber der richtige Weltmeister? Derjenige, der sich das ganze Jahr über bei den meisten Proficontests, die an Wettkampforten auf der ganzen Welt stattfinden, durchgesetzt hat, oder derjenige, der in einem Amateurfeld an einem einzigen Wettkampf bewiesen hat, dass er / sie der / die Beste ist? Bisher ist es den so ungleichen Verbänden noch nicht gelungen, eine Antwort auf diese Frage zu finden. Um aber zu zeigen, dass sie zusammenarbeiten können, wurde im Herbst 1996 eine Art Probe-Olympische-Spiele ausgerichtet. So fanden im Oktober 1996 in Huntington Beach, Kalifornien (USA), die ersten *World Surfing Games* statt. 600 Profis und Amateure traten zum ersten Mal gemeinsam in einem Contest an. Neben den Favoriten aus den USA, Australien, Südafrika und Brasilien waren aber auch Surfentwicklungsländer wie Deutschland unter den teilnehmenden Nationen. Um die Sportler zu bestimmen, die an den *World Surfing Games* teilnehmen durften, wurden in jedem Land nationale Meisterschaften ausgetragen.

Trotz des großen Erfolges der seither alle zwei Jahre stattfindenden *World Surfing Games* hatte sich das *Internationale Olympische Komitee* gegen die Aufnahme des Surfens in den Kreis der olympischen Sportarten für Sydney im Jahr 2000 entschieden, obwohl gerade Sydney mit seinen vielen Surfstränden ein ausgezeichnete Platz für die Einführung dieser Sportart gewesen wäre. Das *IOC* hat sich weiter mit dem Surfen beschäftigt und denkt nun darüber nach, bei den Olympischen Spielen in Athen 2004 den Versuch zu wagen, Surfen als olympische Disziplin zuzulassen, hier allerdings in Form eines Wellenpoolwettkampfes.

2.2 Wissenschaftliche Arbeiten zum Surfen

Im medizinischen Bereich gibt es einige wissenschaftliche Abhandlungen, die sich auf die Verletzungen beim Surfen beziehen. Auch soziologische Abhandlungen oder die Anwendung von physikalischen Berechnungen zum Surfen kann man in der Literatur, hier vor allem im Internet, finden. Selbst das Ingenieurswesen hat sich schon mit Fragen über das Surfen befasst. In den folgenden Punkten soll ein kurzer Überblick über bereits erschienene wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Surfen angerissen werden, bei denen es sich um Studien-, Abschluss- oder Diplomarbeiten handelt. Trotz aufwändiger Suche konnte jedoch keine Dissertation ausfindig gemacht werden, die sich mit dem Surfen im sportwissenschaftlichen Sinn beschäftigt.

2.2.1 Medizin und Surfen

Surfing Injuries: an Internet-based Survey

Eine Studie über Surfverletzungen wurde von einer Gruppe amerikanischer Mediziner um Andrew Nathanson, M.D. vom *Department of Emergency Medicine* des *Rhode Island Hospital* und der *Brown University School of Medicine* erstellt. Die Internetumfrage auf www.surfstudy.sitehosting.net beschäftigt sich mit einer Aufstellung über die gängigsten Sportverletzungen, die während des Surfens auftreten können. 451 Surfer aus 24 Ländern haben sich an dieser Umfrage in dem Zeitraum von Mai bis Dezember 1998 beteiligt und liefern die Grundlage dieser Umfrageergebnisse.

Aus den 426 zugelassenen Umfragebögen wurde festgestellt, dass Riss- und Schnittwunden die häufigsten Verletzungen darstellen. 40% der Surfer gaben solche Verletzungen bei Ihrer Befragung an. Die nächsthäufigen Verletzungen bilden die Quetschungen mit 12%, Muskelzerrungen mit 11% und Brüche mit 6%. 37% der akuten Verletzungen sind in den unteren Extremitäten zu finden, 35% betreffen Kopf und Nacken, 16 % den Rumpf und 12% die oberen Extremitäten.

55% der Verletzungen entstanden durch den Kontakt mit dem eigenen Surfbrett, in 11% der Fälle war das Brett eines anderen Surfers schuld an der Verletzung (vgl. Abb. 20). In 18% der Fälle hatte ein Kontakt mit dem Meeresgrund eine Verletzung zur Folge. Nur 3% entstanden aufgrund von Meereslebewesen, und nur ein Haiangriff wurde in der Umfrage gemeldet. Bei Verletzungen mit dem eigenen Surfboard waren es v.a. die Finnen, die mit 40% zu Verletzungen führten. Bei dem Kontakt mit einem anderen Board war es dagegen vorwiegend die Nase (48%).

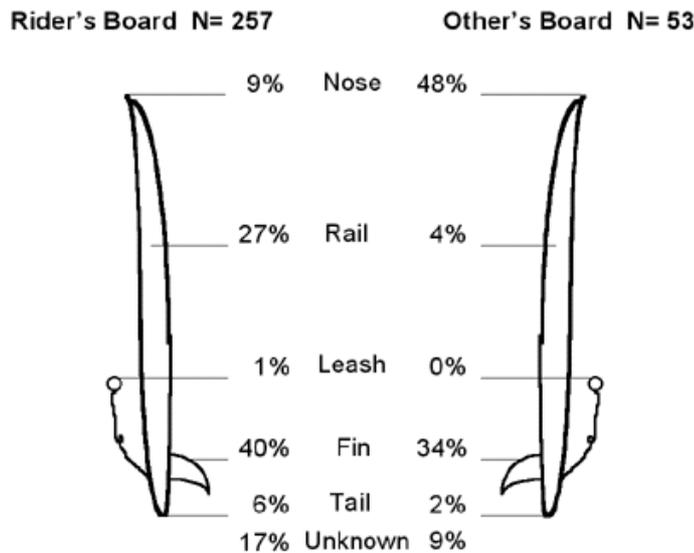
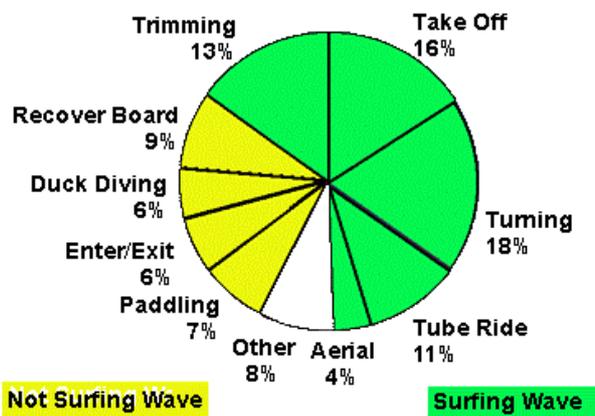


Abb. 20 Verletzungen durch Kontakt mit dem eigenen / fremden Surfboard (aus: <http://www.surfstudy.sitehosting.net>; 6)

Abb. 21 zeigt, dass es während der Bewegung des Surfers seltener zu Verletzungen durch die Erholungsphase auf dem Brett (Recover Board 9%), das Hinauspaddeln (Paddling 7%), das Ins-oder-aus-dem-Wasser-Gehen (Enter/Exit 6%) oder auch durch das Tauchen durch die Brandung (Duck Diving 6%) kommt. Die Verletzungen treten vielmehr in der eigentlichen körperlichen Belastung des Abreitens der Welle mit 62% (Trimmung auf dem Brett 13%, Aufstehbewegung 16%, Manöver 18%, Tube Ride, wobei der Surfer sich in der



geschlossenen Wellenröhre befindet, 11% und bei Sprüngen schließlich 6%) auf, obwohl die anderen Bereiche sehr viel mehr Zeit in Anspruch nehmen, als die eigentliche Fahrt. 13% der Verletzungen entstehen dabei durch das Zurückschnellen des Brettes aufgrund der Elastizität der Fangleine nach dem Sturz (nicht in Abb. 21).

Abb. 21 Verletzungen während des Surfens (aus: <http://www.surfstudy.sitehosting.net>; 7)

Bei chronischen Verletzungen sind Muskelzerrungen mit 59% vertreten, Erkrankungen aufgrund von Umwelteinflüssen mit 18% und Infektionen mit 15%. Die Schulter ist mit 27% das am häufigsten verletzte Gelenk. Ohrenentzündungen treten aufgrund von Umweltverschmutzungen zu 72%, und Otitis (67%) und Sinusitis (27%) aufgrund von Infektionen auf.

33% der Surfer surfen unmittelbar nach ihrer Verletzung weiter. 51% gingen zum Arzt, 8% mussten im Krankenhaus behandelt werden. 38% der verletzten Surfer verpassten mehr als einen Tag Arbeit oder Schule aufgrund ihrer akuten Verletzung. 45% der Surfer wurden wegen chronischer Verletzungen behandelt, 2% im Krankenhaus und 34% verpassten mehr als einen Tag Arbeit oder Schule infolge dieser chronischen Verletzung.

Die Umfrage kann zwar die häufigsten Verletzungen aufzählen, sie kann aber keine Ursachen angeben, warum und bei was sich der Surfer genau verletzt hat, wie etwa bei welchem Turn, welcher Wellengröße oder wie erfahren der Surfer jeweils war. Gut geeignet ist sie allerdings zur Feststellung der häufigsten Risiken beim Surfen. Da man nun weiß, wie viele Verletzungen beispielsweise vom Surfbrett selbst ausgehen, kann man versuchen, die Finnen und die Nase besser zu schützen, so dass sich in Zukunft nicht mehr so viele Verletzungen durch einen Kontakt mit ihnen ergeben werden. Des Weiteren kann die Surfindustrie sich auch grundsätzlich mit der Frage nach neuem Sicherheitsmaterial, wie etwa Surfhelmen beschäftigen.

2.2.2 Soziologie und Surfen

A sociological study of the surfing subculture in the Santa Cruz area

Abschlussarbeit von Stephen Wayne Hull für die Soziologische Fakultät der Universität von San Jose State, 1976.

Diese bereits 26 Jahre alte Abhandlung beschäftigt sich mit dem Phänomen der Entwicklung einer Subkultur im Surfen und deren Beziehung zu anderen Gesellschaftsformen. Daher muss man hier den zeitlichen Faktor mit einbeziehen. Es ist zwar im Allgemeinen zu sagen, dass Hulls Aussagen auch heute noch zutreffen, jedoch sind sie vor beinahe 30 Jahren entstanden und daher nicht mehr ganz so aktuell. Der Inhalt der Arbeit bezieht sich auf verschiedene Bereiche, wie den der Soziologie im Sport, die Untersuchung von Subkulturen und Hobbys sowie die Jugendsoziologie. Der Autor hat in seiner Arbeit nachgewiesen, dass es sich tatsächlich um eine Surf-Subkultur handelt. Sie zeichnet sich aus durch dauerhafte, vielschichtige Muster der Interaktion. Sie besitzt eine spezialisierte Kultur und ihre eigene Sprache, materielle Symbole, ein spezielles Wissen mit Normen und Werten (Hull, S. 59). Er untersuchte alle Bereiche, die bei einem Surfer das Lebensgefühl ‚Surfen‘ widerspiegeln. Er untersuchte bei den Surfern von Santa Cruz nicht nur die Häufigkeit und Dauer (in Jahren) des Surfens, sondern auch Begleiterscheinungen, wie etwa die Wahl des Wohnortes in Beziehung zum Strand, die Gefühle, die man mit dem Surfen verbindet, die Beziehung zu Freunden, die surfen, die Verbundenheit, die der Surfer mit dem Wellenreiten hat. All diese Dinge können natürlich auch von einem anderen sozialen System übernommen werden, abhängig von den Möglichkeiten, die die jeweilige Region, in der man lebt, zu bieten hat. In dem Fall Santa Cruz und dieser Arbeit handelt es sich jedoch laut Hull um die Surfsubkultur. Die Grundlage seiner Untersuchungen bildet ein Umfragebogen, den er von den Santa-Cruz-Surfern ausfüllen ließ. Durch die Auswertung dieses Fragebogens kam er zu seinen Ergebnissen.

Soziale Werte wie Mut, Wettkampf, Demokratie, Kreativität, Gruppenloyalität und Unterstützung fand Hull gerade beim Surfen. Er ist der Auffassung, dass man sich beim Wellenreiten nicht nur körperlich betätigen und immer wieder selbst beweisen, sondern auch seinen Mut und seine Disziplin anderen gegenüber darstellen kann. Die Surfer finden an ihrem Strand sogar eine Art zweites Zuhause mit einer neuen Familie, den anderen Surfern. Dort treten sie wie Helden in ihrer kleinen Welt auf und werden von den Mitmenschen aufgrund ihrer Fähigkeiten respektiert und bewundert. Der Sport gemeinsam mit Freunden und die Freundschaften, die sich auch nach dem Surfen ergeben, sind der Hauptgrund, warum Menschen Sport treiben. Das Zusammengehörigkeitsgefühl ist sowohl im Wasser als auch an Land von großer Bedeutung. Gerade weil man sich in einer Gruppe bewegt, will man immer wieder zeigen, wie gut man surfen kann. So muss nach Hulls Meinung die Selbstachtung der Surfer immer wieder aufs Neue aufgebaut werden. Die besten Surfer sind

daher auch immer am begehrtesten und werden selbst von anderen sozialen Gruppen respektiert. Die Kreativität ist beim Surfen auch sehr stark gefragt, da die Sportler zum einen ständig auf neue Ideen kommen, was sie auf den Wellen anstellen könnten, und sich zum anderen, da jede Welle anders bricht, einfach kein Schema-F-Programm abspielen lässt.

Hull fand heraus, dass es zwei Hauptgruppen von Surfern gibt. Die eine Gruppe identifiziert sich 100%ig mit dem oben beschriebenen Lebensgefühl „Surfen“, sie rebelliert gegen die gesellschaftlichen Normen und Zwänge und geht meist auch keiner professionellen Beschäftigung nach. Sie verabscheut die Entwicklung des Surfens hin zu einem Massen- und Wettkampfsport ebenso wie die damit entstandene und ständig wachsende Surfindustrie. Die andere Gruppe ist die der Wettkampfsurfer, die aus dem Sport erst einen Wirtschaftszweig hat werden lassen. Neben diesen zwei Hauptgruppen existiert für Hull noch eine weitere Gruppe, welche zahlenmäßig den größten Anteil an den Surfern bildet. Es handelt sich dabei um Locals, die immer an den selben Stränden surfen oder Gruppensurfer. Sie sympathisieren mit beiden oben genannten Gruppen und obwohl sie sich hauptsächlich zu letzterer hingezogen fühlen, zeigen sie doch eine Art Verständnis zu der anderen Gruppe, den Surfhippies oder Surfvagabunden.

Die Entwicklung des Surfens und seiner Surfsubkultur hatte ihren Höhepunkt in den 60er Jahren, als die amerikanische Jugend den Sport und seine Lebenseinstellung für sich entdeckte und dadurch erst richtig entwickelte. Die Musik und Filme dieser Zeit spiegeln das Lebensgefühl dieser Jahre wieder. Durch die Entwicklung neuer Brettbauweisen, des Neoprenanzuges und der Fangleine änderte sich dann einiges. Daher sieht der Autor dieser Arbeit die Zukunft der Surfsubkultur darin, dass „die Institutionalisierung des Surfens die Kreativität und Rebellion, die jetzt das Surfen und seine Subkultur charakterisieren, einschränken wird“ (Hull 1976, 66).

Waves of Transformation

Abschlussarbeit von Carin Crawford für die University of California, San Diego, 1993.

Carin Crawford behandelt in ihrer Arbeit ein ähnliches Thema wie Hull. Sie setzt jedoch ihren Schwerpunkt in die Beschreibung der Surfsubkultur nach dem 2. Weltkrieg. Sie beginnt zunächst mit einem geschichtlichen Überblick, welcher den Großteil dieser Arbeit bildet. Anhand der geschichtlichen Entwicklung will sie zeigen, warum sich eine Surfsubkultur entwickelt hat. Sie überträgt dabei die Lebensweise der Polynesier im alten Hawaii auf die Surfkultur in Kalifornien nach dem 2. Weltkrieg. Bei guten Wellen ließen schon die alten Hawaiianer ihre Arbeit sofort liegen und stehen, um zu surfen. Diese Einstellung findet man auch bei der Nachkriegsgeneration von kalifornischen Surfern. Sie verbringen ihre ganze Zeit damit, am Strand zu sein und zu surfen. Da sie dafür nicht viel Geld brauchen, arbeiten sie

kaum. In den Wintermonaten nehmen sie Gelegenheitsjobs an, um sich ein paar Dollar zu verdienen. Diese Lebenseinstellung wird von der übrigen Gesellschaft abgelehnt. So werden die Surfer zu Außenseitern, zu Rebellen gegen bestehende Strukturen und die Gesellschaftsordnung. Erst als Schriftsteller und Filmemacher die Lebenseinstellung in Büchern und Filmen wie „Gidget“ veröffentlichten, wurde die Kluft zwischen den beiden so verschiedenen gesellschaftlichen Schichten etwas geringer. Diese Filme gaben den Startschuss für die Kommerzialisierung des Lebensgefühls „Surfen“.

Ende der 60er Jahre schlossen sich die ersten Surfer in Organisationen zusammen, um gegen das Vorgehen großer Immobilienfirmen anzukämpfen. Diese verkauften Strandgrundstücke an Privatpersonen, woraufhin die Surfer nicht mehr zu ihren Surfspots gelangen konnten. Des Weiteren veränderten sie die Küste durch Neubauten, neue Hafengebäude und Industrie, die zusätzlich noch zur Wasserverschmutzung beitrugen. Sie schütteten den Meeresgrund mit Bauschutt auf und trugen ganze Sandbänke ab, um neue Häuser zu bauen. So verschwanden viele Surfspots, und die Surfer begannen gemeinsam mit Umweltschützern und Strandliebhabern gegen diese Verunstaltung der Strände vorzugehen. Mit der *Proposition 20* gewann diese Gruppe zum ersten Mal einen Kampf gegen die Industrie und zeigte durch dieses enorme Engagement, dass der Strand und die Küste in Kalifornien Allgemeingut sind, das für Jedermann zugänglich bleiben sollte. Nach diesem Sieg schlossen sich immer mehr Surfer in Organisationen, wie etwa der *Surfrider Foundation*, zusammen, um gegen die Verschmutzung der Meere und Strände zu kämpfen.

Waves of Commodification: A Critical Investigation into Surfing Subculture

Abschlussarbeit von Michael Alan Reed für die Fakultät der Geographie der San Diego Universität, 1999.

Bei dieser Arbeit handelt es sich um die ausführlichste Erfassung und Interpretation der Surfsubkultur. Anhand seiner Nachforschungen in der Surfliteratur, in Surffilmen und Surfreiseberichten (der Vergangenheit bis hin zur Gegenwart) und schließlich seiner eigenen Erfahrungen als Surfer versucht er, die öffentliche Meinung über Surfer zunächst darzustellen und schließlich nach soziologischen Gesichtspunkten zu analysieren.

Wichtigster Punkt seiner Arbeit ist das „Maskuline“ am Surfsport. Surfen war schon immer von Männern geprägt mit typisch männlichem Verhalten, wie etwa der Eroberung, der Erforschung, des Wettkampfes, der Mobilität und des Beherrschens der Natur. Nach einem literarischen Überblick folgt eine geschichtliche Zusammenstellung und schließlich die Aufbereitung der Surffilme und ihre Auswirkung auf die Surfsubkultur. Filme wie *Gidget*, *Big Wednesday*, *Endless Summer* und auch der Actionfilm *Point Break* (auf deutsch: *Gefährliche Brandung*) spiegeln deutlich das vorherrschende männliche Bild wieder. Das ständige Sich-

immer-wieder-beweisen-Müssen, das Machogehabe (wozu auch die Auffassung gehört Frauen sollen nur am Strand sitzen, schön aussehen und die Männer beobachten), aber auch der Kampf mit Mutter Natur, hier vor allem mit den Wellen, zeigen deutlich die Maskulinität des Surfens.

Auch bei der näheren Betrachtung der Surfreiseberichte bestätigt sich wieder, dass hauptsächlich Männer Surftrips machen, sei es nur zu verschiedenen Surfstränden oder auch in fremde Ländern. Bei fremden Ländern handelt es sich hauptsächlich um unterentwickeltere Länder, wie etwa Costa Rica, Mexiko, El Salvador, Puerto Rico, Indonesien, und Nicaragua. Hierbei wird deutlich, dass das Erforschen neuer Länder im Vordergrund steht, ebenso wie auch das Entdecken bisher unbekannter Surfspots. Das Zusammentreffen mit fremden, noch surfunerfahrenen Kulturen wird gerade in dem ersten Teil von *Endless Summer* deutlich, als die beiden Surfhelden des Films in Afrika ankommen und von einer staunenden Gruppe von Kindern auf Holzplanken und Kanus im Wasser begleitet werden. Reed kommt zu dem Schluss, dass „das traditionelle patriarchalische Element dieser Reise [in Dritte-Welt-Länder] – die Gefahr, das Eindringen in ein jungfräuliches Gebiet, der männliche Held – direkt dem allgemeinen Bild eines Surfers des rebellischen Außenseiters, widerspricht“ (Reed 1999, 181).

Gerade in der Konfrontation mit der Natur, also den Wellen, können Männer beweisen, was sie können und wie groß ihr Mut ist. Dies sieht man besonders bei den Big-Wave-Surfern, die sich in riesige Wellen wagen, um so zu zeigen, dass sie die Natur besiegen können. Eine andere Gruppe von Surfern hat eine romantischere Beziehung zu den Wellen. Sie sehen sich eher in einem Zusammenspiel mit der Natur als in einem Wettkampf. Surfer haben teilweise sehr spezielle Beziehungen zu bestimmten heimischen Wellen und Surfstränden. Aber auch zu neuen Surfstränden bauen sie eine Art Beziehung auf, indem sie die natürlichen Gegebenheiten akzeptieren und respektieren.

Seine weiteren Untersuchungen beziehen sich unter anderem auf das Soul-Surfen, die Flucht aus der Wirklichkeit, die Rebellion gegen Klassendenken, Lokalpatriotismus und Fremdenhass. Auch sein kurzer Ausblick zum Frauensurfen mit seiner Vergangenheit und Zukunft macht deutlich, dass es zwar schon immer Surferinnen gegeben hat, aber dass selbst heute die Anzahl an surfenden Frauen noch immer sehr gering ist im Vergleich zu den Männern. Die Frauen, die es im Surfbusiness zu etwas gebracht haben, wie etwa Lisa Anderson aus den USA, verkörpern mehr einen männlichen, aggressiven Surfstil als einen femininen.

2.2.3 Physik und Surfen

The Physics of Surfing

Arbeit von Erin Grimley für die Fakultät für Physik der Universität von San Diego, 1998

Sie beschreibt in dieser Arbeit physikalische Formeln, mit denen man verschiedene Parameter berechnen kann, die für das Surfen von großer Bedeutung sind. Da sich die physikalischen Voraussetzungen, wie etwa wann eine Welle surfbar ist, seit der Zeit, als die alten Hawaiianer zu surfen begannen, nicht geändert haben, ist es für den Surfbrettbau relativ einfach gewesen, immer neue verbesserte Bretttypen zu entwickeln. Dazu hilft die Kenntnis über die nun folgenden Formeln.

Das Phänomen beim Surfen, auf der Wasseroberfläche stehen zu können, berechnet Grimley nach den Prinzipien des Archimedes. Da der Surfer (Gewicht des Surfers = W_s) und das Board (Gewicht des Boards = w) auf dem Wasser gleiten ohne unterzugehen (maximale Schwimm-/ Tragkraft = F), wissen wir, dass die Summe aller Kräfte auf das Board gleich null ist. $F - w - W_s = 0$; $w = F - W_s$.

Die Formel $P = P - m / hA$ (aus $pghA = PgHA - mg$; $p = PH/h - m/hA$) beschreibt, warum ein Surfer, der auf seinem Surfboard gleitet, nicht untergeht. P = Wasserdichte, p = Dichte des Surfboards, H = Menge der Dicke des Surfboards, die sich unter Wasser befindet, h = Dicke des Surfboards, A = Bereich des Surfboards. Würde der Surfer auf seinen Füßen stehen, würde er dagegen untergehen, da sich beim Surfen aber das Gewicht auf die gesamte Fläche des Surfboards verteilt, gleitet er über das Wasser.

Die Aussage, die sie über Balance und den Duckdive (Tauchttechnik) trifft, sind jedoch weniger wissenschaftlich, da sie diese nicht anhand von Formeln, sondern anhand surferischen Allgemeinwissens erklärt. Im letzten Teil ihrer Arbeit kommt sie auf die surferischen Grundlagen zu sprechen, um eine Welle zu bekommen und abzureiten. Aber auch hier wird, bis auf die Formel zur Geschwindigkeitsberechnung einer Welle $V = wr$ (V = tangentielle oder lineare Geschwindigkeit, w = Winkelgeschwindigkeit der im Orbit umlaufenden Teilchen, r = Radius des Orbits, welcher der _ Höhe entspricht), nur mit Allgemeinwissen gearbeitet.

In ‚Getting Physical – The Physics behind Surfing‘, von Leslie Brooks ebenfalls für die Fakultät für Physik der Universität von San Diego, 1999, geht es grundsätzlich um die bereits in der vorherigen Arbeit angesprochenen physikalischen Formeln des Surfens. Zunächst beschreibt sie auch wieder sehr allgemein und knapp, was ein Surfboard und seine Funktion ist, erklärt sowohl die Entstehung von Wellen, Gezeiten, Strömungen und kommt schließlich zu der Geschwindigkeit der Wellen. Da hier keinerlei Unterschied zur vorherigen Arbeit besteht, wird auf eine weitere Ausführung verzichtet.

2.2.4 Ingenieurwesen und Surfen

Hydrodynamics of Surfboards

Abschlussarbeit von Michael Paine für die Fakultät des Ingenieurwesens der Universität von Sydney, 1974.

Michael Paine beginnt seine Arbeit zunächst mit einigen Grundprinzipien des Wellenreitens und der Theorie von Ozeanwellen. Er untersucht dabei sowohl Tiefseewellen, Einzelwellen und sich brechende Wellen. Hierbei erstellt er auch erste Computermodelle (Lochkarten) von Wellen, die in seichtem Wasser brechen. Sein Forschungsprojekt umfasst aber noch weitere Teilbereiche, wie etwa das Surfen von Wellen mit einem mit Messgeräten ausgerüsteten Surfboard, einem speziellen Staurohr, einem Pitotrohr und einem Druckmessgerät zur Geschwindigkeitsmessung, bei dem Geschwindigkeiten von 5 bis 10 m/s gemessen wurden. Des Weiteren beobachtete er Surfer vom Strand aus und untersuchte auch hier ihre Geschwindigkeit. Die Ergebnisse waren die selben.

Eine weitere Untersuchung beschäftigte sich damit, ein Wasserfahrzeug zu planen. Die Stabilitätsprobleme, den Auftrieb, den Widerstand und den Schnitt hatte er dabei aus Forschungsunterlagen für Wasserflugzeuge. Er experimentierte weiter mit dem Design, der Konstruktion und der Inbetriebnahme einer stehenden Welle, die sich in einem Wassertank befindet. Die daraus entstandene Welle war etwa 200mm hoch in einem Becken von 1,2m Breite und einer Durchflussmenge von $0,37 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Er baute daraufhin auch die passenden Surfbretter und experimentierte mit ihnen in dem Becken an der stehenden Welle. Sein Versuch, ein menschliches Modell zu bauen, um die Instabilität des Surfboardmodells abzuschwächen, scheiterte aber. Entscheidend dafür war seiner Meinung nach die Zweidimensionalität seines Wasserdurchflusses. Hätte er diesen dreidimensional gestaltet, wären die Instabilitätsprobleme wahrscheinlich verschwunden. Er verweist hier auf die Untersuchungen von Dr. Peter Killen, der sich weiter mit diesem Problem beschäftigte. Seine Ergebnisse werden im nächsten Punkt dargestellt.

Aufgrund seiner Untersuchungsergebnisse schlägt er einige Änderungen beim Surfboarddesign vor, wie etwa scharfe unterschnittene Kanten sowie eine abgestufte Nase, um die starken Tendenzen hin zu einem Nosedive eines konvex geschapten Surfboards zu beseitigen. Ein Nosedive liegt dann vor, wenn die Nase des Surfboards bei der Fahrt ins Wellental unter die Wasseroberfläche eintaucht. Ist dieses Eintauchen zu tief, hat es normalerweise einen Sturz des Surfers nach vorne zur Folge. Paine baute später ein solches Surfboard, und obwohl es in dieser Hinsicht wie erwartet funktionierte, war es doch unpraktisch, da es sich nun aufgrund des größeren Widerstandes im Wasser nicht mehr gut paddeln ließ.

A stationary oblique breaking wave for laboratory testing surfboards

Abschlussarbeit von Peter Killen für die Physik Fakultät, School of General Studies an der Australian National University in Canberra, 1976.

Killen geht davon aus, dass eine in Strandnähe auf einen schrägen Untergrund brechende Meerwelle in einiger Entfernung vom Strand eine glatte/ruhige Oberfläche hat. In Abb. 22 betrachtet er den Übergang zwischen dem noch glatten- und dem darauffolgenden gebrochenem Teil der Welle, und erkennt dabei eine stetige Bewegung.

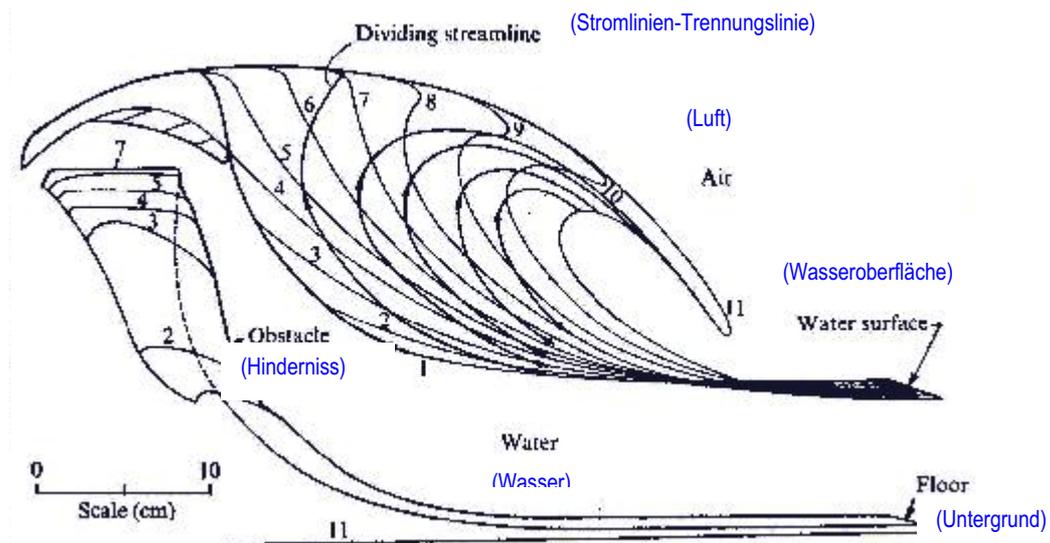


Abb. 22 Querschnitt einer Laborwelle (aus: <http://www4.tpg.com.au/users/mpaine/thesis.html>; 5)

Stellt er nun ein geeignetes Hinderniss in einen Wassertank, kann bei einer hohen Froude-Zahl (siehe hierzu 4.1.5.1 „Entstehung der Eisbach-Flusswelle“) eine solche Welle erzeugt werden. Peter Killen experimentierte mit einer so erzeugten 18 cm großen Welle, beschrieb ihre Wellenform sowie einige ihrer besonderen Charakteristika. Wie schon bei den Beobachtungen an der Meerwelle interessierte ihn auch hier besonders der Teil der Welle, an dem die glatte Oberfläche in den brechenden Teil übergeht. Seine extra dafür entwickelten



Modellsurfbretter (siehe Abb. 23) können diese Welle ohne weitere Unterstützung abreiten. Damit kann er die Kräfte, die auf das Surfboard einwirken, bestimmen. Ein Vergleich der gemessenen Kräfte mit Schätzungen, v.a. der des Widerstands, zeigt, dass die Viskosität und die Oberflächenspannung nur geringe Auswirkungen auf die Froude-Zahl haben.

Abb. 23 Laborwelle mit einem Modellsurfbrett (aus: <http://www4.tpg.com.au/users/mpaine/thesis.html>; 6)

Obwohl die Ergebnisse nicht exakt genug sind, um eindeutige Schlussfolgerungen über mögliche Effekte für den Surfbrettbau machen zu können, zeigen sie eindeutig, dass Strömungen für den Surfbrettbau im Labor simuliert werden können.

Bei den folgenden beiden Arbeiten handelt es sich weniger um wissenschaftliche oder theoretische Arbeiten für Universitäten, als viel mehr um realisierbare und teilweise auch realisierte Projekte im Bau von stehenden Wellen. Sie sollen hier ebenfalls kurz aufgeführt werden, da sie für weitere Untersuchungen im Wellenreiten möglicherweise als Labor, also Untersuchungsstätten, dienen könnten.

Gabriels Break – A New Approach to Wave Pool Design

Studie von Bruce Gabrielson, PhD, Chesapeake Beach, Maryland, 11. September 1995.

Gabrielson beschreibt die Entwicklung einer neuen Art Wellenpool, welcher fortlaufend Wellen verschiedenster Größe produzieren kann. Es handelt sich dabei um einen halbrunden Kanal (siehe Abb. 24), durch den ständig Wasser aus verschiedenen Poolpositionen gepumpt wird, um eine Zirkulation und die dadurch entstehenden Wellenvoraussetzungen zu schaffen. Das Wasser wird dazu aus dem Poolboden in Richtung der Wellenwand, an der sich die Welle brechen soll, gepumpt.

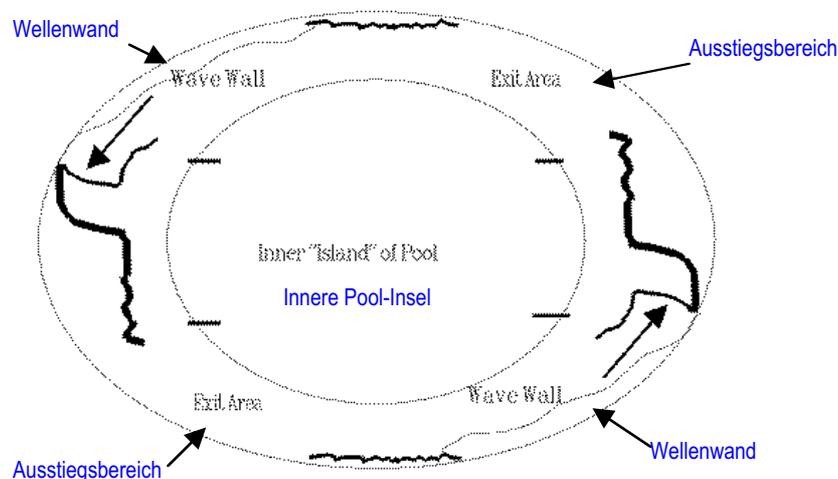


Abb. 24 Draufsicht auf den Pool mit seinen beiden Wellen (aus: <http://molasar.blackmagic.com/ses/wrest/surf/gabrek.html>; 2)

Man kann den Pool von zwei Seiten besteigen, wobei auf beiden Seiten jeweils eine Welle brechen wird. Der Ausstieg, eine Leiter oder Treppe, befindet sich nach der Welle am unteren Ende des Beckens. Die Wellen charakterisieren sich durch die Strömungsrichtung, die Geschwindigkeit und die Menge des Wassers im Pool. Das besondere Poolwanddesign formt die brechenden Wellen. Das Wasser kann im oder gegen den Uhrzeigersinn in den Pool gepumpt werden. So können sowohl Goofy- als auch Regular-Footer linke und rechte Wellen absurfen. Einen Sicherheitsmangel stellt jedoch die Poolwand dar, an der sich die größere Welle bricht. Ein ungeübter Surfer könnte bei einem Sturz gegen diese geschleudert werden.

Wave Loch – The Flow Rider

Thomas J. Lochtefeld und Carl Ekstroms Konzepte stehender Wellen.

Bei der stehenden Welle von Thomas Lochtefeld handelt es sich, wie bereits in der letzten Arbeit, nicht um eine wissenschaftliche Arbeit, sondern um eine kommerzielle Nutzung von stehenden Wellen. Da es sich bei seinen Projekten jedoch nicht nur um theoretische Ausarbeitungen, sondern um real existierende Wellen handelt, soll auf diese stehenden Wellen kurz eingegangen werden. Gerade bei einer Weiterentwicklung des jetzigen Standes, könnten sie durchaus interessant für weitere Untersuchungen im Wellenreiten sein.



Abb. 25 a) Beckendesign für eine Wave Loch Welle
(aus: <http://www.waveloch.com/index2.html>)



b) Wave Loch Welle ohne Wasser
(aus: <http://www.waveloch.com/index2.html>)

Die Welle entsteht, indem eine kleine Menge Wasser (geringe Wassertiefe) über einen wellig geformten Untergrund (siehe Abb. 25 a + b), mit hohem Druck geschossen wird. Dabei entsteht zwar keine Welle, wie sie von Wellenreitern bevorzugt wird, da sich diese Welle aufgrund ihrer geringen Wassertiefe nicht mit Surfbrettern mit Finnen surfen lässt. Dennoch entsteht darauf eine Sportart, die sich aus Surfen, Skateboarden, Snowboarden und Skimboarden zusammensetzt. Beim Skimboarden gleitet man auf einer flachen Holzplatte auf dem dünnen Wasserfilm der übrigbleibt, nachdem eine Welle den Strand hochgerollt ist. Skimboarder machen an dem Übergang zwischen diesem Wasserfilm und den Wellen Turns, wie ein Surfer in den Wellen.

Der große Vorteil dieser Welle gegenüber anderen Wavepools ist der, dass diese Welle mobil und vor allem platzsparend ist. Sie kann ganz einfach an immer neuen Orten aufgebaut und wieder abgebaut werden. Sie braucht wenig Platz, da es sich nur um eine Welle handelt, und kann daher auch in ganz normalen Wasserparks, wie etwa dem *Alpamare* in Bad Tölz, genutzt werden. Es bedarf lediglich eines zusätzlichen kleinen Auffangbeckens hinter und am rechten Ende der Welle. Diese beiden Becken sind die Bereiche, in welche die gerade gesurften Sportler nach ihrer Fahrt stürzen oder gespült werden. Die Größe der Wave-Loch-Welle ist lediglich 14 m x 14 m bei einer Höhe von 3 m. Die 4 Pumpen haben zusammen eine Leistung von 860 PS oder 660 Kilowatt, dabei werden pro Minute mehr als 378.000 Liter Wasser über die Welle gepumpt. Das Gesamtwasservolumen dieser Welle beträgt 500.000 Liter bei einem Gewicht von mehr als 680 Tonnen.

Durch Variation des Drucks, mit dem das Wasser über die gepolsterte Bahn geschossen wird, kann man auch die Geschwindigkeit und Höhe der Welle einstellen. So kann bei langsamer laufendem Wasser die Welle kleiner und somit für Anfänger ideal sein. Bei gesteigertem Druck dagegen bildet sich im hinteren Teil der Wellenwand eine stehende Tube, die lediglich von fortgeschrittenen Surfern gesurft werden sollte (siehe Abb. 25 c).



Abb. 25 c) Hohl brechende Wave-Loch-Welle mit Surfer
(aus: <http://www.waveloch.com/index2.html>)

Gesurft wird mit einem Mix aus Skateboard und Snowboard, einem schmalen Schaumbrett, das bei fortgeschrittenen Surfern auch noch mit Fußschlaufen versehen sein kann und somit Sprünge erlaubt. Durch unterschiedlich geformten Wellen kann man verschiedene Wellen bekommen. So ist etwa die Welle im „Alpamare“ in Bad Tölz eine Welle ohne den hohl brechenden hinteren

Teil, in dem sich eine Tube bildet. Hier handelt es sich lediglich um eine schräge Ebene, über die Wasser mit hoher Geschwindigkeit gepumpt wird. Dies ist die Variante, die in Wasserparks vor allem eingesetzt wird, da hierbei die Verletzungsgefahr sehr gering ist. Bei der hohl brechenden Welle ist diese relativ hoch und wird daher momentan vor allem zu Demonstrationszwecken mit Profisurfern verwendet.

1980 wurden von Thomas Lochtefeld die ersten Vorreiter dieser Welle gebaut. Gemeinsam mit dem Designer und Surfboard-Shaper Carl Ekstrom baut er seit 1987 diese stehenden Wellen in verschiedenen Variationen. Mittlerweile gibt es diese stehenden Wellen in mehr als 20 Wasserparks auf der ganzen Welt.

Zu Beginn meiner Dissertation wurde mir von Thomas Lochtefeld und Carl Ekstrom angeboten, meine Messungen auf ihren Wellen durchzuführen. Da jedoch auf diesen Wellen das Surfen mit normalen Surfbrettern mit Finnen nicht möglich ist und somit die Unterschiede zum eigentlichen Wellenreiten im Meer zu groß gewesen wären, habe ich mich gegen diese Alternative entschieden. Sobald sie jedoch eine Welle entwickelt haben, auf der man mit normalen Wellenreitbrettern mit Finnen surfen kann, wären diese „Laborwellen“ geradezu prädestiniert, um darauf weitere Untersuchungen zum Surfen anzustellen.

2.2.5 Sportwissenschaftliche Arbeit zum Surfen

Betrachtungen zum Wellenreiten

Zulassungsarbeit zum Ersten Staatsexamen für das Gymnasiallehramt in Bayern, am Lehrstuhl für Bewegungs- und Trainingslehre der Technischen Universität München, von Tina Matschkur, 1998.

Im Rahmen meiner Zulassungsarbeit zum 1. Staatsexamen wurden Aspekte zur Anfängerschulung im Wellenreiten untersucht. Diese Arbeit liefert einen Überblick über drei wichtige Themenbereiche, die mit dem Sport Wellenreiten zusammenhängen: Teil A. Allgemeiner Teil befasst sich mit dem geschichtlichen Hintergrund des Wellenreitens, B. Hauptteil mit den Lernschritten und auch den Techniken im Wellenreiten, und schließlich C. Exkurs, mit dem Einfluss des Windes und des Wetters auf die Wellen, die Wellenentstehung sowie die Gezeiten und Strömungen. Die Kenntnis dieser drei Bereiche ist von entscheidender Bedeutung, wenn ein Anfänger den Sport Wellenreiten erlernen will. Um diese Bereiche etwas näher zu erklären, werden im weiteren Verlauf einige Beispiele dazu ausgeführt.

A. Allgemeiner Teil:

Dieser Teil beschäftigt sich, wie schon angesprochen, mit der Geschichte des Wellenreitens von den ersten Berichten surfender Polynesier auf Hawaii aus dem 15. Jahrhundert, über die weltweite Ausbreitung, die Veränderung des Sports durch neue Erfindungen im Surfbrettbau bis schließlich zur Etablierung als Profisportart.

B. Hauptteil:

Der Hauptteil der Zulassungsarbeit gliedert sich in zwei Teilbereiche, und beschäftigt sich so zum einen mit den Lernschritten im Wellenreiten (I.) und zum anderen mit den Techniken des Wellenreitens (II.).

I. Lernschritte im Wellenreiten:

Hier wird auf bekannte Lehrmethoden und logische Lernschritte zurückgegriffen. Es werden keine neuen Methoden entwickelt, sondern lediglich bereits bestehende Vorgehensweisen anderer Sportarten auf die Anfängerschulung im Wellenreiten angewandt. Die dort aufgeführten Teilbereiche gliedern sich in 7 einzelne Lernschritte:

1. Gleiten I, 2. Bretttechniken, 3. Gleiten II, 4. Aufstehbewegung I, 5. Aufstehbewegung II, 6. Durchbrechungsmethoden, 7. Start in der grünen Welle. Diese Lernschritte untergliedern sich ihrerseits nochmals in je 5 Unterrichtsbausteine:

I. Unterrichtsorganisation mit ihren Sicherheitsaspekten sowie der jeweiligen Unterrichtsform für die Schulung am Meer. II. Unterrichtsziele (motorische und sensorische). III. Einleitung, mit ihrer Aufwärmphase und der theoretischen Hinführung auf den zu lernenden Inhalt der

Unterrichtsstunde. IV. Hauptteil, in welchem die angesprochenen Inhalte geübt werden. Und schließlich V. Reflexion des zuvor Gelernten durch Fehlerbestimmung, Ursache und Verbesserung. All diese Lernschritte dienen dazu, den Anfänger nach erfolgtem Surfkurs von dem in liegender Körperhaltung durchgeführten Gleiten auf dem Brett über das Erlernen der Grundtechniken wie Paddeln, Aufstehbewegung und Durchbrechungsmethoden bis hin zum Start in der ungebrochenen Welle und zur darauf folgenden stehenden Fahrt auf dem Board zu bringen. Durch die zahlreichen, extra für diese Zulassungsarbeit erstellten Schaubilder und Zeichnungen (siehe Abb. 26), wird der theoretische Teil anschaulicher, und somit leichter verständlich. Gerade für Laien auf dem Gebiet des Surfens oder auch für Anfänger, ist die bildliche Darstellung von großem Vorteil und erhöht den Lerneffekt erheblich.

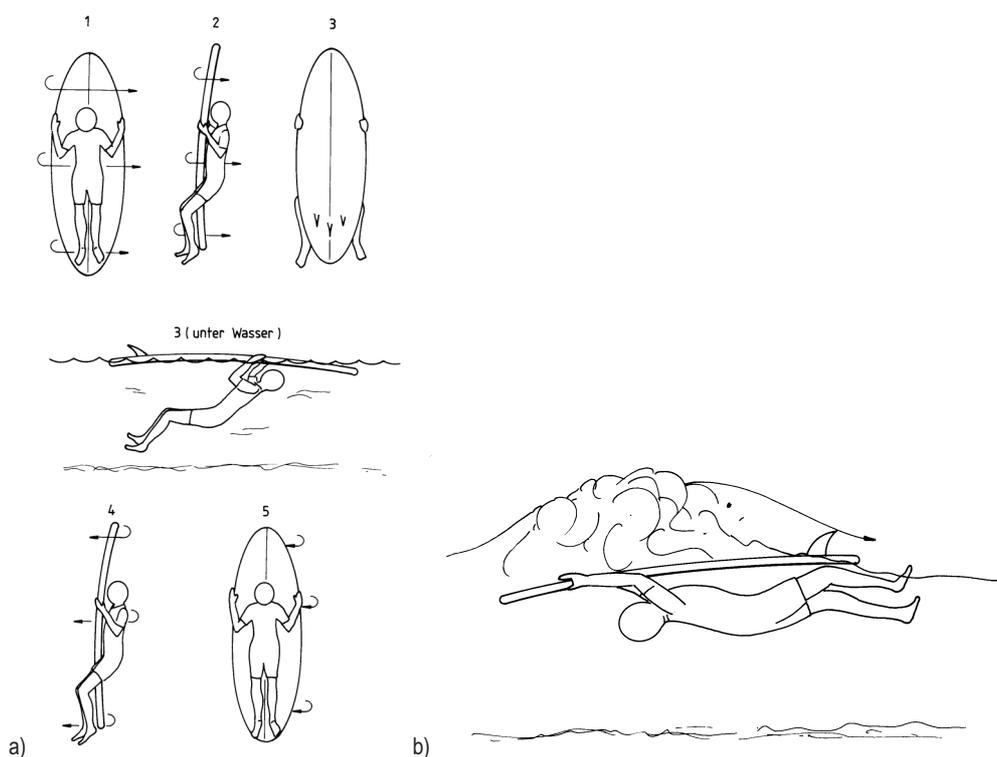


Abb. 26 bildliche Darstellung der Durchbrechungsmethode: Eskimorolle (aus: Matschkur 1998, 78)

II. Techniken des Wellenreitens:

Es handelt sich hierbei um einen ersten Versuch der Bewegungsanalyse. Es werden die Bewegungsabläufe beim 1.Take-off, 2.Bottom-Turns (frontside und backside), 3.Top-Turns (Roller, Roller off the lip sowie Floater), 4.Cutback, 5.Snapback, 6.Tuberide und schließlich 7.Duck-Dive beschrieben. Bei den Punkten 1-6 handelt es sich um Manöver, bei Punkt 7 um eine spezielle Durchtauchtechnik für erfahrene Surfer, um hinter die Brandung zu gelangen. Die Verlaufsbeschreibung erfolgt anhand von Photos und zweidimensionalen Videoaufzeichnungen. Die schriftliche Bewegungsbeschreibung wird jeweils am Ende mit Hilfe einer gezeichneten Verlaufsbeschreibung sowie eines Photos verdeutlicht (siehe Abb. 27). Die Bewegungsanalyse wird in dieser Arbeit lediglich angerissen. Eine Weiterführung dieser ersten Bewegungsbeschreibungen im Wellenreiten ist Gegenstand dieser Dissertation.

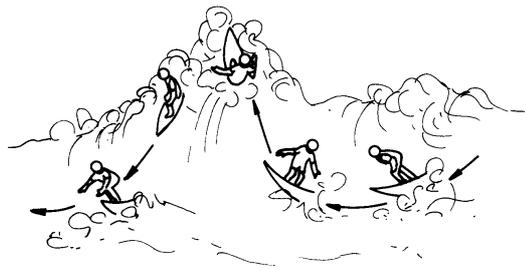


Abb. 27 a) Verlaufsbeschreibung eines Top Turns



b) Photo eines Top Turns (a+b aus: Matschur 1998, 92)

In der Zulassungsarbeit wird nicht nur auf das reine Erlernen der neuen Sportart Wert gelegt, sondern ebenfalls sehr intensiv auf die möglichen Risiken und die Bedingungen im Meer eingegangen. Daher beschäftigt sich der 3. Teil mit der theoretischen Schulung der Kursteilnehmer, obwohl bereits in den jeweiligen Unterrichtsstunden des Praxisunterrichts (Lernschritte) auf die Theorie aufmerksam gemacht wurde.

C. Exkurs:

Hier findet man die schriftliche Ausarbeitung der theoretischen Unterrichtsstunden, die jeweils im Anschluss an die praktischen Übungsstunden im Kurs stattfinden. Sie gliedern sich in drei Teilbereiche auf:

I. Einflüsse des Windes und des Wetters auf die Wellen:

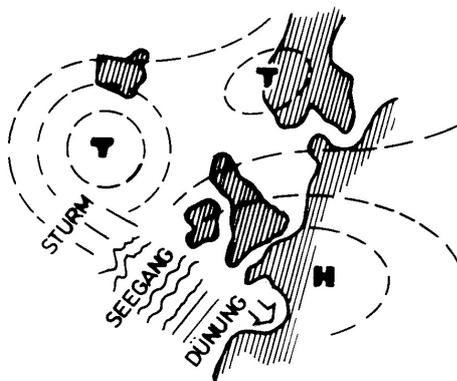


Abb. 28 Dünung entsteht (aus: Matschur 1998, 103)

Zunächst wird beschrieben, wie Wellen auf hoher See überhaupt entstehen können. Das geschieht zum einen durch Wind und Luftdruck (siehe Abb. 28), zum anderen auch durch das Hinzukommen thermischer und lokaler Winde sowie durch Auftreten einer bestimmten Wetterfront.

II. Wellenlehre:

Hier wird beschrieben, wie Wellen brechen und welche verschiedenen Arten der Brechung aufgrund des Untergrundes bei Beachbreak (siehe Abb. 29) und Reefbreak oder aufgrund einer seitlichen Abbremsung der Wellen beim Pointbreak auftreten können.

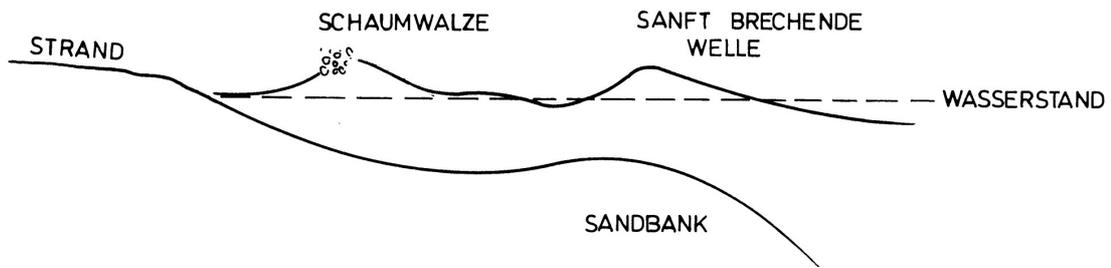
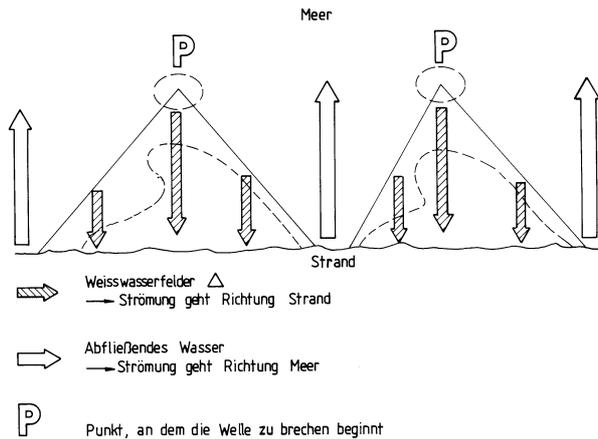


Abb. 29 Beachbreak (aus: Matschkur 1998, 104)

III. Strömungen und Gezeiten:



Sie bilden den letzten Teil der theoretischen Schulung. Da aufgrund von Wellen immer auch Strömungen auftreten, ist es wichtig, die Schüler über die Gefahren von ablandigen Strömungen aber auch über die Erleichterung, beispielsweise beim Hinauspaddeln, zu unterrichten (siehe Abb. 30).

Abb. 30 Darstellung der lokalen Strömungen in Ufernähe, zur Erläuterung der Strömungen in Richtung Strand (aus: Matschkur 1998, 82)

Der Einfluss der Gezeiten auf die Wellenbrechung ist von ebenso großer Bedeutung, da an manchen Stränden die Wellen überhaupt erst durch einen niedrigen Wasserstand zu brechen beginnen, während sie an anderen Stellen gerade dadurch sehr gefährlich zu surfen sind, da etwa das Riff kaum noch von Wasser bedeckt wird. Auch ein zu hoher Wasserstand kann eine Gefahr mit sich bringen, weil gerade dort starke ablandige Strömungen auftreten können.

Ziel war es, für Surfanfänger einen Lehrplan zu entwickeln, der sich mit allen Bereichen des Surfens befasst. Mit seiner Hilfe können die Anfänger aufgrund des erlernten theoretischen Grundwissens die Gefahren im Meer besser einschätzen und dadurch besser entscheiden, was in welcher Situation zu tun ist. Ohne dieses Wissen wäre es höchst verantwortungslos, die Schüler ohne Aufsicht nach Beendigung des Surfkurses dem Meer und seinen Tücken zu überlassen. Der Lehrplan ist eigentlich dazu gedacht, den Schülern eines zweiwöchigen Surfkurses theoretisches Anschauungsmaterial mitzugeben, damit sie sich auch nach dem Kurs wieder zu Hause mit dem neu erlernten Sport und dem Wissen über das Meer beschäftigen und für den nächsten Surftrip vorbereiten können. Er ist jedoch auch dazu geeignet, einem Anfänger ohne Surfkurs zu ersten Erfolgen zu verhelfen, wenn sich dieser an die im Lehrplan aufgeführten Lernschritte und vor allem auch an die Sicherheitshinweise hält.

2.3 Bisherige Vorgehensweise beim Training im Surfen

2.3.1 Training im Meer

Trainiert wird natürlich hauptsächlich, indem man zum Surfen ins Meer geht. Das ist und bleibt die wichtigste Art des Trainings. Zusätzlich zu einem effektiven Technik- und Muskelaufbautraining können nur hier bestimmte Fähigkeiten und Fertigkeiten trainiert werden, wie etwa das Wellenlesen, das Erkennen, wann eine Welle wohin und wie bricht (siehe Abb. 31). Diese Dinge können unmöglich nur vom Land aus gelernt werden. An Land, im Fitness-Studio, kann man lediglich die Muskulatur auf die Belastung im Meer optimal vorbereiten und trainieren.

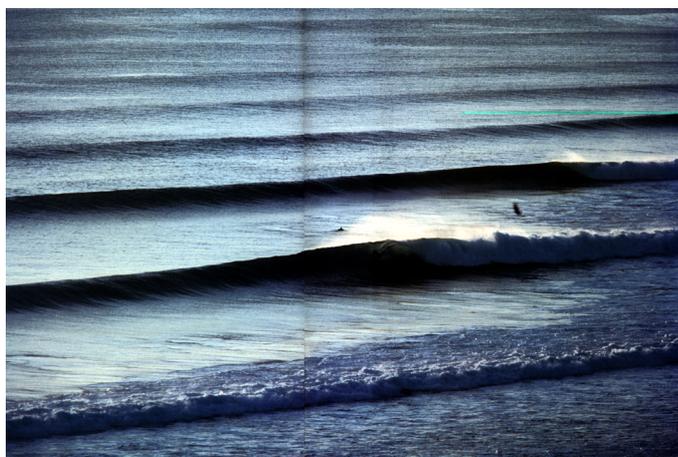


Abb. 31 Perfekte Dünung zur Veranschaulichung des „Wellenlesens“ (aus: Surfing Europe; Sommer 1999, Episode 2, 70 f)

2.3.2 Training im ruhigen Gewässer

Das Training der Arm-, Schulter- und Rückenmuskulatur kann sehr gut beim Brustkraulen, im Schwimmbad oder ruhigem Gewässer, trainiert werden. Da die Paddelbewegung auf dem Surfbrett stark an die der Kraultechnik erinnert, bringt sie die größtmöglichen Erfolge in Hinsicht auf Ausdauer und Schnelligkeit. Wissenschaftliche Messungen der Muskelaktivität (EMG) oder auch der Bewegungsausführung (Kinemetrie) sind hier jedoch nicht die Grundlage, es handelt sich vielmehr um Erfahrungswerte. Dreidimensionale Bewegungsanalysen von Boris Brandherm kann man unter www.schwimmstil.de finden, wo die einzelnen Bewegungen deutlich dargestellt sind.

Der Armzug (Schlüsselloch) lässt sich wie beim Brustkraulen auch beim Paddeln auf dem Surfbrett durchführen (vgl. Abb. 32 und 33). Der Arm wird dabei nicht nur unter dem Oberkörper, sondern zusätzlich unter dem Surfbrett durchgezogen. Je breiter ein Surfbrett ist (beispielsweise bei einem *Longboard*), desto verschiedener wird die Paddelbewegung zu der des Kraulschwimmens, da die Arme dann weiter vom Körper weg durch das Wasser gezogen

werden. Dabei verändern sich die Hebel und auch die Muskeleinsätze. Beim Surfen auf einem schmalen *Shortboard* sind die Schultergelenke frei und die Arme können so ihre gewohnte Kraulbewegung durchführen, ohne dass sie dabei eine breitere, ausweichende Position einnehmen müssen.

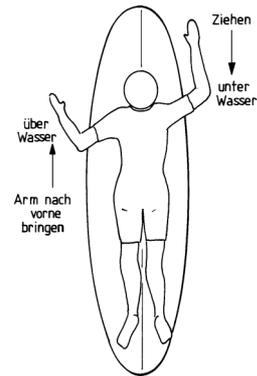
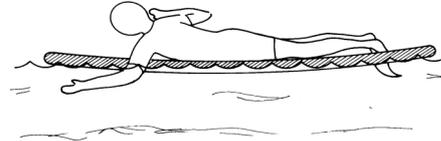
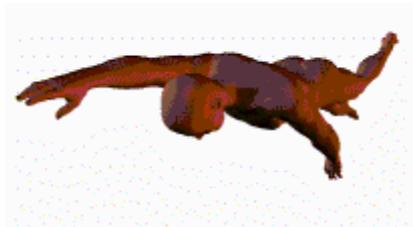
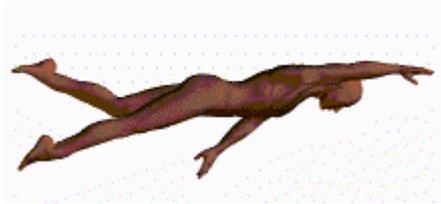


Abb. 32 Brustkraul im Schwimmen (aus: www.schwimmstil.de)

Abb. 33 Paddeln im Surfen (aus: Matschkur 1998, 42)

2.3.3 Training an stehenden Wellen

Einige wenige Surfer haben die Möglichkeit eines völlig anderen Trainings. Dieses Training kann nach meiner Recherche bisher jedoch an nur wenigen Plätzen der Erde überhaupt durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei um das Surfen stehender Wellen. Eine natürliche, stehende Welle kann sich dadurch bilden, dass schnell fließendes Wasser in stehendes Wasser fließt. Dies ist beispielsweise der Fall an der Münchner Floßlande, einer kleinen surfbaren Welle. Die größere und schnellere Variante findet man ebenfalls in München: Es handelt sich um den Eisbach. Hier sind jedoch auch die Grundvoraussetzungen für diese Welle ganz anders. Sehr schnell fließendes Wasser, welches aus den Bergen kommt, trifft auch hier mit langsamer fließendem Wasser zusammen, doch das langsam fließende Wasser muss hier erst gebildet werden. Dies geschieht, indem das schnell fließende Wasser zuvor erst noch gegen unterirdische Betonpfeiler prallt. Hierdurch wird das Wasser abrupt abgebremst und weicht nach oben aus. Es entsteht eine Welle. Diese Welle befindet sich aufgrund der baulichen Maßnahmen immer an der selben Stelle. Genauere Erläuterungen zu der baulichen Situation am Münchner Eisbach und die Entstehung dieser Flusswelle sind im Punkt 4.1.5.1 „Entstehung der Eisbach-Flusswelle“ und 4.1.5.2 „Plan vor Ort“ zu finden.

Es gibt jedoch nicht nur in München diese stehenden Wellen, sondern auch an anderen Orten der Erde, wie etwa in Konstanz, in Zürich in der Schweiz oder auch am *Snake River* in Colorado, USA. Kleinere Wellen oder auch nur gelegentlich auftretende Wellen, beispielsweise wenn die Flüsse Hochwasser haben, gibt es bestimmt auch an vielen anderen Plätzen der Welt, doch die Qualitätsunterschiede der Wellen sind dabei sehr groß. Erfahrungswerte zeigen dabei, dass der Münchner *Eisbach* aufgrund seiner Schnelligkeit, Größe und vor allem Konstanz eine der besten stehenden Wellen der Welt ist.

Notwendig für alle stehenden Wellen ist immer schnell fließendes Wasser, welches abgebremst wird, in welcher Form auch immer diese Geschwindigkeitsreduktion erfolgen mag. In diesem Punkt unterscheidet sich die Entstehung einer stehenden Welle kaum von der einer Welle im Meer. Eine Meerwelle bildet sich nämlich auch dadurch, dass die hohe Geschwindigkeit, die das Wasser auf dem offenen Meer erreicht hat, abgebremst wird. Dies erfolgt entweder seitlich (*Pointbreak*) oder durch den Untergrund (*Riff* oder *Sandbank*). Die Welle kann dabei auf offener See eine Strecke von etwa 1000 Kilometern am Tag zurücklegen. Kommt sie in Ufernähe, haben die rotierenden Wasserteilchen, durch die sich die Welle fortbewegt, keinen Platz mehr, um komplett unter Wasser ihre Rotationsbewegung auszuführen, und so weichen sie zunächst nach oben aus. Dabei wird die Welle an der Wasseroberfläche sichtbar und überschlägt sich schließlich nach vorne, wenn der Untergrund die kritische Tiefe von 1 : 1,5 (eine 1,5m hohe Welle bricht in 1m Wassertiefe) erreicht hat (siehe Abb. 34).

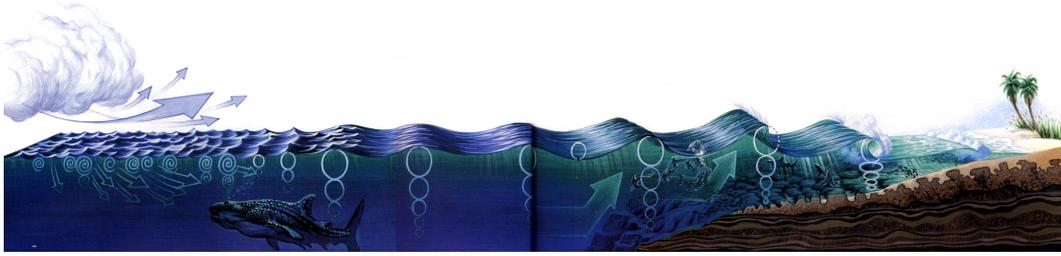


Abb. 34 Rotierende Wasserteilchen in einer Welle (aus: Roberts 1997, 40ff)



Abb. 35 Weißwasser bei der stehenden Welle Eisbach -> hinter der Welle

Bei den stehenden Wellen bricht das Wasser jedoch nicht nach vorne, sondern nach hinten (siehe Abb. 35). Da es in die ursprüngliche Richtung, nämlich nach hinten, weiterfließt. So entsteht dort keine hohle, sondern eine runde Welle. Das Weißwasser, der gebrochene Teil der Welle, ist daher auch hinter der stehenden Welle zu finden.



Abb. 36 Profil einer brechenden Meer-Welle -> Weißwasser vor der Welle (aus: <http://store.corbis.com>)

Ganz im Gegensatz zur Meerewelle (siehe Abb. 36), wo sich das Weißwasser aufgrund der Bewegungsrichtung der rotierenden Wasserteilchen zum Strand hin immer vor der Welle befindet.

An dieser stehenden Welle lassen sich alle Manöver surfen, die auch im offenen Meer möglich sind. Eine Welle am Meer hat immer eine bestimmte Länge und somit ist auch eine bestimmte Dauer der Fahrt festgelegt. Im Normalfall liegt die Surfdauer auf einer Meerewelle erfahrungsgemäß zwischen einigen Sekunden und einer halben Minute. Ausnahmen bestätigen natürlich auch hier die Regel und so gibt es genauso im Meer Wellen, die sich 3 bis 5 Minuten lang absurfen lassen, wie beispielsweise in *Jeffreys Bay* in Südafrika oder *Rincon* in Kalifornien, USA (siehe Abb. 37 a + b).

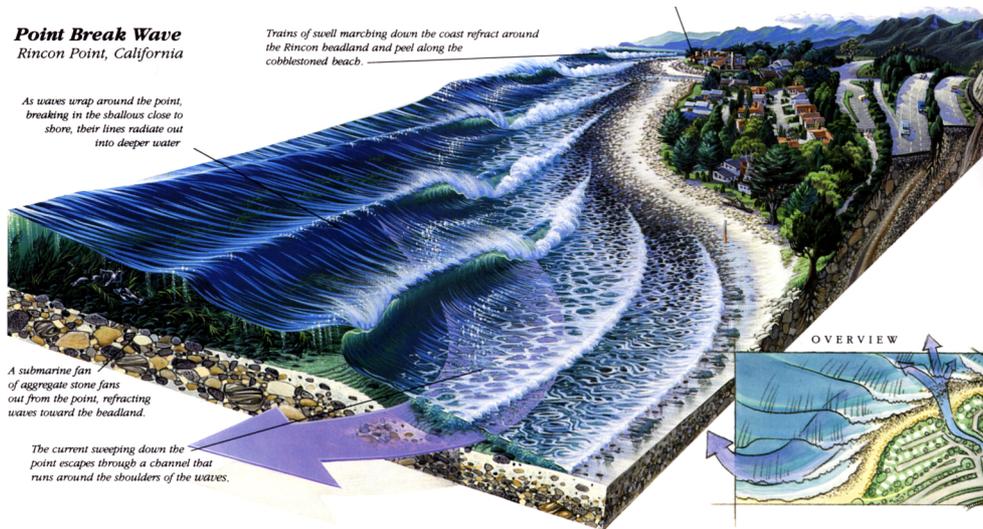


Abb. 37a) Schnittbild der Welle von Rincon, Kalifornien, USA (aus: Roberts 1997, 48)



Abb. 37 b) Rincon Welle (aus: Surfing Girl; Volume 4, N° 2, 34)

Bei der Welle von *Rincon* handelt es sich um einen Pointbreak. Die Welle bricht sich in diesem Fall, da sie seitlich durch eine Landzunge abgebremst wird. Um diesen einen Punkt beginnt die Welle zu brechen und bricht weiter in eine Bucht hinein. Dabei wickelt sie sich regelrecht um die Landzunge herum. Die dadurch entstehende Welle kann, bei entsprechenden Voraussetzungen, wie etwa einem tiefem Untergrund, von einer bis zur anderen Seite der Bucht kontinuierlich brechen. Ist die Bucht so groß, wie die von *Rincon*, ergeben sich die zuvor angesprochenen maximalen Surfzeiten. Da dies jedoch eher selten der Fall ist, wird gerade die Beinmuskulatur am Meer nicht so stark beansprucht, im Gegensatz zur Situation an der stehenden Welle. Diese endlose Welle erlaubt es dem Surfer, beliebig lange auf ihr zu surfen. Man kann daher gerade hier sehr gut Tricks und Techniken ausprobieren und trainieren. Da eine stehende Welle diese Vorteile mit sich bringt, ist gerade hier auch eine Analyse der Bewegungen besonders gut möglich. Meine eigenen Surferfahrten an der stehenden Welle im Englischen Garten in München habe ich in diese Dissertation mit eingebracht. So wurde die stehende Welle am Eisbach zu meinem Labor für die folgenden biomechanische Messungen.

2.3.4 Training durch verwandte Sportarten

Ein Training durch andere, dem Surfen nah verwandte Sportarten, wie etwa das Snowboarden oder Skateboarden, ist auch eine Möglichkeit, welche zur Verbesserung des Surfens herangezogen werden kann. Gerade die Tricks im Skateboarden haben seit der *New-School* Surfgeneration (siehe 2.1.3.5 „Surfen als Profisportart“) sehr stark an Bedeutung gewonnen. Die Surfer wollen die gleichen Tricks, die sie auf der Straße und in der Halfpipe machen, auf das Surfen übertragen. So können sie beispielsweise 360er (ganze Drehungen) oder auch Aerials (Sprünge) mit dem Skateboard an Land üben, um diese Bewegung später im Wasser umzusetzen. Die Trainingsfrequenz an Land ist dabei um ein Vielfaches höher als im Wasser, da die Bedingungen an Land ein pausenloses Üben zulassen.



Abb. 38 Turn an der Coping beim Poolskaten (aus: International Longboarder Magazine; 2000; Volume 2, Issue 1, 15)



Abb. 39 a) Top Turn beim Surfen (aus: Wahine; Volume 7, N° 4, 76)

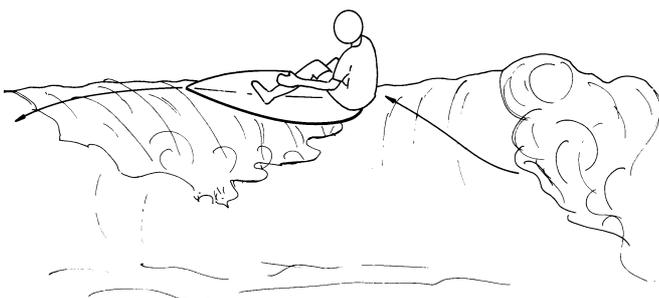


Abb. 39 b) Top Turn (aus: Matschkur 1998, 94)

Eine weitere gute Trainingssituation birgt das Skaten in einem Pool oder Bowl, einer auf allen Seiten geschlossenen Halfpipe. Dort kann das Skaten an einer schrägen Wand, also ähnlich dem Surfen an der schrägen Wellenwand, geübt werden. In Abb. 38 und 39 lässt sich anschaulich erkennen, wie ähnlich sich die beiden Sportarten in ihrer Ausführung sind. In Abb. 38 macht der Skateboarder gerade einen Turn an der Coping, der oberen Begrenzung des Pools. Abb. 39 a + b zeigen den Surfer am Wellenkamm beim Top Turn im Surfen. Diese Turns zeigen deutlich eine Verwandtschaft der beiden Sportarten.

Eine Verwandtschaft der drei Sportarten Snowboarden, Skateboarden und Surfen ist bei der Ausführung eines Slides oder Snaps in den Abb. 40 a-c zu sehen. In Abb. 40 d) kann man zusätzlich noch die Ähnlichkeit dieser Sportarten zum Surfen an einer stehenden Welle erkennen, auf welche in Punkt 2.3.3, „Training an einer stehenden Welle“, bereits eingegangen wurde. Bei den Ausführungen handelt es sich jedoch nicht um wissenschaftlich belegte Messergebnisse, sondern nur um Plausibilitätsklärungen, da man für eine genaue Bestimmung des Verwandtschaftsgrades und der Gleichheit bei der Bewegungsausführung einen wissenschaftlichen Vergleich dieser Sportarten durchführen müsste.



a) Snowboarden (aus: Wahine; Volume 4, N°4, 37)



b) Skateboarden (Ettel privat Photo)



c) Surfen im Meer (aus: <http://www.surfermag.com>)



d) Surfen an einer stehenden Welle (Wann privat Photo)

Abb. 40 Bewegungsausführung verwandter Sportarten

3 Theorie zu Kinemetrie und Elektromyographie

Ein Hauptziel der Biomechanik ist die Bewegungsanalyse, die Beschreibung und Erklärung eines betrachteten Bewegungsablaufs. Eine Bewegung charakterisiert sich durch die zeitliche Lageveränderung von einzelnen Körperpunkten und Gelenkwinkeln. Vier verschiedene Messmethoden bilden gemeinsam die Bewegungsanalyse. Es handelt sich dabei um die Anthropometrie, die Kinemetrie, die Dynamometrie sowie die Elektromyographie. Diese setzen sich ihrerseits wieder aus den mechanischen (Messung erfolgt mit Maßband, Waage und Stoppuhr), elektrischen (mechanische werden in elektrische Größen umgewandelt) und optischen (optische Abbildung des Objekts) Messprinzipien, zusammen. Außer in der biomechanischen Anthropometrie wird meist auf die mechanischen Verfahren verzichtet. Bei den Untersuchungsmethoden der Kinemetrie bildet das optische, bei der Elektromyographie das elektrische Messprinzip, den Schwerpunkt. In dem folgenden Abschnitt soll auf die biomechanischen Messmethoden genauer eingegangen werden, wobei bereits hier die für die späteren Messungen besonders wichtigen Methoden Kinemetrie (Punkt 3.1) und Elektromyographie (Punkt 3.2) präziser ausgeführt werden.

Auf eine Bestimmung der Körperwinkel mit Hilfe der Dynamometrie anhand von Dehnungsmessstreifen wird in dieser Dissertation verzichtet, da diese Körperwinkel gleichzeitig aus den kinemetrischen Aufzeichnungen ermittelt werden können. Auf einen Einsatz von piezoelektrischen Gebern als Mittel zur Druckmessung wird ebenfalls verzichtet, obwohl zunächst überlegt wurde, ob eine Messung im Surfen mit Hilfe von Druckmesssohlen in den Neoprenschuhen dazu herangezogen werden sollte, um Aussagen über die Druckverteilung auf die beiden Füße während des Surfens machen zu können. Da es fraglich ist, ob exakte Messergebnisse erzielt werden können, da die Füße sich immer wieder unter Wasser befinden und sich somit die Druckvoraussetzungen ständig ändern, findet diese Messmethode hier keine Anwendung.

Bei der biomechanischen Anthropometrie werden mechanische Eigenschaften des menschlichen Körpers gemessen. Diese mechanischen Eigenschaften unterteilen sich in eine Längen- und Größenmessung des Körpers oder des Körperteils, in die geometrische Verteilung der Körpermasse, welche beispielsweise den Körperschwerpunkt beschreiben, den Gelenkaufbau sowie die Lage- und schließlich noch die Festigkeitseigenschaften verschiedener Gewebe. Die Ausführungen der Körperbaumerkmale beschränken sich im weiteren Verlauf auf die für diese Dissertation wichtige Ermittlung des Körperschwerpunkts. Seine Lage ist ebenso abhängig von den individuell unterschiedlichen Körpermerkmalen der Testperson, wie von Größe- und Massenverteilung und von der Bewegung. Die kleinste Veränderung, beispielsweise das Anheben eines Armes, reicht aus, um die Lage des Körperschwerpunkts zu verändern. Genaueres zur Bestimmung des Körperschwerpunkts wird in Punkt 4.3.2.2 „Körperschwerpunkt-Lage im Verlauf der Bewegung“ erläutert.

3.1 Bewegung und Kinemetrie im Hinblick auf die kinemetrischen Untersuchungen des Surfens

3.1.1 Die Bewegung und ihre Merkmale

Die Bewegung im Sport bezieht sich auf die Bewegung eines Menschen und beschreibt seine Ortsveränderung im Verlauf der Zeit. Für die spätere Bewegungsanalyse sollen hier einige theoretische Zusammenhänge der Bewegung erläutert werden. Den Ablauf einer Bewegung kann man in quantitative und qualitative Bewegungsmerkmale einteilen (vgl. Ballreich / Baumann, 14f). Bei den quantitativen Bewegungsmerkmalen handelt es sich vor allem um die für diese Dissertation wichtigen kinematischen Merkmale der Bewegung, auf welche im nächsten Punkt genauer eingegangen wird.

Nach Meinel (Meinel / Schnabel 1998, 83ff) setzen sich die qualitativen Merkmale der Bewegung wiederum wie folgt zusammen: In der Bewegungsstruktur wird die Bewegung in verschiedene Phasen eingeteilt, und zwar bei azyklischen Bewegungen in die Vorbereitungs-, die Haupt- und die Endphase. Bei zyklischen Bewegungen oder auch bei der Kombination von azyklischen Bewegungen, kommt es zu einer Verschmelzung der Vorbereitungs- und Endphase zu einer Zwischenphase.

Der Bewegungsrhythmus entsteht durch die Kombination verschiedener azyklischer bzw. auch zyklischer Bewegungen miteinander. Dieser Rhythmus ist für jede Kombination anders, und so kann der Sportler bestimmte Rhythmen im Gedächtnis abspeichern, um in der jeweiligen Situation auf sie zurückzugreifen. Eine Unterstützung kann der Sportler etwa durch einen akustischen Zuruf bekommen. Eine rhythmische Sprechweise kann bei der Ausführung einer Bewegung(s) /-kombination von großer Bedeutung sein.

Die Bewegungskopplung beschreibt das Zusammenspiel verschiedener Teilbewegungen und auch die Koordination mehrerer Körperteile untereinander. Dabei spielt sowohl die Schwungübertragung bei der Ausführung einer Bewegung als auch auch die richtungssteuernde Funktion des Kopfes in der Bewegung eine entscheidende Rolle.

Man kann den Bewegungsfluss mit Hilfe verschiedener Verläufe verdeutlichen. So beschreiben die Weg-Zeitverläufe beispielsweise die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen während der Bewegung und geben somit preis, an welcher Stelle der Bewegung es möglicherweise zu Verzögerungen gekommen ist. Die Kraft-Zeit-Verläufe kennzeichnen den Spannungsanstieg bzw. -abfall einer Bewegung. Die Winkel-Zeit-Verläufe schließlich geben an, wie sich die verschiedenen Körperwinkel in der Bewegung verändern. Aufgrund dieser Merkmale des Bewegungsflusses lassen sich später exakte Bewegungsanalysen erstellen. Ein weiterer Punkt des Bewegungsflusses ist die Elastizität der

Bewegung, womit beispielsweise das Abfedern oder auch Abbremsen einer Bewegung gemeint ist. Schließlich charakterisieren Meinel und Schnabel den Bewegungsfluss zusätzlich noch als „das Ergebnis eines motorischen Anpassungsvorganges und somit eine Erscheinungsform der Bewegungskoordination“ (Meinel/Schnabel 1998, 127).

Bewegungspräzision bedeutet zum einen die Ziel- bzw. Treffgenauigkeit, zum anderen die Ablaufgenauigkeit eines Bewegungsverlaufes. Letztere kann bestimmt werden, indem man einen Soll-Ist-Wert-Vergleich bestimmter Ziel- / Raumpunkte durchführt.

Unter der Bewegungskonstanz verstehen Meinel/Schnabel „den Grad der Übereinstimmung wiederholt vollzogener Bewegungsakte oder einzelner Zyklen untereinander.“ (Meinel/Schnabel 1998, 135). Bei sportlichem Training kommt es zu einer Verbesserung des Bewegungsablaufes (der Technik). Diese Konstanz in der eigentlichen Bewegung kann man durch das Vergleichen einzelner Techniken in der Bewegungsanalyse nachweisen.

Der Bewegungsumfang beschreibt die Ausdehnung der Bewegung im Raum.

Das Bewegungstempo befasst sich mit der Geschwindigkeit, mit der eine Bewegung ausgeführt wird.

Die Bewegungsstärke beschreibt den Krafteinsatz der Muskulatur innerhalb einer Bewegung. Wichtig dabei ist nicht nur die Größe der Kraft, sondern auch die Richtung sowie die zeitliche Einordnung in den Bewegungsablauf.

Der Bewegungsbeschreibung, dem letzten Punkt der Bewegungsmerkmale, soll im weiteren Verlauf eine besondere Bedeutung zukommen, da die Analyse der Surfbewegungen den zentralen Aufgabenbereich dieser Dissertation bildet. Sie kann dazu dienen, eine Bewegung zunächst als Verlaufsfolge zu definieren, daraufhin kann eine Mustertechnik entwickelt werden, und schließlich kann man mehrere Bewegungsausführungen miteinander vergleichen.

3.1.2 Die Kinemetrie

Kinematische Informationen werden benötigt, um Bewegungen beschreiben zu können. Mit Hilfe der Kinemetrie kann man die kinematischen Merkmale Weg (Länge, Winkelgröße) und Zeit sowie die daraus ableitbaren Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung ermitteln. Dazu braucht man zunächst das Kinegramm, das die aufeinanderfolgenden Einzelbilder darstellt, auf denen jeweils die Position eines Bewegungsablaufes zu sehen ist. Dort werden dann die zuvor ausgewählten markanten Körperpunkte wie etwa das Hüft- und Kniegelenk aufgezeichnet (vgl. Baumann in Röthig 1992, 232).

Reiht man die Ortsveränderungen, die eine Bewegung mit sich bringt, aneinander, bekommt man eine vollständige Verlaufsbeschreibung dieser kleinen Veränderungen. Hier setzt nun die Bewegungsbeschreibung an. Bei ihr handelt es sich um „die sprachliche oder schriftliche Darstellung des räumlichen, zeitlichen und dynamischen Verlaufs einer Bewegungsfertigkeit, bei der es mehr auf die akzentuierte als auf die vollständige Beschreibung der Bewegungsphasen ankommt.“ (Grössing in Röthig 1992, 75).

Für die elektrischen Prinzipien der kinemetrischen Verfahren wie der Zeit, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Winkelmessung soll nur auf letzteres genauer eingegangen werden, da die Winkel für die spätere Auswertung wichtig sind.

Besonders wichtig für die Untersuchungen dieser Dissertation ist das optische Messverfahren, bei dem ein zu betrachtendes Objekt bildlich dargestellt wird. Das heißt, dass die zunächst aufgezeichnete Bewegung - im Fall dieser Dissertation geschieht dies mit Hilfe der Videographie - anschließend anhand des dadurch entstandenen Bildes vermessen wird. Die Videographie dient heute in der Sportwissenschaft wie einst die aufwendigere Kinematographie zur Aufzeichnung und Bearbeitung von sportlicher Bewegung. Bei der Videographie werden Daten aufgezeichnet, wobei sie über photoelektrische Umwandlung elektromagnetisch gespeichert werden. Die zwei synchronisierten Videokameras müssen fix installiert sein, d.h. die Position und der Blickwinkel dürfen während der Aufzeichnung nicht geändert werden, da sonst die dreidimensionalen Auswertungen entweder ungenau oder im schlimmsten Fall sogar unbrauchbar werden.

Die Erfassung der dreidimensionalen Bildinformation erfolgt durch Bestimmung der Bildkoordinaten zuvor ausgewählter Körperpunkte auf jedem einzelnen Videobild. Sind diese Punkte so markiert, dass sie das Computersystem selbständig erkennen kann, ist eine automatische Auswertung möglich. Das automatische Abtasten der markierten Körperpunkte ist jedoch nur in Fällen möglich, in denen die Marker vom Computer immer erkannt werden können. Ist dies nicht möglich, erfolgt die Auswertung per Hand, wobei die markierten Punkte

auf dem Videobild einzeln abgetastet werden. Die Ergebnisse der Auswertung dieser Daten und der daraus resultierenden Berechnungen speichert man im Computer ab.

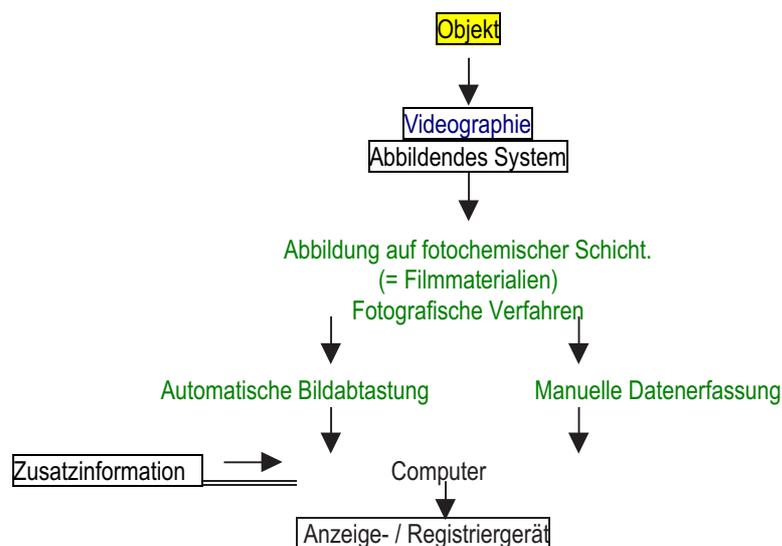


Abb. 41 Optisches Messprinzip der Videographie

Bei der optischen Abbildung wird von einem dreidimensionalen Körper mit Hilfe eines Objektivs ein ebenes verkleinertes Bild erzeugt. Das bedeutet, dass der dreidimensionale Raum auf die zweidimensionale Bildebene reduziert wird und dadurch Informationen verloren gehen. Ohne zusätzliche Daten ist eine räumliche Darstellung des sich bewegenden Körpers aus einem Videobild nicht möglich. Daher sind die Raum- und Zeitmaße die aus optisch erzeugten Bildern zu ermittelnden Grundgrößen. Das räumliche und zeitliche Auflösungsvermögen kennzeichnet die wesentlichen Eigenschaften eines technisch verwirklichten Verfahrens, um räumlich oder zeitlich eng benachbarte Einzelheiten eines bewegten Objekts voneinander zu trennen. Auf die Einzelheiten dieser Verfahren soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden.

Zur zeitlichen Auflösung sei nur noch so viel gesagt, dass sie bei Videokameras auf 25 Bilder pro Sekunde (= HZ, Herz bzw. PAL) bei Vollbildauswertung begrenzt ist. Bei der Halbbildauswertung mit halber Zeilenzahl ist die Frequenz mit 50 HZ doppelt so hoch. Als groben Anhaltspunkt kann man angeben, dass ab 12 Bildern pro Sekunde eine flüssige Bildfolge für das Auge entsteht. Ab dann sind keine Einzelbilder mehr zu erkennen.

3.2 Aspekte einer Bewegungssteuerung im Hinblick auf die elektromyographische Untersuchung des Surfens

Eine Steuerung der Muskelaktivität erfolgt durch das Zusammenwirken von Sinnesorganen (visuellen, akustischen, vestibulären sowie taktilen und kinästhetischen Analysatoren) und dem Gehirn (Groß- und Kleinhirn). Es kommt dabei zu einer Regulation des Bewegungsablaufes aufgrund verschiedener im Gehirn gespeicherter Programme. Die Arbeitsweise der Sinnesorgane bei der Wahrnehmung, übergehend in die Vorgänge im Gehirn während des Ablaufs eines Bewegungsprogramms bis hin zur angestrebten Muskelaktivität, sind in Abb. 42 dargestellt und werden im weiteren Verlauf beschrieben, wobei der Schwerpunkt auf der Muskelaktivität und ihrer Messung liegt.

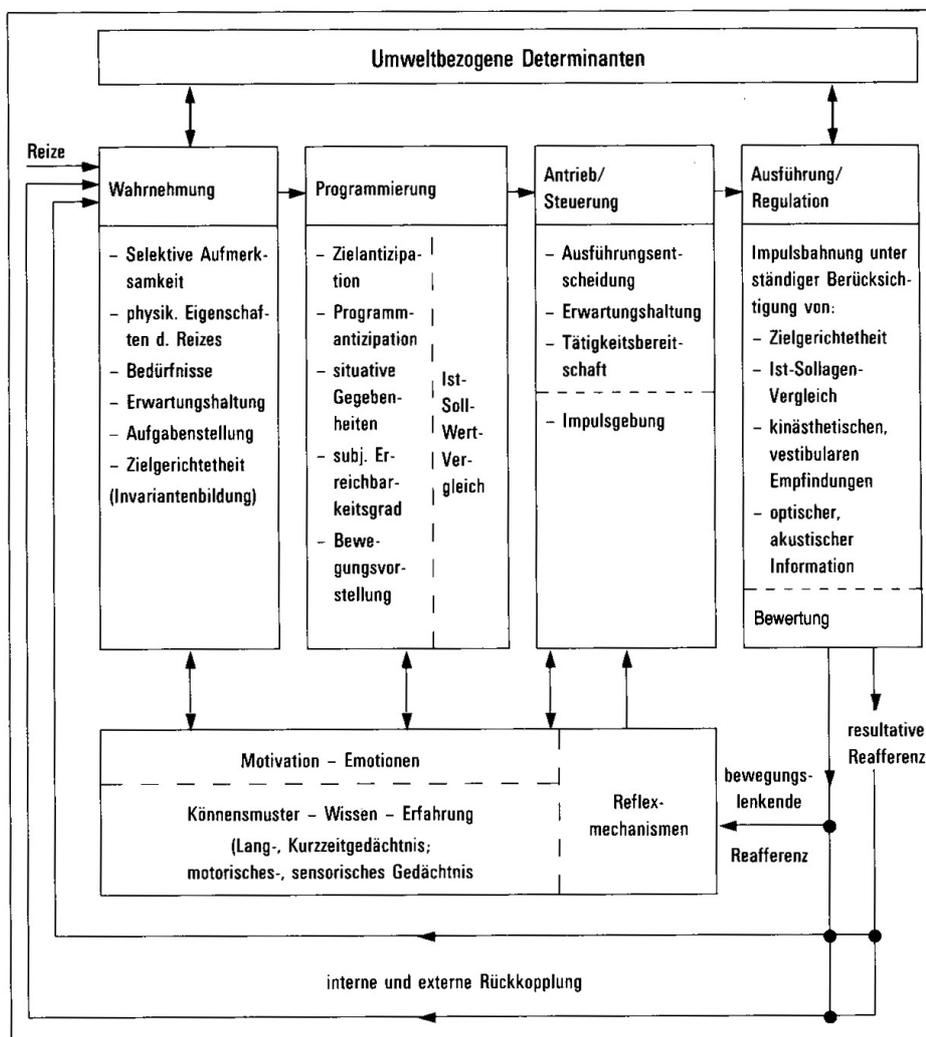


Abb. 42 Modell des sportmotorischen Handlungsvollzugs (aus: Grosser et al. 1987, 172)

3.2.1 Wahrnehmung

Als Reiz bezeichnet man ein „Ereignis inner- oder außerhalb eines Organismus [...], das auf Zustände des Organismus einwirkt und Zustandsänderungen zur Folge haben kann“ (Röthig 1992, 380).

Reize und auch Informationen nimmt der Mensch bewusst und unbewußt mit Hilfe seiner Sinnesorgane wahr. Im Sport unterscheidet man zwischen optischen, akustischen, vestibulären, taktilen und kinästhetischen Informationen, die der Mensch in seinem Kurz- oder Langzeitgedächtnis im Gehirn abspeichert. Zu einer optimalen Informationsaufnahme und -verarbeitung benötigt man immer ein Zusammenspiel mehrerer Analysatoren sowie Speichersystemen im Gehirn. „Das Gelingen Sportlicher Bewegung ist nur aufgrund dieser Gleichzeitigkeit möglich“ (Grosser et al. 1987, 174). Genaueres zur Verarbeitung der Informationen im Gehirn wird im Punkt 3.2.2 „Bewegungsprogrammierung“ dargestellt.

3.2.1.1 Optisch –visuelle Analysatoren

Mit Hilfe der Augen können unterschiedliche Dinge wahrgenommen werden. Nur in Zusammenarbeit mit dem Gehirn können diese Bilder jedoch erkannt werden. So nehmen die Augen eine räumliche Entfernung wahr, doch erst durch Rückmeldungen des Gehirns kann diese eingeschätzt werden, um daraufhin zu entscheiden, wann beispielsweise der geeignete Zeitpunkt ist, um eine Welle anzupaddeln. Um eine sportliche Bewegung zu erlernen, ist der optische Analysator von großer Bedeutung. Je besser ein Surfer seine Sportart beherrscht, desto schneller kann er die Informationen im Gehirn verarbeiten. So gelingt es einem sehr erfahrenen Surfer, Wellen zu surfen, egal ob sie steil und schnell oder flacher und damit auch langsamer brechen. Grund dafür ist, dass er die Umweltbedingungen, hier die Art der Welle (Steilheit, Geschwindigkeit, Sektionen), exakt sieht und sein Gehirn bereits die geeigneten Programme zur positiven Umsetzung des zuvor Gesehenen parat hat. Erst die Zusammenarbeit mit anderen Analysatoren – wie etwa die über Muskeln und Sehnen aufgenommenen Informationen – führen zu einer optimalen Umsetzung in eine Gesamtbewegung.

Man unterscheidet zentrales und peripheres Sehen. Nur ein Gesichtsfeld von ca. 1° wird sehr scharf, der restliche Gesichtskreis (ca. 180° horizontal und 150° vertikal) unscharf gesehen. Auch hier kann der fortgeschrittene Sportler die Informationen aus dem peripheren Bereich besser verarbeiten als der Anfänger (Grosser et al. 1987, 174). Deutlich wird dies bei den unterschiedlichen Fähigkeiten des Wellenlesens (siehe Abb. 43).



Ein erfahrener Surfer hat keine Probleme, eine Welle bereits frühzeitig zu erkennen, noch bevor sie für einen ungeübten Surfer überhaupt sichtbar wird. Dieses frühzeitige Sehen und Umsetzen verhilft ihm zu einem Vorsprung gegenüber dem Anfänger. Er kann sich bereits auf die neue Situation einstellen und zu der Stelle lospaddeln, in der sich die Welle brechen wird. Seine umfassende Fähigkeit, nicht nur frühzeitig diese Welle zu sehen und zu wissen, wo sie sich brechen wird, wird zusätzlich noch mit dem Wissen vervollständigt, zu erkennen, in welche Richtung die Welle brechen wird und in welcher Geschwindigkeit. Ohne diese Fähigkeit, das Gesehene schnell umzusetzen, ist der Schritt vom weniger guten zum guten Surfer nicht zu schaffen.

Abb. 43 Wellenlesen mit Hilfe der optisch-visuellen Analysatoren (aus: The Surfers Journal; Volume 4, N° 4, 58)

3.2.1.2 Akustische Analysatoren

Im Vergleich zum vorher beschriebenen visuellen Analysator ist die Akustik weniger wichtig für das Ausführen von Bewegungen. Doch gibt es auch hier Bereiche, in denen sie von Bedeutung ist, wie bei den durch die eigene Bewegung entstandenen Geräuschen, dem gleichmäßigen Paddelgeräusch der Arme und auch den Geräuschen anderer Surfer. Auch hier werden die Geräusche vom akustischen Analysator aufgenommen und im Gehirn weiterverarbeitet. Erst dann erhalten diese Geräusche einen Sinn.

Ein weiterer Bereich des akustischen Analysators betrifft den Sprech- und Hörvorgang des Menschen. Beim Hören werden Laute aufgenommen und im Gehirn in Sinnzusammenhänge umgesetzt. Man kann somit im Sport Zurufe wahrnehmen und diese zusammen mit zuvor erfahrenen Lernprozessen in einen Sinnzusammenhang setzen, sie verstehen und die Bewegung dementsprechend ausführen. Diese Zurufe können von Trainern, anderen Surfern und auch einem selbst kommen, um beispielsweise den richtigen Zeitpunkt der Aufstehbewegung im Surfen hervorzuheben.

Wie bereits bei dem visuellen Analysator beschrieben, ist das Wellenlesen ein wichtiger Teil des Surfens. Da ein Anfänger dieses komplexe Sehen noch nicht hat, kann gerade hier der Trainer durch Zurufen das Fehlen dieses Wissens ersetzen. Durch Zuruf, wann der Surfer sich umdrehen und lospaddeln soll, bis hin zum akustischen Signal für den richtigen Moment der Aufstehbewegung, kann dem Surfer geholfen werden. Daher ist die akustische Information besonders im Anfängerbereich des Wellenreitens von Bedeutung.

3.2.1.3 Vestibuläre Analysatoren

Durch die vestibulären Analysatoren erhält der Sportler eine Rückmeldung über sein Gleichgewichtsempfinden. Räumliche Änderungen der Richtung und auch der Beschleunigung des Körpers, hier vor allem des Kopfes, werden durch diesen Analysator an das Gehirn des Sportlers weitergegeben. Der vestibuläre Analysator muss jedoch immer in Verbindung mit dem kinästhetischen Analysator, den Muskelempfindungen, betrachtet werden. Nur so kann man eine Aussage über die Änderungen machen. Wird zusätzlich noch der visuelle Analysator berücksichtigt, so kann man eine größtmögliche Aussage über die augenblickliche Position des Körpers im Raum machen. Gerade in Sportarten, bei denen es auf die Orientierungs- und Gleichgewichtsfähigkeit stark ankommt wie etwa beim Kunstturnen und Wasserspringen mit vielen Rotationsbewegungen, aber auch beim Wellenreiten, ist eine kombinierte Betrachtung dieser drei Analysatoren wichtig.

Beim Wellenreiten sind die vestibulären Analysatoren so bedeutend, weil sich der Surfer in einem anderen als dem normalen Element bewegt. Er muss daher stets darauf achten, dass er zwar nicht zu viel Geschwindigkeit hat, um von dem energiereichen, gerade brechenden Teil der Welle, dem Curl, zu schnell wegzukommen. Er darf aber auch nicht zu viel Geschwindigkeit während der Turns verlieren, da sonst die Welle unter ihm durchlaufen würde, oder das Board durch den zu hohen Geschwindigkeitsverlust die Stabilität und somit seine tragende Funktion verlieren würde. Das Brett würde zunächst instabiler werden und der Surfer verliert das Gleichgewicht oder es geht unter. Ist eine Welle sehr steil und hohl, so kommt das Gleichgewichtsgefühl nicht weniger zum Einsatz als bei der zu langsamen Fahrt. Es gleicht die Bewegungen des Körpers an die Steilheit der Welle und somit an die Steilheit des Brettes an. Das häufig auftretende Gefühl des ‚freien Falls‘ zu Beginn der Fahrt verdeutlicht zusätzlich, wie stark die Sinne im Surfen beansprucht werden und wie gut sie zusammenarbeiten müssen, um das optimale Ergebnis zu erzielen.

Eine weitere sehr wichtige Aufgabe des Gleichgewichtsorgans während des Surfens wird deutlich, sobald der Surfer sich nicht mehr über, sondern unter Wasser befindet. Durch die Kraft der Welle kommt es sehr häufig dazu, dass der Surfer von der Wasserwalze erfasst und unter Wasser hin und her geschleudert wird. Man nennt das die ‚Waschmaschine‘, da sich die Wasserwalze der überschlappenden Welle ähnlich der Trommel einer Waschmaschine bewegt. Der Surfer kann dort mehrere Umdrehungen mitgeschleudert werden ohne gleich zu wissen, wo oben und wo unten ist. Dieses Wissen ist aber von existentieller Bedeutung, da bei Versagen des Gleichgewichtssinns der Surfer die Orientierung unter Wasser verlieren und dadurch ertrinken könnte. Ein gesundes Gleichgewichtssystem schafft es jedoch immer, sich nach den Umdrehungen unter Wasser rechtzeitig wieder auszurichten, damit der Surfer zur Wasseroberfläche zurückfinden kann. Bereits ein Riss im Trommelfell des Surfers, hervorgerufen etwa durch einen Schlag der Welle auf das Ohr, lässt diesen aber völlig die Orientierung verlieren.

3.2.1.4 Kinästhetische Analysatoren

Die Rezeptoren des kinästhetischen Analysators sind die Nerven der Muskeln. Hier werden räumliche und zeitliche Empfindungen während der Bewegungsausführung wahrgenommen und zum Gehirn gesandt. Dort vermitteln die Spannungen in der Muskulatur die Stellungen des Surfers im Raum. Richtungen, Höhen, Zug, Druck und selbst Geschwindigkeiten nimmt der kinästhetische Analysator wahr. Beim richtigen Timing während des Surfens, sei es für die Aufstehbewegung oder für die Ausführung eines anderen Manövers, ist der kinästhetische Analysator von entscheidender Bedeutung, da die Informationen dieses Analysators vom Gehirn am schnellsten verarbeitet werden können. Daher wird der kinästhetische Analysator auch als das eigentlich bewegungslenkende Element bezeichnet.

3.2.1.5 Taktile Analysatoren

Die Rezeptoren des taktilen Analysators sind die Nerven in der Haut. Sie erfühlen Wärme, Kälte und Formen von Objekten (vgl. Grosser et al. 1987, 175). Bei der Paddelbewegung kommt es dabei zu dem Erfühlen des Wasserwiderstandes, um eine druckvolle Bewegung auszuführen. Dieses taktile Erfühlen des Wasserwiderstandes steht jedoch immer in engem Zusammenhang mit dem kinästhetischen Empfinden der Muskeln während der Bewegung.

3.2.2 Bewegungsprogrammierung (Afferenzsynthese)

Durch die richtigen Informationen zu einer bestimmten Zeit kann der Sportler im Gehirn bereits zu einer ersten Bewegungsvorstellung kommen. Er hat beispielsweise durch früher ausgeführte Bewegungen dieser Art bereits ein Bewegungsbild in seinem Gehirn gespeichert. Kommen diese Informationen dazu, kann er die Bewegung in Gedanken vorbereiten oder sogar in Gedanken ausführen. Ein geübter Sportler kann all seine Bewegungen im Gedächtnis abspeichern und bei Bedarf in einer bestimmten Situation die Daten abrufen. Das erleichtert es ihm, die Bewegung exakt auszuführen, und er besitzt somit einen Vorsprung in der Bewegungspräzision gegenüber einem ungeübten Sportler dieser Sportart. Wichtig bei der Bewegungsprogrammierung ist laut Wohl (in Meinel / Schnabel 1998, 58) das „verbale Signalsystem“. Die sprachliche Unterstützung des Trainers bei der Bewegungsausführung bleibt im Gedächtnis des Sportlers besonders gut haften und kann bei erneuter Ausführung immer wieder abgerufen werden.

Nachdem die Reize und Informationen durch die oben beschriebenen Sinnesorgane aufgenommen wurden, müssen sie nun an das Zentralnervensystem weitergeleitet werden, um dort zu einer bestimmten Reaktion zu führen. Mit diesen Prozessen beschäftigt sich die Afferenz. Sie leitet die durch die Sinnesorgane aufgenommenen Informationen und Reize an der Peripherie zum Zentralnervensystem. Die bewusste Auswahl der Reize und Informationen sowie ihre Weiterverarbeitung im Gehirn nennt man daher Afferenzsynthese. Am Anfang jeder Bewegungshandlung stehen zwei Arten von Afferenz (nach Anochin 1967 in Meinel / Schnabel 1998, 46). Zunächst gibt es die auslösende und schließlich die Situations- bzw. Umgebungsafferenz. Auslösend ist beispielsweise eine Welle, die auf den Surfer zurollt. Situations- bzw. Umgebungsafferenz beschäftigen sich mit der Größe der Welle, ihrer Geschwindigkeit und Richtung sowie der Startposition anderer Surfer auf dieser Welle.

3.2.3 Steuerung und Regelung der Bewegung – Muskelaktivität

Zum Ausüben sportlicher Bewegung ist es erforderlich, dass der Sportler motiviert ist. Um motiviert zu sein, bedarf es einer inneren Veranlassung zur Bewegungshandlung, welche auch als Motiv bezeichnet wird und im Sport grob eingeteilt werden kann in Leistungs-, Gesundheits- und Kontaktmotiv (vgl. Grosser et al. 1987, 178). Die Motivation zur Ausführung der Bewegung ist der Antrieb zur eigentlichen Bewegung. Der Sportler steuert willentlich den Beginn seiner Bewegung. Über die motorischen Zentren im Gehirn des Sportlers kommt es daher zur Weiterleitung von Impulsen über efferente Nervenbahnen bis in die Muskulatur, wo schließlich eine Kontraktion erfolgt.

Der Muskel selbst ist aktives Element des Bewegungsapparates, das sowohl die Fähigkeit zur Kontraktion als auch die Möglichkeit zur Dehnung besitzt (Röthig 1992, 327). Erstere

beschreibt die Verkürzung des Muskels, seiner Myofibrillen, durch das aktive Übereinandergleiten der Aktin- und Myosinfilamente. Bei der Muskeldehnung handelt es sich dagegen um eine Verlängerung der Sarkomere, hervorgerufen durch das Auseinandergleiten der Aktin- und Myosinfilamente.

3.2.4 Bewertung und Regelung der Bewegung

Ziel der Bewegungsausführung ist es, diese so gut wie möglich, das bedeutet auch so exakt wie möglich, auszuführen. Der Sportler muss daher wissen, wie der optimale Bewegungsablauf (Sollwert) aussieht, damit er seine Bewegung (Istwert) daran anpassen und schließlich mit ihm vergleichen kann. Will man danach zu einer Bewertung der Bewegung kommen, erfolgt das mit Hilfe der Elektromyographie.

3.2.4.1 Reafferenz

Die menschliche Bewegung wird ständig über eine Art Kontrollsystem korrigiert. Die Regelung der Bewegung erfolgt dabei mit Hilfe der Reafferenz, der Rückmeldung über den eigentlichen Verlauf der Bewegung. Es werden dabei nicht nur Informationen über die Gesamtbewegung, zum Beispiel den Turn des Surfers, vermittelt. Auch Mitteilungen über Teilbewegungen, wie etwa Rotationsbewegungen der Arme in einer bestimmten Position des Turns, und über die Position des Surfbretts zu der eigentlichen Bewegung sind darin enthalten.

Der Koordinationsprozess wird von Anochin (in Meinel / Schnabel 1998, 47) in zwei Bereiche unterteilt. Es gibt zum einen die bewegungslenkende oder auch bewegungsrichtende und zum anderen die resultative Reafferenz oder Ergebnisinformation. Erstere erfolgt vor allem über kinästhetische Signale, die Reizung der Rezeptoren in der Muskulatur sowie in den Sehnen und Gelenken während der Bewegung. Solche direkt während einer Bewegung ausgeführten Ist-Soll-Wert-Vergleiche werden auch mit dem Begriff „Regelung“ bezeichnet. Ein Sportler kann seine Bewegung nur dann regeln, wenn Informationen in der Bewegung selbst, beispielsweise vom vestibulären Analysator, über afferente Bahnen zum Gehirn gelangen und somit Auskunft über die gewollte und die aktuelle Lage des Körpers abgeben. Nur dann kann der Surfer noch in der Situation selbst seine Körperstellung so verändern, dass er die gewollte Position auf dem Surfbrett einnehmen und somit den Turn, verglichen mit seinem Bewegungsentwurf davon, zu Ende bringen kann.

Bei der resultativen Reafferenz geht es darum, den Erfolg der Teilbewegungen bis hin zur Gesamtbewegung festzustellen. Dies erfolgt, indem die Ergebnisse nach der Fertigstellung der jeweiligen Teil- / Gesamtbewegung dem Gehirn mitgeteilt werden. Hier kommt es nun zu einer Bewertung des Bewegungsergebnisses im Gehirn, was jedoch erst bei erneuter

Ausführung der Bewegung zu einer Anpassung und Korrektur führen kann. Kommt die Bewertung der gerade ausgeführten Bewegung vom eigenen Körper, wie etwa dem Gleichgewichtsorgan, so spricht man von internen Rückkopplungen.

Kommt sie dagegen beispielsweise vom Trainer, so handelt es sich um externe Rückkopplungen. Hierbei ist es wichtig, dass der Trainer nicht nur eine besonders gute Bewegungserfahrung, sondern auch die Gabe hat, dem Sportler in der jeweiligen Situation die Abweichungen vom Sollwert einfach und klar verständlich zu machen, damit dieser sie später umsetzen kann. Bei der externen Rückkopplung kann die Bewertung auch aufgrund einer Videoaufzeichnung der ausgeführten Bewegung erfolgen, welche mit der optimalen Technik verglichen werden kann.

3.2.4.2 Elektromyographie

Die Elektromyographie, kurz EMG genannt, befasst sich mit der Innervation des Muskels, den Muskelpotentialen. Mit ihrer Hilfe kann man die elektrischen Vorgänge innerhalb des Muskels während der Bewegung feststellen. Dabei kann jedoch lediglich erkannt werden, ob der Muskel arbeitet, nicht aber wie stark. Die eigentliche Aufzeichnung dieser elektrischen Aktivität der Muskulatur nennt man Elektromyogramm. Für seine Auswertung gibt es verschiedene Arten, auf welche später in den Messungsauswertungen unter Punkt 4.3.1.3. „Aufbereitung des EMG-Signals“, noch genauer eingegangen wird.

Um elektromyographische Messungen durchführen zu können, bedarf es eines Grundwissens über die zu vermessende Muskulatur und ihre Innervationsprinzipien. Die Innervation des Muskels hat elektrische Aktivitäten zur Folge, die man noch an der Hautoberfläche über dem Muskel nachvollziehen kann. Werden nun auf die zu untersuchende Muskulatur Oberflächen Elektroden aufgeklebt, kann man elektrisch nachweisen, dass die Muskulatur arbeitet. Gemessen wird dabei der elektrische Potentialunterschied, der zwischen den beiden in wenigen Zentimetern Abstand aufgeklebten Elektroden auftritt, sobald die darunterliegende Muskulatur aktiv ist. Die Elektroden werden mit einem Verstärker verbunden, der die schwachen Signale verstärkt und für die weitere Übertragung und Registrierung aufbereitet.

Da jede Muskelanspannung eine Änderung der elektrischen Aktivität zur Folge hat, kann man aufgrund der aufgezeichneten Potentialunterschiede zwischen Ruhe und Aktivität des Muskels unterscheiden. Was man nicht ermitteln kann, ist die entwickelte Stärke der Muskelkraft der untersuchten Bewegung. Da man den Beginn und das Ende der Aktivität einer Muskelgruppe, das zeitliche Innervations- oder Aktivitätsmuster feststellen kann, ist das EMG ein wichtiger Bestandteil der biomechanischen Analyse von Bewegungen. So kann man feststellen, welche Muskeln an der untersuchten Bewegung beteiligt oder nicht beteiligt sind und daraus die intermuskuläre Koordination und die antagonistische Muskelaktion ermitteln.

Somit kann mit Hilfe der Elektromyographie eine Bewertung der Bewegung erreicht werden. Mit den Ergebnissen der EMG-Messungen wird festgestellt, ob der Sportler in der ausgeführten Bewegung die richtigen Muskelgruppen aktiviert hat. Wären Muskeln an der Bewegung beteiligt, die im Optimalfall nicht genutzt werden oder Muskeln nicht beteiligt, die für die korrekte Ausführung wichtig sind, kann man feststellen, dass der Sportler einen Fehler bei seiner Bewegungsausführung gemacht hat.

4. Planung, Durchführung und Auswertung der Messungen

In diesem Abschnitt wird zunächst damit begonnen, die Messversuche genau zu planen. In der darauffolgenden Messdurchführung werden diese Schritte mit den dafür ausgewählten Geräten präzise ausgeführt und im letzten Teil die so erhaltenen Messungen schließlich ausgewertet.

4.1 Planung der Messungen

In der Planungsphase wird eine Art Material- und Personenplan für die späteren Messversuche erstellt, damit bei den eigentlichen Aufzeichnungen keine Fehler unterlaufen, angefangen von den zu untersuchenden Testpersonen, der zu betrachtenden Muskulatur und den Manövern (Turns), über die technischen Geräte, die zu den Aufzeichnungen benötigt werden und die daher zunächst auf ihren Einsatz im Wasser vorbereitet werden müssen. Die Erstellung des dreidimensionalen Koordinatensystems und die Synchronisation der einzelnen Geräte zueinander sind in diesem Abschnitt von ebenso großer Bedeutung wie die Beschreibung der Situation vor Ort während der Messungen.

4.1.1 Auswahlparameter

4.1.1.1 Anzahl und Auswahl der Testpersonen

Da es sich bei diesen Untersuchungen nicht um eine statistische Erhebung, sondern aufgrund der sehr schwierigen Feldversuchsbedingungen, um eine Pilotstudie, einen ersten Versuch handeln soll, im Wellenreiten biomechanische Messungen durchzuführen, wurde nur mit einer relativ geringen Anzahl von vier Surfern gearbeitet. Alle vier Testpersonen sind Regularfoot-Surfer, was bedeutet, dass sie mit dem linken Fuß vorne auf dem Surfbrett stehen. Die Kenntnis über die Fußposition ist wichtig, da sie für die spätere Auswertung entscheidet, ob ein Surfer frontside oder backside auf der Welle steht. Frontside bedeutet, dass er mit der Körpervorderseite zur Welle ausgerichtet ist und sie somit ständig im Auge hat. Bei backside ist der Rücken der Welle zugewandt, und der Surfer muss über seine Schulter blicken, um die Welle im Blick zu behalten.

Es kommt bei den Messungen nicht darauf an, einen Unterschied zwischen guten und schlechten Surferinnen und Surfern herauszufinden. Daher wurden drei Männer und eine Frau der gleichen Könnertstufe ausgewählt. Es handelt sich dabei um sehr erfahrene und gute, in der Bewegungsausführung sehr präzise und konstante Surfer. Festzustellen ist dazu, dass es sich bei dieser Klassifizierung um Fähigkeiten handelt, die sie beim Surfen an einer stehenden Welle haben, und nicht um die beim Surfen im Meer.

4.1.1.2 Auswahl und Anzahl der zu untersuchenden Turns

Grundstellung: Die Stellung auf dem Brett während der Surfer schräg an der Wellenwand entlang fährt. Ausgewertet werden Einzelbilder, die den Surfer jeweils in der optimalen Stellung auf seinem Brett zeigen.

Betrachtete Phasen: frontside: 35 backside: 37

Bottom Turn: Ein Manöver, bei dem mit dem Herabfahren an der Wellenwand begonnen wird, eine Drehung des Brettes im Wellental folgt und schließlich wieder die Welle nach oben hinauf gefahren wird.

Betrachtete Phasen: frontside: 34 backside: 29

Topturn: Ein Topturn beginnt im Wellental, geht an der Wellenwand Richtung Wellenlippe nach oben, beinhaltet eine Drehung an der oberen Kante der Welle, der Lippe, und setzt sich in der darauffolgenden Fahrt hinunter ins Wellental fort.

Betrachtete Phasen: frontside: 34 backside: 28

Cutback: Ein Turn, der sich aus mehreren Einzeltorns zusammensetzt. Er beginnt mit einem Bottom Turn und dem ersten Teil eines Top Turns, bei dem gegen Ende jedoch eine Drehung zurück in Richtung des brechenden Teils der Welle, des Curls, folgt. Dort wird ein weiterer Turn von dem brechenden Curl weg, wieder in die ursprüngliche Fahrtrichtung ansetzen.

Betrachtete Phasen: frontside: 12 backside: 18

Take off: Das Startmanöver in der Welle. Nach erfolgreichem Anpaddeln und Angleiten auf der Welle muss der Surfer sich aus der liegenden in die stehende Position auf seinem Surfbrett begeben. Diese Technik beschreibt der Take off oder auch Aufstehbewegung.

Betrachtete Phase: frontside: 1 (Fallstudie)

360° Turn: Bei dem 360° Turn handelt es sich um eine komplette Drehung mitsamt dem Surfboard einmal um die eigene Achse des Surfers.

Betrachtete Phase: frontside: 1 (Fallstudie)

4.1.1.3 Auswahl der zu untersuchenden Muskulatur

Die Auswahl der zu untersuchenden Muskulatur wurde durch zwei Vorgaben der EMG-Anlage beschränkt. Zum einen handelt es sich um eine EMG-Anlage mit Oberflächenelektroden, welche nur direkt unter der Haut befindliche Muskelaktivitäten erfassen kann. Zum anderen wird die Anzahl der zu messenden Muskeln auf 7 beschränkt, da die EMG-Anlage lediglich über 8 Ausgänge verfügt und bereits ein Ausgang von der Trigger-Lampe belegt ist. Durch diese Einschränkungen reduziert sich die Auswahl der Muskulatur auf die Beinmuskulatur. Aufgrund der ungeraden Zahl von 7 übrigen Ausgängen an der EMG-Anlage können nur an einem Bein beide Agonisten und Antagonisten für Ober- und Unterschenkel gemessen

werden. Am anderen Bein werden lediglich die Oberschenkelmuskulatur beider Gegenspieler erfasst. Die Unterschenkelmuskulatur dieses Beines kann aufgrund des fehlenden Antagonisten nicht direkt zu einer Auswertung herangezogen werden. Für die Messungen werden folgende, für die Bewegung im Surfen repräsentative Muskeln ausgewählt:

Oberschenkelvorderseite (Musculus rectus femoris links und rechts, siehe Abb. 44 links):

Der Musculus quadriceps femoris ist der größte und auch kräftigste Muskel im menschlichen Körper. Er setzt sich zusammen aus dem Musculus rectus femoris, vastus medialis, lateralis und intermedius. Mit seinen vier Anteilen ist der Musculus quadriceps femoris der Hauptstrecker des Kniegelenks. Bei den Messungen dieser Dissertation werden die elektromyographischen Untersuchungen an dem zweigelenkigen Anteil des Musculus quadriceps femoris, dem Musculus rectus femoris, durchgeführt. Seine Innervation erfährt dieser Anteil von dem Nervus femoralis. Der Musculus rectus femoris übernimmt zwei wichtige Aufgaben. Die erste ist eine statische Funktion, die beim Stehen das Einknicken im Kniegelenk verhindert. Die zweite Aufgabe kommt ihm bei der dynamischen Bewegung zu. Hier ist er zum einen für eine Kniestreckung, zum anderen aber auch für eine zusätzliche Hüftbeugung zuständig. Der Musculus rectus femoris hat einen überwiegenden Anteil an FT-Fasern und ist daher für Schnellkraftbewegungen zuständig, während die drei anderen Anteile des quadriceps femoris fast ausschließlich zur Haltearbeit und Stabilität beitragen und daher auch hauptsächlich aus ST-Fasern bestehen.

Oberschenkelrückseite (Musculus biceps femoris links und rechts, siehe Abb. 44 rechts):

Sie setzt sich zusammen aus dem Musculus biceps femoris, Musculus semitendinosus und Musculus semimembranosus. Bei den Messungen werden die elektromyographischen Untersuchungen der ischiocruralen Muskulatur an dem zweigelenkigen Anteil des Musculus biceps femoris durchgeführt. Innerviert wird sein langer Kopf vom Nervus tibialis, der kurze Kopf wird vom Nervus peronaeus versorgt. Er ist beteiligt an der Hüftstreckung und der Beugung des Unterschenkels, welchen er des Weiteren noch in gebeugter Position nach außen rollen kann.

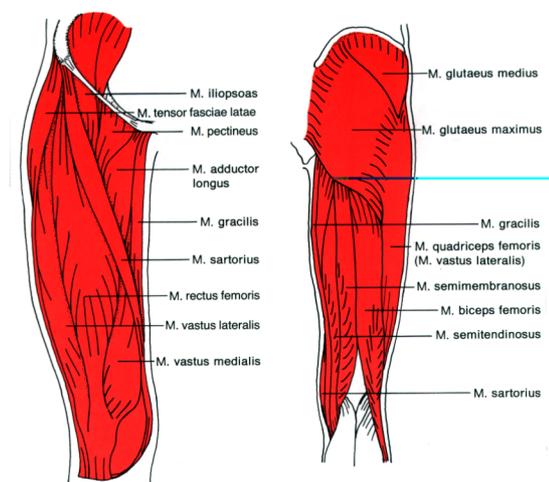


Abb. 44 Oberschenkelmuskulatur von vorne und von hinten (aus: Weineck 1993, 164)

Unterschenkelrückseite (Musculus gastrocnemius links und rechts, siehe Abb. 45 a):

Die Muskulatur der Unterschenkelrückseite setzt sich aus der oberflächlichen und der tiefen Muskelloge zusammen. Die tiefe Muskelloge stand für eine EMG Messung nicht zur Diskussion, weil mit Oberflächenelektroden ihre Aktivität nicht gemessen werden kann, da sie von der darrüberliegenden oberflächlichen Muskelloge verdeckt wird. Letztere, auch Musculus triceps surae genannt, setzt sich wieder aus zwei Anteilen zusammen, welche beide durch ihre Kontraktion für die Plantarflexion des Fußes zuständig sind. Den tieferliegenden Anteil bildet der Musculus soleus, während der Musculus gastrocnemius direkt unter der Hautoberfläche liegt und daher bei den Messungen der elektrischen Aktivität der Muskulatur herangezogen wird. Innerviert wird er durch den Nervus tibialis. Der zweigelenkige Musculus gastrocnemius ist hauptsächlich aus FT-Fasern aufgebaut und ist daher vor allem für Schnellkraftbewegungen zuständig. Er macht ein Abheben der Ferse sowie einen kräftigen Abdruck aus dem Fußgelenk erst möglich. Eine weitere Aufgabe übernimmt der gastrocnemius bei der Beugung des Kniegelenks.

Unterschenkelvorderseite (Musculus tibialis anterior rechts, siehe Abb. 45 b):

Drei Muskeln bilden gemeinsam die Unterschenkelvorderseite, Musculus extensor digitorum longus, Musculus extensor hallucis longus und Musculus tibialis anterior. Bei den beiden ersten handelt es sich um Zehenstrecker, daher werden die EMG Messungen an dem Musculus tibialis anterior durchgeführt. Innerviert wird er von dem Nervus peronaeus profundus. Er führt den Fuß dorsalwärts, ist zuständig für die Auswärtsdrehung des Fußes (Supination) und zieht bei fixiertem Fuß den Unterschenkel nach vorne (vgl. Weineck 1993, 173). Da nur 7 Elektroden vorhanden sind, wird der Musculus tibialis anterior links nicht untersucht.

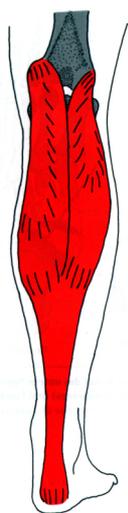
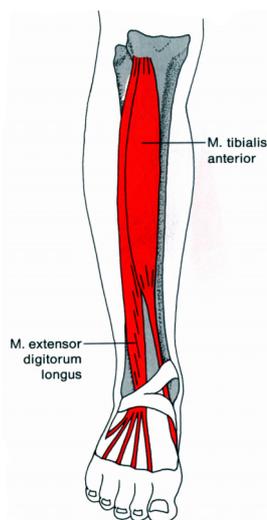


Abb. 45 a) Musculus gastrocnemius



b) Musculus tibialis anterior (a + b aus: Weineck 1993, 173)

4.1.1.4 Anbringung der Elektroden an die Muskulatur

An welche Position die Oberflächenelektroden an die zuvor ausgewählte Muskulatur angebracht werden, soll in diesem Punkt dargestellt werden.

Musculus rectus femoris links und rechts für die Oberschenkelvorderseite

Musculus tibialis anterior rechts für die Unterschenkelvorderseite

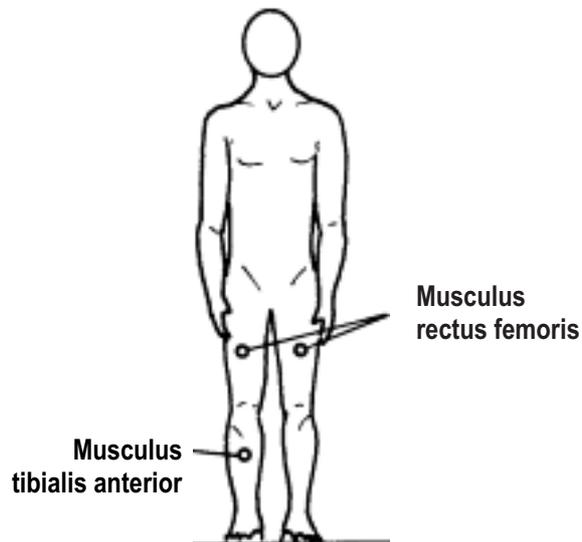


Abb. 46 Position der vorderen Oberflächenelektroden

Musculus biceps femoris links und rechts für die Oberschenkelrückseite

Musculus gastrocnemius links und rechts für die Unterschenkelrückseite

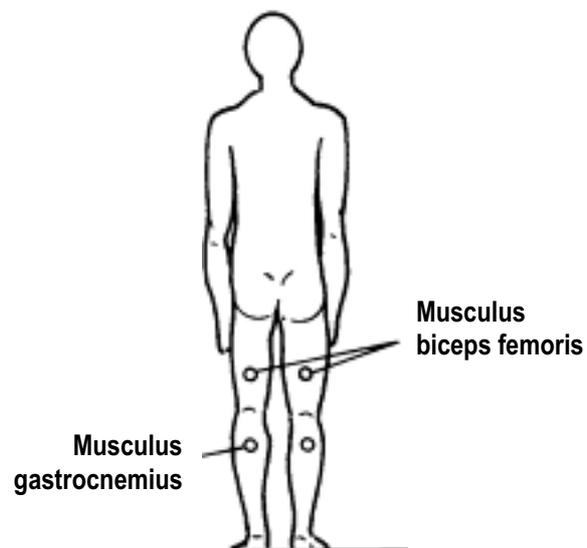


Abb. 47 Position der hinteren Oberflächenelektroden

4.1.2 Messgeräte

Um die erforderlichen Untersuchungen durchführen zu können, bedarf es einiger spezieller Messgeräte. Da es sich um kinematische und elektromyographische Messverfahren handelt, werden optische Geräte, wie digitale Videokameras und ein spezielles optisches Markierungssystem, sowie EMG-Geräte verwendet.

4.1.2.1 Videokameras

Um die Bewegungsabläufe verschiedener Teilbewegungen beim Surfen exakt aufzeichnen zu können, bedarf es zunächst eines speziellen Aufzeichnungssystems. Verwendet werden zwei synchronisierte digitale Camcorder Sony PC100. Die zeitliche Auflösung der Videokameras liegt bei 25 Hz (Vollbildauswertung) oder 50 Hz (Halbbildauswertung) pro Sekunde.

4.1.2.2 Marker

Für das spätere Abtasten der Körperpunkte im Computersystem müssen diese auf dem Videobild gut zu erkennen sein. Daher werden sie zunächst mit wasserfesten, reflektierenden, silberfarbenen Markern (Ducktape) optisch hervorgehoben. Die hier verwendeten Marker werden um die jeweils zu untersuchenden markanten Körperpunkte geklebt. Gerade bei der Aufzeichnung am Eisbach reduzieren große Bäume das Licht und auch Wasserspritzer verdecken teilweise die abzutastenden Gelenke. Ohne die Marker sind die Körperpunkte auf dem schwarzen Neoprenanzug der Surfer nicht exakt auszumachen und eine spätere Auswertung wäre daher mit großen Fehlern behaftet.

Es werden jeweils die beiden Sprunggelenke, Kniegelenke, Hüftgelenke, Handgelenke, Ellenbogengelenke und Schultergelenke mit diesem Marker versehen. Die restlichen vier Abtastpunkte: der Kopf, die Brettspitze sowie das Brett auf der rechten und der linken Seite werden nicht mit Markern versehen, da sie immer leicht zu erkennen sind. Die Positionen dieser Marker sind auf den Abbildung 52 a – d zu sehen.

4.1.2.3 Elektroden und Zubehör

Für die EMG-Messungen benötigt man die oben bereits angesprochenen sieben Oberflächenelektroden inklusive Verkabelung. Die Aufzeichnung der EMGs erfolgt auf Speicherkarten, welche in einem Datenlogger mit Anschlusskasten für Kabel und Stromversorgung eingelegt werden. Für die Synchronisation der Videokameras und der EMGs wird eine Triggerlampe inklusive Stromverkabelung, Antennenkabel und Fernbedienung eingesetzt. Für die Stromversorgung des Computers vor Ort ist ein Stromgenerator vorhanden. Der Computer hat die Aufgabe der Speicherkartenkonfiguration, um gleich nach erfolgter Aufzeichnung feststellen zu können, ob die Messungen erfolgreich waren.

Um im Wasser messen zu können, muss zunächst eine Situation geschaffen werden, in welcher die nicht-wassertauglichen elektrischen Geräte auch in nasser Umgebung ihre volle Funktionsfähigkeit beibehalten. Daher muss eine trockene Messumgebung für die elektrischen Geräte geschaffen werden. Das wird erreicht, indem die Geräte in einer wasserfesten Tauchertasche der Marke ‚EWA Marin DUS 3‘ untergebracht werden. In die Oberseite der Tasche wird ein Loch geschnitten, durch welches die Kabel nach Außen gelangen. Um das Loch wieder wasserfest abzudichten, wird eine spezielle Konstruktion zweier aufeinanderliegender Plastikscheiben verwendet. Diese Scheiben haben Einkerbungen an ihren beiden Innenseiten, in welche die einzelnen Kabel der Elektroden eingelegt werden (siehe Abb. 48 a). Die innere Scheibe hat dabei in der Mitte ein Loch für die Kabelführung. Die andere hat keines, weil die Kabel am Scheibenrand austreten sollen (vgl. Abb. 49). Danach wird ein Silikonkleber auf die Innenseiten der beiden Scheiben und die Kabel aufgetragen und sie werden miteinander verklebt. Zusätzlich werden die Scheiben noch mit sieben Kreuzschrauben fest aneinander geschraubt. Zuletzt wird wie in Abb. 48b) und 49 zu sehen, eine Schicht Silikonkleber zwischen der äußeren Scheibe und der Tasche sowie über den sieben Kreuzschrauben angebracht, um den Kabelausgang wieder wasserdicht abzuschließen.

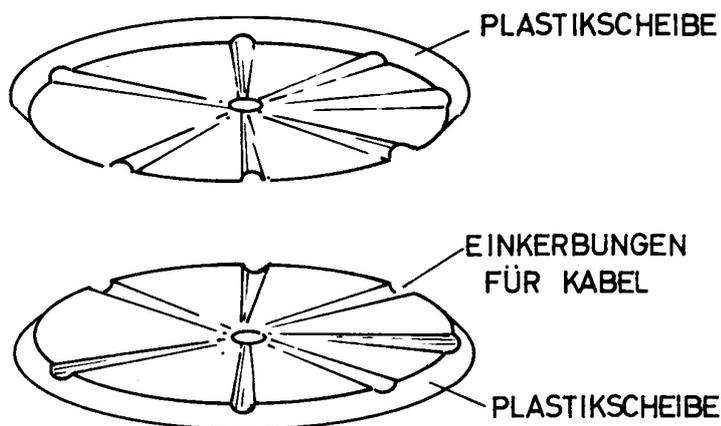


Abb. 48 a) Plastikscheiben mit Einkerbungen

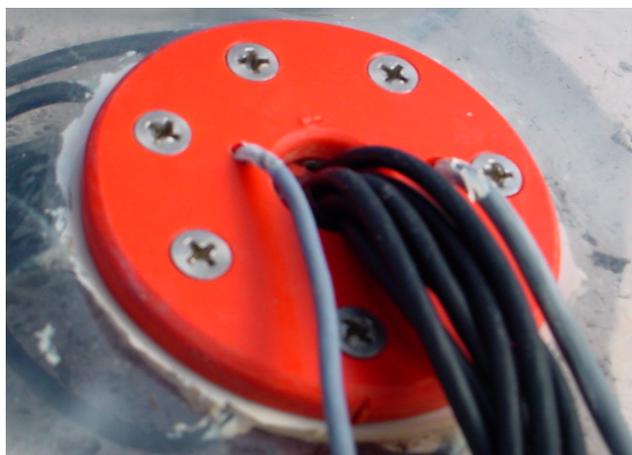


Abb. 48 b) Photo Plastikscheibe mit Verschraubung

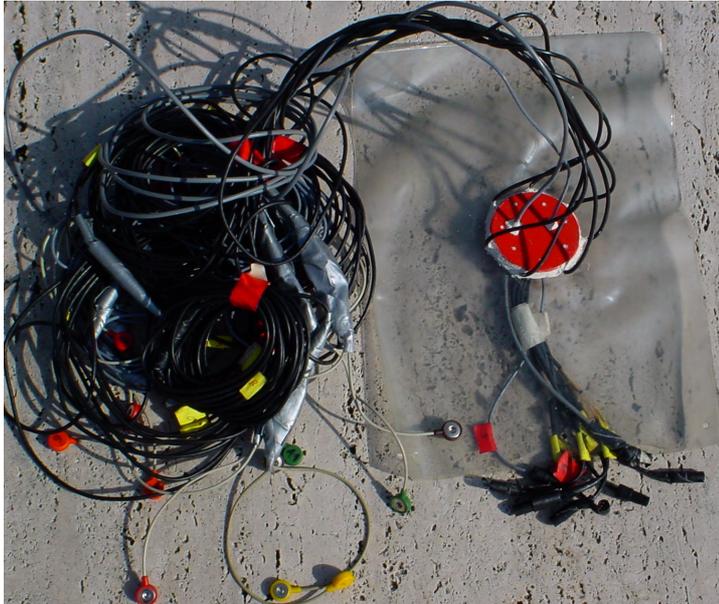


Abb. 49 Photo wasserfeste Tasche inklusive EMG-Kabel

Der Datenlogger mit der Speicherkarte, dem Akku und dem Kabel für die Triggerlampe sowie der Fernbedienungsantenne werden nun in die Tasche gelegt. Durch eine spezielle Verschraubung am Taschenausgang (siehe Abb. 50) werden die elektrischen Geräte wasserdicht eingeschlossen, und man hat dabei trotzdem die Möglichkeit, relativ schnell an die Geräte, vor allem an die Speicherkarte, zu gelangen. Dieser schnelle Zugriff ist wichtig, weil man auf die Speicherkarte lediglich 3 Fahrten aufzeichnen kann und sie daher während der Messung auswechseln können muss.



Abb. 50 Spezielle Verschraubung am Taschenausgang

Um die Geräte an dem Surfer befestigen zu können (siehe Abb. 52), benötigt man einen Neoprengurt. Wie in Abb. 51 a) zu sehen ist, befindet sich an ihm eine Tasche, welche eine Klettverschlussöffnung oben hat, damit die wasserfeste Gerätetasche für den Speicherkartenwechsel schnell aus und wieder eingelegt werden kann. Des Weiteren befindet sich an ihrer Unterseite (siehe Abb. 51 b) ein großes Loch, aus welchem die Elektrodenkabel aus der Neoprentasche kommen. Zwei weitere Löcher rechts und links davon, ebenfalls an der Unterseite, dienen dazu, dass das Wasser, welches durch einen Sturz in den Eisbach in die Neoprentasche eingedrungen ist, an Land schnell wieder ablaufen kann.



Abb. 51 a) Neoprengurt mit Tasche



Abb. 51 b) Öffnungen an der Taschenunterseite



a)



b)



c)



d)

Abb. 52 a – d) Neoprentasche inklusive aller elektrischen Geräte an der Testperson

4.1.3 Raumkalibrierung bei der 3D Bewegungsanalyse

Bei einer sportlichen Bewegung haben der sich bewegende Körper und die Bahnen, in denen sich diese Bewegung abspielt, dreidimensionalen Charakter (vgl. Baumann/Preiss, in Ballreich/Baumann 1996, 90). Die Raumkoordinaten eines Körperpunktes erhält man durch mindestens zwei Videobilder, die aus verschiedenen Standpunkten mit Hilfe zweier synchronisierter Videokameras zum gleichen Zeitpunkt aufgenommen werden. Erst aufgrund dieser Daten kann eine dreidimensionale Bewegungsanalyse durchgeführt werden. Weiter benötigt man für die spätere Analyse der Bewegung ein dreidimensionales Passpunktsystem. Dieses Passpunktsystem bildet das Raum-Koordinatensystem, in welchem sich der Surfer während der Bewegung befindet.

Beide Kameras werden auf ein gemeinsames Bildfeld ausgerichtet, wobei jede Kamera aus einer anderen Perspektive (Frontal- und Seitenansicht) aufzeichnet. Verwendet man ein System aus zehn Passpunkten, welches von den beiden Kameras aufgezeichnet wird, so erhält man zu den bekannten Raumkoordinaten auch die Bildkoordinaten der Passpunkte. Nach der Eichung der beiden Kameras lassen sich mit Hilfe der Passpunktkoordinaten beliebige dreidimensionale Raumkoordinaten, wie etwa von Körperpunkten, berechnen. Für diese Berechnung benötigt man die dreidimensionale Bewegungsanalysesoftware der Firma Simi°Motion. Die Bildpunkte des Passpunktsystems beider Kamerapositionen werden in Simi°Motion abgetastet. Mit ihrer Hilfe braucht man nur noch die Grunddaten des Passpunktsystems, wie die Länge, Höhe und Tiefe eintragen, und das dreidimensionale Koordinatensystem wird berechnet.

Das verwendete Passpunktsystem besteht aus Aluminiumstangen, Verbindungsstücken ebenfalls aus Aluminium, sowie Golfbällen, die sich jeweils am Ende der Stangen befinden, um auf dem aufgezeichneten Bild später als Endpunkte des Systems exakt ausgemacht werden zu können, wobei dieses Passpunktsystem über der Welle aufgehängt (siehe Abb. 53 und 54) und mit der Videokamera aufgezeichnet wird. Die einzelnen Teile werden so zusammengeschraubt, dass ein dreidimensionales Koordinatensystem mit folgenden Abmessungen entsteht:

Tab. 1 Kalibrierungspunkte bei der Koordinatenberechnung

X (Tiefe)	Y (Breite)	Z (Höhe)	Punkte
0,750	0,000	0,000	Punkt 1
1,500	0,750	0,000	Punkt 2
0,750	1,500	0,000	Punkt 3
0,000	0,750	0,000	Punkt 4
0,750	0,750	0,000	Punkt 5
0,750	0,000	1,500	Punkt 6
1,500	0,750	1,500	Punkt 7
0,750	1,500	1,500	Punkt 8
0,000	0,750	1,500	Punkt 9
0,750	0,750	1,500	Punkt 10

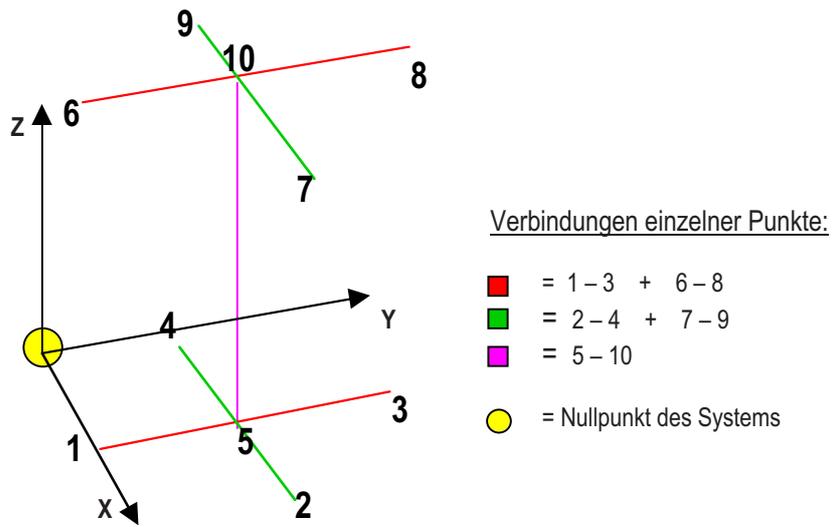


Abb. 53 a) Koordinatenberechnung des Passpunktsystems aufgrund der zuvor ermittelten 10 Kalibrierungspunkte



Abb. 53 b) Koordinatenberechnung des Passpunktsystems in Simi°Motion



Abb. 54 a) Passpunktsystem von der Seite (rechts)



b) Passpunktsystem von oben

Mit diesem Koordinatensystem werden später nicht nur dreidimensionale Auswertungen der Surfbewegung möglich, sondern auch die Erfassung und Darstellung der Winkelverläufe ausgewählter Gelenke, verschiedener Achsen, sowie der Verlauf des Körperschwerpunkts während der Bewegung.

4.1.4 Synchronisation

Bei der Kinemetrie erfolgt die Videoaufzeichnung mit zwei Videokameras. Für die Videoanalyse ist es wichtig, dass die beiden Kameras synchron aufzeichnen, da sonst eine dreidimensionale Analyse der Bewegung nicht oder nur mit Ungenauigkeiten möglich wäre. Die beiden Kameras müssen exakt zur gleichen Zeit mit ihrer Aufzeichnung beginnen, da eine spätere Synchronisation am Computer mit viel Arbeit verbunden ist.



Bei den durchgeführten Messungen wird mit Hilfe einer Triggerlampe, Synchronisationslampe und ihrer Fernbedienung ein gemeinsamer Aufzeichnungspunkt festgelegt. Durch die Betätigung der Fernbedienung wird an der Empfangslampe, die sich an der rechten Schulter der Testperson befindet, ein rotes Licht eingeschaltet. Dieses Licht (siehe Abb. 55) kann

Abb. 55 Leuchten der Triggerlampe für die Synchronisation

später bei der Auswertung am Computer als eindeutiger Beginn der Aufzeichnungen beider Videokameras festgestellt werden. Für die EMGs bedeutet die Fernauslösung den Beginn der Aufzeichnungen.

4.1.5 Messbedingungen vor Ort

In diesem Abschnitt wird der gesamte Aufbau der für die Aufzeichnung der Messungen benötigten Geräte erläutert. Es wird auch auf die Situation am Münchner Eisbach eingegangen, da die Besonderheit dieser Welle dazu geführt hat, sie zum Labor für die folgenden Untersuchungen zu machen. Die baulichen Merkmale sowie die Entstehung der Welle werden dabei erklärt.

4.1.5.1 Entstehung der Eisbach-Flusswelle

Grundvoraussetzung, warum eine stehende Welle entsteht, ist zum einen die hohe Geschwindigkeit des Wassers, die im Falle des Eisbachs bei etwa 30m/sec liegt. Zum anderen sind es die speziellen baulichen Voraussetzungen vor Ort im Kanalsystem. Die hohe Geschwindigkeit des Wassers kommt von der Begradigung des ursprünglichen Flusslaufes der Isar, von der der Eisbach als Seitenkanal abzweigt. Aus einer kurvenreichen längeren Strecke ist eine geradlinige und kürzere Strecke mit dem selben Höhenunterschied geworden. Das Gefälle hat somit zugenommen. Würde man dieses schnell fließende Wasser nicht abbremsen, käme es in dem Kanalsystem zu starken Erosionen. Das Wasser muss an Energie verlieren. Die nötigen Energieverluste erreicht man durch bestimmte bauliche Maßnahmen (siehe Abb. 57 + 58) innerhalb des Kanalsystems, welche zu einem Wechselsprung führen.

Das Wasser kennt zwei verschiedene Bewegungszustände, Strömen und Schießen. Eine große Menge Wasser (hohe Wassertiefe) strömt mit einer relativ hohen Geschwindigkeit. Über eine schräge Wand wird es kontinuierlich beschleunigt, bis die geringe Menge Wasser, die hier durchkommt, schließlich schießt. Der nächste Übergang vom Schießen zurück zum Strömen erfolgt nicht kontinuierlich wie zuvor, sondern abrupt. Hier spricht man von einem sogenannten Wechselsprung. Der Energieverlust wird also durch den Wechselsprung und zusätzlich durch den Einsatz von Störkörpern erreicht, die sich über die gesamte Breite des Flussbettes erstrecken und die Geschwindigkeit zusätzlich abrupt verringern. Nach dem Wechselsprung strömt das zuvor in geringer Menge schießende Wasser nun wieder in einer großen Menge im Flussbett weiter.

Mit Hilfe der Froude-Zahl $v / \sqrt{g \cdot y} = 1,7$ (v = Geschwindigkeit, g = Erdbeschleunigung 9,81 und y ist die Wassertiefe) kann man den Übergang zwischen Strömen und Schießen errechnen. Ist die Froude-Zahl > 1 , so schießt das Wasser, ist sie dagegen < 1 , strömt es. Man kann mit ihrer Hilfe zwei verschiedene Arten von Wellen, also Energieverluste erreichen. Ist die Froude-Zahl $> 1,7$, so entsteht eine einzige und somit auch kürzere Welle, es handelt sich um einen Wechselsprung mit freier Deckwalze. Ist sie $< 1,7$, entstehen daraus mehrere Wellen, die sich auch über einen längeren Weg erstrecken, man spricht hierbei von einem gewellten Wechselsprung. Da man mit einer kurzen Welle jedoch auf engem Raum einen hohen Energieverlust erreichen kann, findet man diese Art sehr häufig im Seitenkanal der Isar.

Auf die nun entstandene Welle wirken vier Kräfte von zwei Seiten ein. Es handelt sich dabei um die Dichte mal den Durchfluss mal der Geschwindigkeit (in kg/s) $\rho \cdot Q \cdot v$ sowohl von der linken als auch von der rechten Seite, und des Weiteren um den Druck mal der Fläche $P \cdot A$ ebenfalls von links und rechts (ρ in kg/m³, Q in m³/s, v in m/s, A in m² und P in N/m²).

Für die Geschwindigkeit ergibt sich dadurch die Formel:

Geschwindigkeit = Durchfluss / Fläche, $v = Q / \rho$ (siehe dazu auch Abb. 56).

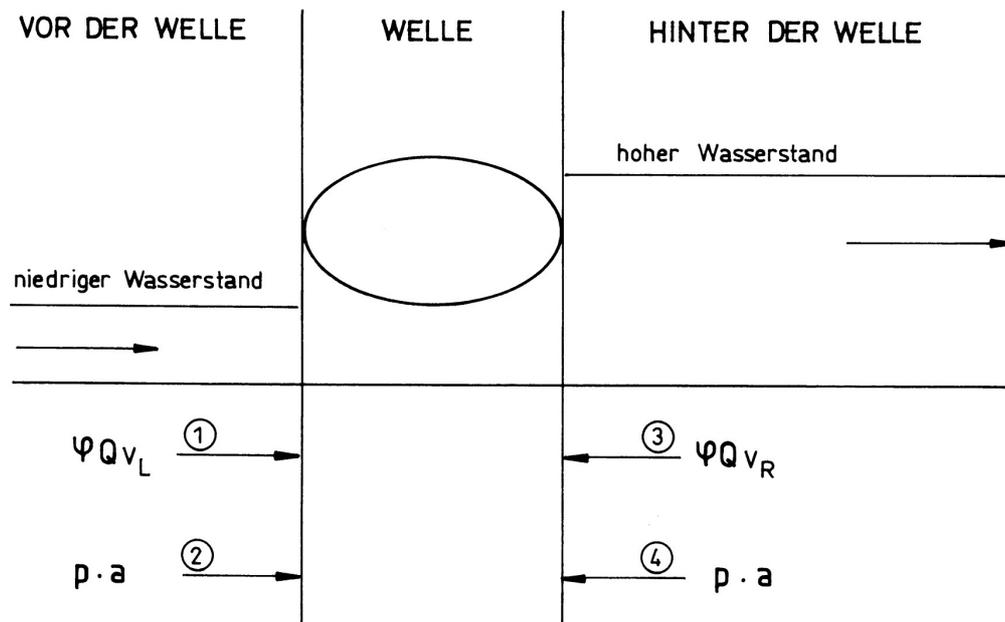


Abb. 56 Die 4 Kräfte, die auf die Welle einwirken

Für den Fall des Münchner Eisbachs ergibt sich folgende Situation: Es strömt die große Menge Wasser, welche aus dem Stadtmühlbach und dem Stadtsägmühlbach kommt über eine schräge Wand. Dabei wird die verringerte Menge Wasser kontinuierlich beschleunigt, bis sie schließlich schießt. Ist das Wasser am untersten Punkt dieser schiefen Ebene angekommen, wird es abrupt abgebremst. Dies erfolgt zum einen dadurch, dass das Flussbett nicht mehr schräg nach unten, sondern wieder waagrecht weiter verläuft und zum anderen durch die Störkörper, die sich über die gesamte Breite des Flussbettes erstrecken. Hier findet der Wechselsprung statt, wonach wieder eine große Menge Wasser langsamer weiter strömt. Durch diese plötzliche Verringerung der zuvor sehr hohen Geschwindigkeit türmt sich das Wasser auf, es weicht nach oben aus. Exakt an der Stelle des Wechselsprungs befindet sich die stehende Welle.

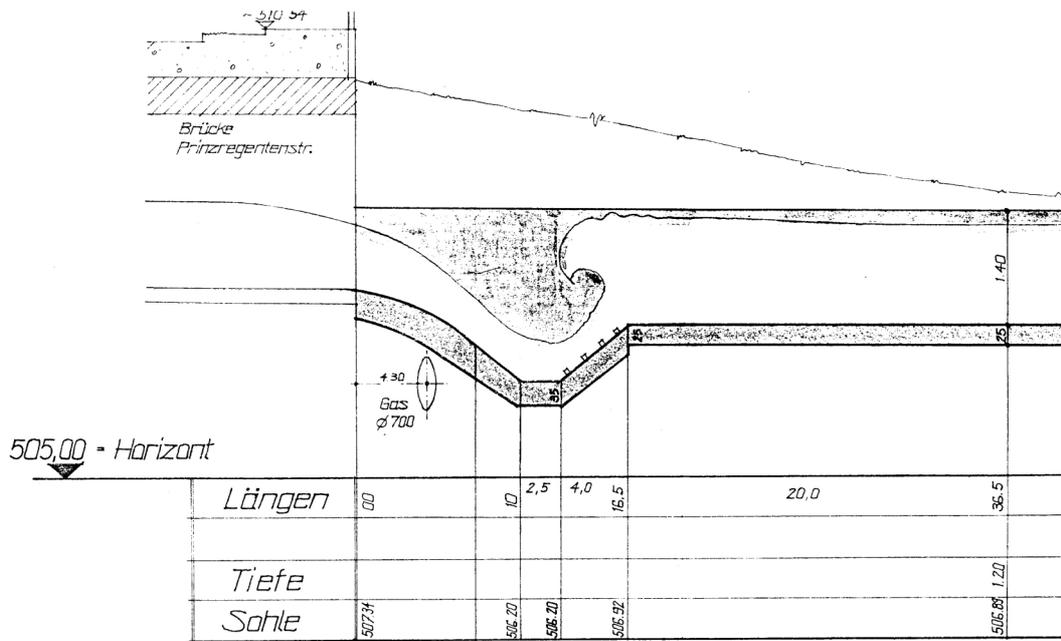


Abb. 57 Plan des Münchner Eisbachs in der Seitenansicht (vom: Wasser- und Brückenbauamt München)

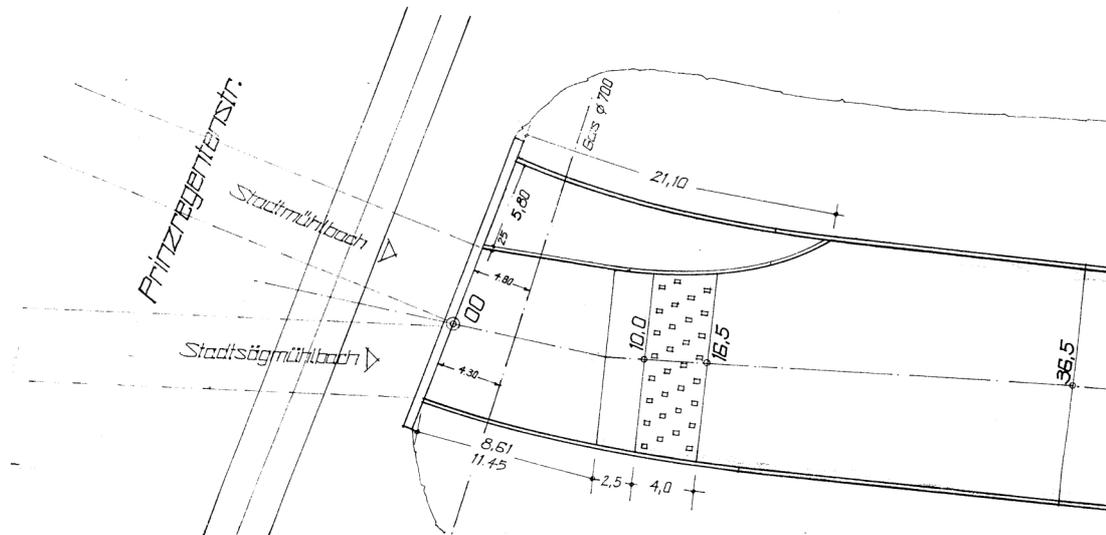


Abb. 58 Plan des Münchner Eisbachs in der Draufsicht (vom: Wasser- und Brückenbauamt München)

4.1.5.2 Plan und Geräte vor Ort

In den folgenden Abbildungen 59 bis 61 sind die Standpunkte der beiden Videokameras sowie des Passpunktsystems dargestellt. Eine Kamera filmt dabei frontal, die andere von der Seite. Die obere Kamera befindet sich bei allen Aufzeichnungen an der selben Stelle, nämlich auf der Brücke, genau in der Mitte der stehenden Welle. Es wird hier aus einer leichten Vogelperspektive aufgezeichnet, da die Kamera ein paar Meter oberhalb der Welle angebracht ist. Im Verlauf der verschiedenen Messungen verändert sich die Position der seitlichen Kamera. Sie steht zunächst auf der rechten Seite (vom Surfer aus gesehen) der Welle. Diese Kamera befindet sich auf Körperhöhe des Surfers in 2 m Abstand zu ihm. Diese Kameraposition wird nur bei den Ausführungen zur synchronisierten Aufzeichnung von Video und EMG verwendet. Die andere seitliche Kameraposition befindet sich auf der linken Seite (vom Surfer aus gesehen) der Welle. Der Winkel, mit dem hier gefilmt werden kann, ist für die Auswertung günstiger als der bei der anderen Position. Die Kamera steht 1,5 m erhöht und direkt neben dem Surfer. Die leichte Vogelperspektive trägt zu einer präziseren Aufzeichnung der Körperpunkte bei.

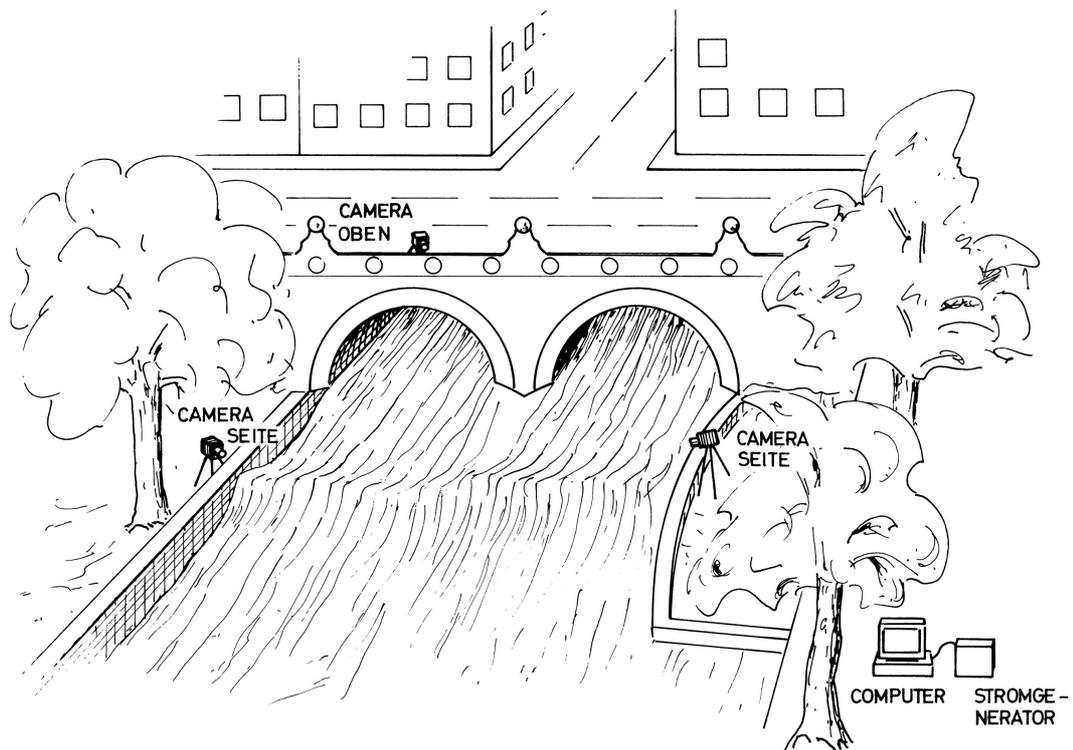


Abb. 59 Eisbach – Plan vor Ort



Abb. 60 a – c Bild Surfer von oben (a), von der Seite rechts (b) und links (c)

An dem Seilsystem, das an der rechten und linken Seite der Welle je an einem Baum befestigt ist, wird das Passpunktsystem an einer Spule aufgehängt. Mit Hilfe eines Führungsseils wird es an die richtige Position in der Welle platziert. Es ist wichtig, dass es genau an der Stelle von beiden Kameras aufgezeichnet wird, an der sich der Surfer in der Welle bewegt. Nur so kann eine präzise dreidimensionale Analyse erfolgen.

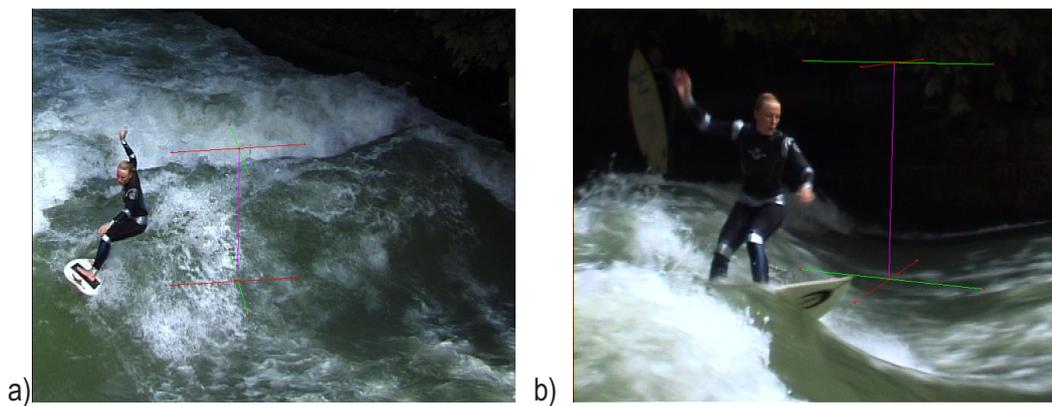


Abb. 61 a) Passpunktsystem von oben

b) von der Seite rechts

Die Bedingungen für die elektromyographischen Messungen unterscheiden sich von denen der kinematischen nur durch die zusätzliche Installation des Stromgenerators und des Computers am Rande des Aufzeichnungsbereiches zur Überprüfung der Daten vor Ort.

4.2 Messdurchführung

Wie in der Planungsphase festgelegt, werden nun die beiden Kameras an ihrer jeweiligen Position auf der Brücke und an der rechten bzw. linken Seite der Welle, angebracht. Die Bildausschnitte, sowohl von der Seite als auch von oben, in denen sich die Surfer bewegen sollen, werden als nächstes festgelegt. Sie müssen so gewählt werden, dass das Passpunktsystem, welches nach den eigentlichen Aufzeichnungen gefilmt wird, genau in diesem Bereich liegt. Des Weiteren sollten sich möglichst selten Körperteile während der Fahrt außerhalb dieses Passpunktsystems befinden, da sonst die Auswertungen ungenau werden können. Liegen die Körperteile weniger als 30% außerhalb des Passpunktsystems, können die Messungen für die Analyse verwendet werden.

Bei den Aufzeichnungen mit zusätzlichen elektromyographischen Messungen werden als erstes die Elektroden wie oben beschrieben auf die Muskulatur der Testsurfer aufgeklebt. Danach wird zum Schutz der Elektroden ein Neoprenanzug angezogen. Es werden nun noch alle für die Messungen wichtigen elektronischen Geräte an die Elektroden und die Triggerlampe angeschlossen und sie werden in der Neoprentasche am Rücken des Surfers verstaut.

Als nächster Schritt werden die Marker, wie zuvor beschrieben, auf dem Neoprenanzug an den Gelenken der Testpersonen angebracht.

Die eigentliche Aufzeichnung beginnt mit der ersten und endet mit der letzten Fahrt. Die beiden Kameras werden bei der ersten Fahrt gestartet und bei der letzten Fahrt des Tages gestoppt. Grund dafür ist, dass während der Aufzeichnung unbedingt sichergestellt werden muss, dass die Positionen der Kameras durch nichts verändert werden. Bei ständigem An- und Ausschalten wäre dies nicht mehr gewährleistet. Um die Kameras vor Störungen durch Passanten zu schützen, befindet sich an jedem Gerät ein Kameramann.

Nachdem alle Fahrten aufgezeichnet sind, muss das Passpunktsystem in die Welle gebracht werden. Dies geschieht mit Hilfe des oben beschriebenen Seilsystems. Ein Karabinerhaken, der sich in der Mitte der oberen Koordinatenstangen befindet, wird in das Querseil eingehängt. Mit Hilfe eines weiteren Seiles wird das Koordinatensystem nun über das straff gespannte Querseil in die Mitte des Flusses gezogen. Befindet sich das Passpunktsystem schließlich stabil in exakt der Position, an der die Surfer zuvor gefahren sind, wird es von beiden Kameras für einige Sekunden gefilmt. Auch hier müssen die Kameras wieder synchron filmen.

Nach Beendigung dieser Aufzeichnungsphase werden alle Geräte wieder abgebaut und zur Auswertung zur Universität gebracht.

4.3 Auswertung der Messversuche

4.3.1 Auswertung am Computer

Für die Computerauswertung, das Abtasten der Körperpunkte und die spätere Analyse der erhobenen Parameter wird die Bewegungsanalyse-Software Simi°Motion 5.2 verwendet. Die damit abgetasteten Körperpunkte sind in Abb. 62 zu sehen.

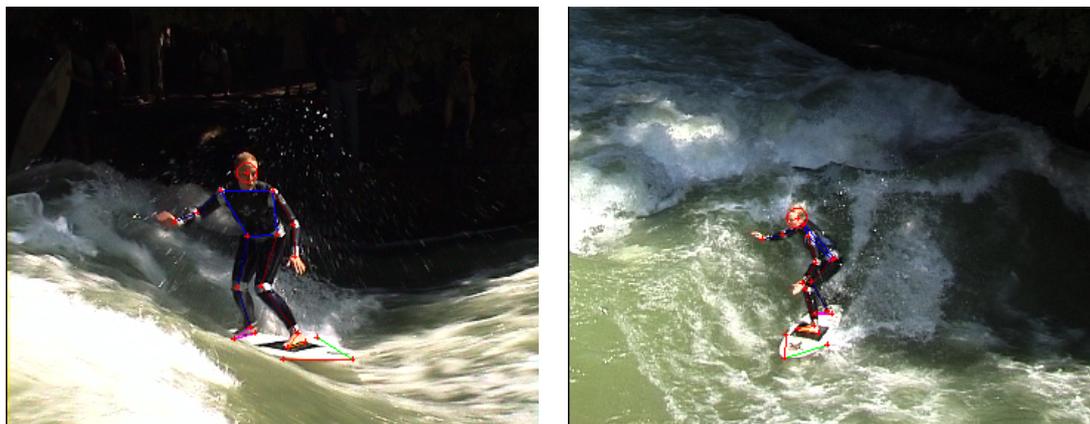


Abb. 62 a + b Videobild mit den abgetasteten 20 Körperpunkten von oben und von der Seite

Grundausstattung der erforderlichen Hardware des Computers ist mindestens ein Pentium II PC mit einer hohen Speicherkapazität, da das Sichern der Videobilder und die Bearbeitung in Simi°Motion sehr viel Datenspeicher benötigt. Die zusätzlich zur Simi°Motion benötigte Software ist ein Videoprogramm zum Übertragen (capture) und Wiedergeben der aufgezeichneten Bilder auf dem PC. Zur späteren Weiterverarbeitung und Darstellung der Ergebnisse müssen das Programm „Excel“ für Tabellen und ein Bildbearbeitungs-Programm auf dem Computer vorhanden sein.

4.3.1.1 Umgang mit Ungenauigkeiten bei der 3D Analyse

Fehler können bei der dreidimensionalen Bewegungsanalyse aus vier verschiedenen Gründen auftreten. Zum einen können sie durch die Festlegung der Landkoordinaten entstehen. Die daraus resultierenden Fehler könnten aufgrund folgender Ursachen entstehen: der Positionierung der Kameras, der Anzahl der Kameras, der Synchronisierung sowie der Digitalisierung. Diese Fehlerquellen treten bei den hier durchgeführten Messungen nicht auf, da mit zwei Kameras gearbeitet wird, welche so angebracht sind, dass sie die Videobilder aus zwei verschiedenen Perspektiven mit einem Winkel von etwa 90° zueinander aufnehmen, hier von oben/vorne und von der Seite. Da mit digitalen Kameras (siehe 4.1.2.1 „Videokameras“) aufgezeichnet wird, entstehen keine Fehler durch die Digitalisierung. Aus der Synchronisierung resultieren ebenfalls keine Fehler, da diese wie im Abschnitt 4.1.4 „Synchronisation“ beschreiben, mit Hilfe einer Triggerlampe erfolgt.

Des Weiteren können Fehler in der Darstellung der Kinematik von Körperteilen durch den Gebrauch von Markern entstehen. Sie treten durch die Bewegung der Marker auf, welche sich häufig nicht exakt gleich mit den darunterliegenden Gelenken bewegen. Durch ein Verrutschen der Neoprenschicht des Surfanzuges über die Gelenke können die Marker in eine etwas andere Position gelangen als gewünscht. Zum einen ist durch ein festes Umkleben der Gelenke mit dem Klebeband (siehe 4.1.2.2 „Marker“) ein Verrutschen kaum möglich, zum anderen handelt es sich bei den hier gewählten Abtastpunkten auch nicht um millimeterkleine Punkte sondern um Gelenke, wodurch die Ungenauigkeiten sehr gering gehalten werden.

Der dritte Grund ist das Problem des exakten Abtastens der markanten Körperpunkte auf dem Videobild am Computer. Die Körperpunkte sind nicht immer 100%ig auf den Bildern der beiden Kameras zu erkennen. So ist beispielsweise eine Fehlerquelle das Abtasten der Fußspitzen, Fersen und Sprunggelenke der Testpersonen. Da sich dieser Teil des Körpers sehr häufig komplett unter Wasser befindet, wie in Abb. 63 zu sehen, sind die Punkte nicht exakt zu bestimmen. In anderen Fällen sind Körperteile wie etwa der Unterkörper für einige Sekunden vom Spritzwasser des letzten Turns verdeckt. Durch die Berechnung der kinematischen Größe werden diese Abtastungenauigkeiten wesentlich verringert, indem der Rechner die Ungenauigkeiten glättet, die beim manuellen Abtasten entstanden sind. Hierbei wird mit „Moving Average“ in der dreidimensionalen Bewegungsanalyse-Software Simi°Motion geglättet. Des Weiteren können auch Lücken in Simi°Motion gefüllt werden, falls auf einem Bild kein Anhaltspunkt für das Abtasten des Körperpunktes gefunden wird. Simi°Motion berechnet dabei die Position die beispielsweise die Fußspitze auf dem letzten sichtbaren und auf dem übernächsten Bild hat, und erhält dadurch einen Wert über ihre Position zu dem dazwischenliegenden Zeitpunkt an dem sie nicht gesehen werden konnte. Durch das Lückenfüllen und das Glätten werden die Ungenauigkeiten durch nicht exaktes Abtasten sehr gering gehalten.



Abb. 63 a) Fuß unter Wasser und Bild sehr dunkel



b) Unterkörper vom Spritzwasser verdeckt

Schließlich kann es noch zu Ungenauigkeiten kommen, wenn das Passpunktsystem zu klein gewählt worden ist. Hier wird jedoch mit einem Passpunktsystem gearbeitet, welches aufgrund seiner Größe (siehe 4.1.3 „Raumkalibrierung bei der 3D Bewegungsanalyse“) den gesamten Körper während der Fahrt abdecken kann. Zum anderen bewegt sich der Surfer immer in dem unter 4.2 „Durchführung der Messversuche“ angesprochenen Toleranzbereich von 30%. Die betrachteten Körperteile liegen somit weniger als 30% außerhalb des Passpunktsystems und so können die Messungen für die Analyse verwendet werden.

4.3.1.2 Aufbereitung des EMG Signals

Die gespeicherten Daten können entweder in eine Excel Tabelle eingefügt oder in das Computerprogramm Simi°Motion übertragen werden. Für die Auswertung der Excel Tabelle kann man die dort integrierten Daten tabellarisch auflisten lassen und so genauer untersuchen.

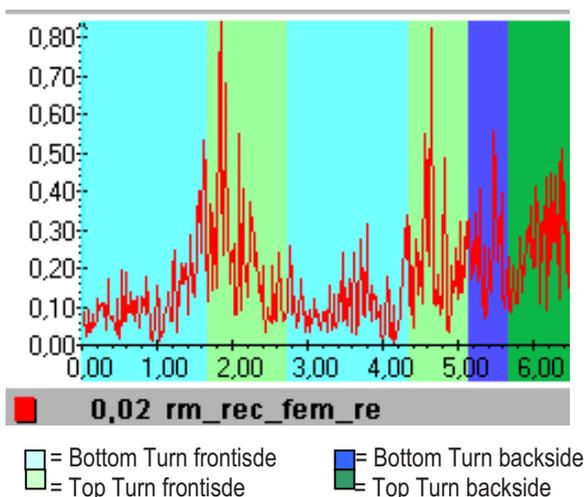


Abb. 64 Diagramm des EMGs vom Musculus rectus femoris rechts

Mit Hilfe der Software Simi°Motion lassen sich die EMGs unterschiedlich auswerten. Man kann dort entweder mit dem Roh - EMG, dem gleichgerichteten EMG, dem integrierten EMG oder der Frequenzanalyse arbeiten. Jedes EMG bietet dem Betrachter unterschiedliche Arten der Datenaufbereitung und Darstellung. Die hier gewählte Darstellungsform ist die des gleichgerichteten EMGs, bei dem nur positive Werte zu sehen sind (vgl. Abb. 64). Mit dessen Hilfe werden die späteren Auswertungen erfolgen.

4.3.2 Erhobene Parameter

Im folgenden Abschnitt werden die für die Auswertung wichtigen Parameter dargestellt. Da ein Ziel dieser Dissertation das Erstellen einer dreidimensionalen Bewegungsanalyse ist, wird zunächst mit der Einteilung der einzelnen Phasen und ihrer Weiterverarbeitung begonnen. Die Beschäftigung mit der Körperschwerpunktlage während des Surfens sowie die Auswirkung bestimmter Winkel und Achsenverläufe auf die Bewegung folgen diesen Ausführungen, ebenso wie die Erläuterungen zur Auswertung der gemessenen elektromyographischen Werte und ihrer Bedeutung für das Surfen.

4.3.2.1 Phasenmodell

Um eine genaue Verlaufsbeschreibung der einzelnen Turns machen zu können, muss zunächst festgelegt werden, wann ein Turn anfängt und wann er endet. Um diese Phaseneinteilung machen zu können, muss das Phasenmodell festgelegt werden. Es wird ein Phasenmodell mit vier Phasen angelegt, bestehend aus den vier Turns, die später betrachtet werden sollen: Bottom Turn frontside, Bottom Turn backside, Top Turn frontside und Top Turn backside. Die Turns enden jeweils mit dem Beginn des nächsten. Später können aus diesen einzelnen Turns noch durch ihre Kombination miteinander und das Einfügen eines Zwischenstücks zwei weitere Turns betrachtet werden, nämlich der Cutback frontside und backside. Der Take off sowie der 360° Turn werden zuletzt in ihre Phasen eingeteilt, doch sie haben mit den zuvor beschriebenen Phasen (siehe Abb. 65) nichts zu tun. Hierbei handelt es sich um zwei Techniken, die mit den anderen Turns nicht oder nur bedingt zu vergleichen sind.

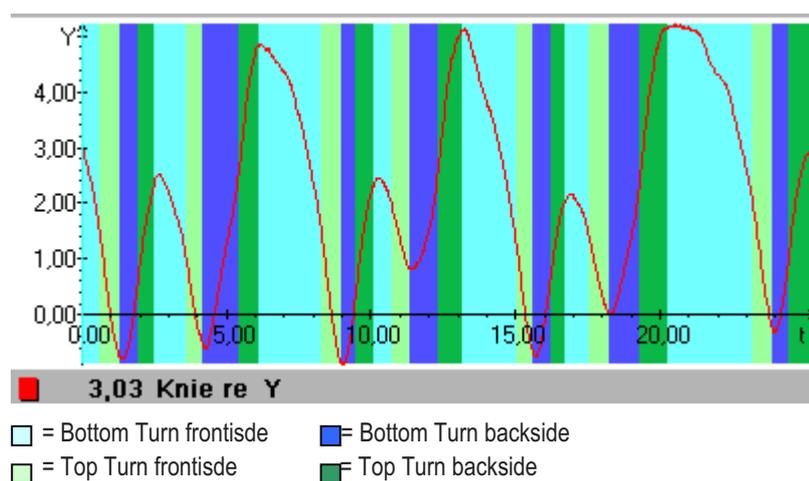


Abb. 65 Phasenmodell aus Simi°Motion - Bezugskurve Knie rechts zur Y-Achse

Da sich die Phasen der einzelnen Turns nicht wie bei der Laufbewegung des Menschen exakt in Vorbereitungs-, Haupt- und Endphase bzw. Zwischenphase (vgl. Meinel / Schnabel 1998, 83 ff) einteilen lassen, ist hier eine persönliche, charakteristische Einteilung nötig.

Bottom Turn frontside (siehe Abb. 66 a):

Charakteristisch ist hier zunächst die Köperausrichtung des Surfers. Der Körper ist zur Wellenwand hin gerichtet, mit dem Blick Richtung Wellental. Gleichzeitig aber auch immer im Blick ist die Wellenwand, da ihre Entwicklung darüber entscheidet, wie der Bottom Turn ausgeführt wird, ob er kurz und eng oder lang und weit wird. Im Umkehrpunkt im Wellental geht der Blick nach oben Richtung Wellenkamm. Der Surfer befindet sich zu Beginn der Fahrt oben am Wellenkamm, durchfährt anschließend das Wellental, um danach wieder die Wellenwand hinaufzufahren.

- 1) Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nase zum Wellental
- 2) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 3) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellenkamm)

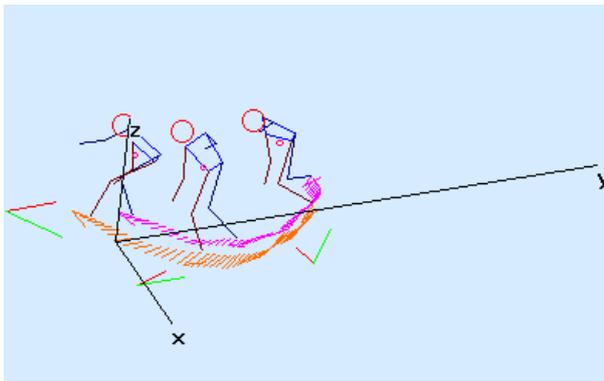


Abb. 66 a) Bottom Turn frontside

Bottom Turn backside (siehe Abb. 66 b):

Der Körper ist hier backside zur Wellenwand, das bedeutet, der Surfer hat die Welle in seinem Rücken. Blickrichtung wie bei dem Bottom Turn frontside zunächst ins Wellental und gleichzeitig auch zur Wellenwand, im Umkehrpunkt dann zum Wellenkamm hin gerichtet. Auch hier startet der Turn am Wellenkamm, durchfährt das Wellental und fährt anschließend die Wellenwand wieder hinauf.

- 1) Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nase zum Wellental
- 2) Drehen (backside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 3) Weiterführung der Drehung (backside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellenkamm)

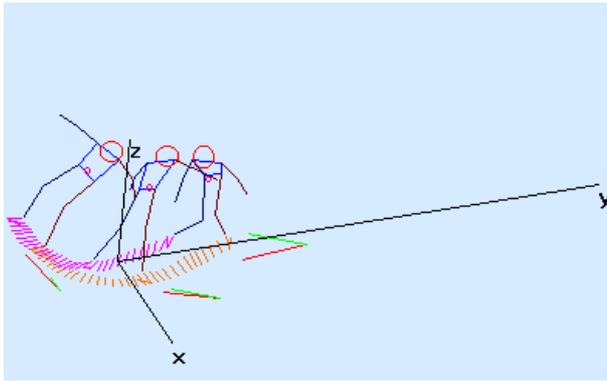


Abb. 66 b) Bottom Turn backside

Tab. 2 Phaseneinteilung (Teilphase I – III) Bottom Turn front- und backside

Bottom Turn	TPh I	TPh II	TPh III
Bottom Turn frontside	Fahrt WK -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> WB	WeiterDrhg (fs) -> WK, Brett / I WW, Nose ^ WK
Bottom Turn backside	Fahrt WK -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (bs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (bs) -> WK, Brett = WW, Nose ^ WK

Top Turn frontside (siehe Abb. 67 a):

Die Körperausrichtung ist hier wieder zur Wellenwand hin, da frontside. Die Blickrichtung ist zunächst nach oben zur Wellenwand hin gerichtet, gleichzeitig aber auch in Fahrtrichtung. Nach erfolgter Drehung am Wellenkamm geht der Blick wieder Richtung Wellental. Der Turn startet im Wellental, Drehpunkt ist oben am Wellenkamm und die Fahrt zurück ins Wellental beendet den Turn.

- 1) Fahrt vom Wellental zum Wellenkamm, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nose zum Wellenkamm
- 2) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nose in Brechungsrichtung der Welle
- 3) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellental)

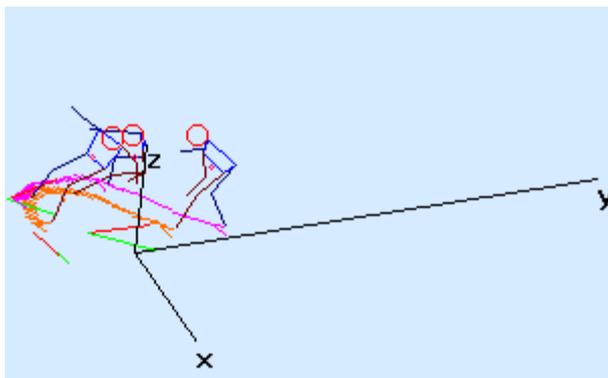


Abb. 67 a) Top Turn frontside

Top Turn backside (siehe Abb. 67 b):

Die Welle befindet sich wieder im Rücken des Surfers. Der Blick richtet sich erst zum Wellenkamm hin nach oben, gleichzeitig natürlich wieder auch in Fahrtrichtung, und nach erfolgter Drehung am Wellenkamm leitet der Blick in Richtung Wellental die darauf folgende Fahrt dorthin ein. Auch dieser Turn startet wieder im Wellental, vollzieht eine Drehung am Wellenkamm und fährt schließlich wieder ins Wellental hinunter.

- 1) Fahrt vom Wellental zum Wellenkamm, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nase zum Wellenkamm
- 2) Drehen (backside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 3) Weiterführung der Drehung (backside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellental)

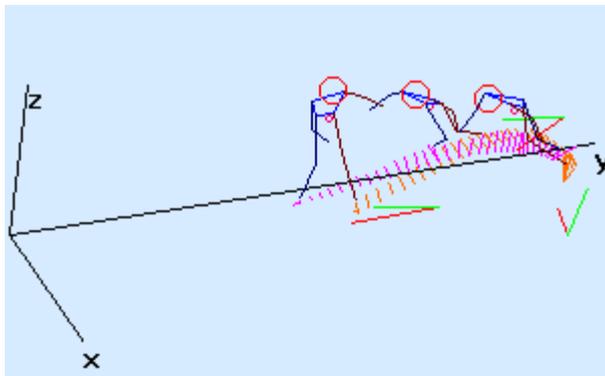


Abb. 67 b) Top Turn backside

Tab. 3 Phasenteilung (Teilphase I – III) Top Turn front- und backside

Top Turn	TPh I	TPh II	TPh III
Top Turn Frontside	Fahrt WT -> WK, Brett / I WW, Nose ^ WK	Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> WB	WeiterDrhg (fs) -> WT, Brett / I WW, Nose v WT
Top Turn Backside	Fahrt WT -> WK, Brett / I WW, Nose ^ WK	Drhg. (bs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (bs) -> WT, Brett / I WW, Nose v WT

Cutback frontside (siehe Abb. 68 a):

Der Körper des Surfers ist hier frontside zur Wellenwand, das bedeutet, der Surfer hat die Welle zu Beginn des Turns vor seinem Körper. Er fährt die Wellenwand hinunter, durchfährt das Wellental und beginnt wieder die Aufwärtsfahrt Richtung Wellenkamm. Dort dreht er erneut in die Parallelstellung des Boardes zur Wellenwand, um danach wieder in die Senkrechte ins Wellental zu drehen. Dort angekommen, dreht er, nun in Backsidedstellung, da sich die Welle nun in seinem Rücken befindet in die Parallelstellung, um von dort aus wieder die Aufwärtsfahrt zum Wellenkamm anzutreten. Oben am Wellenkamm dreht er erneut noch

einmal, bis er sich schließlich wieder in der Ausgangsposition, in der senkrechten Abwärtsfahrt frontside, befindet. Der Cutback wird somit in genau 9 Teilphasen unterteilt, die sich wie folgt beschreiben lassen:

- 1) Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nase zum Wellental
- 2) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 3) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellenkamm)
- 4) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 5) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellental)
- 6) Drehen (backside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 7) Weiterführung der Drehung (backside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellenkamm)
- 8) Drehen (backside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle
- 9) Weiterführung der Drehung (backside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nase zum Wellental)

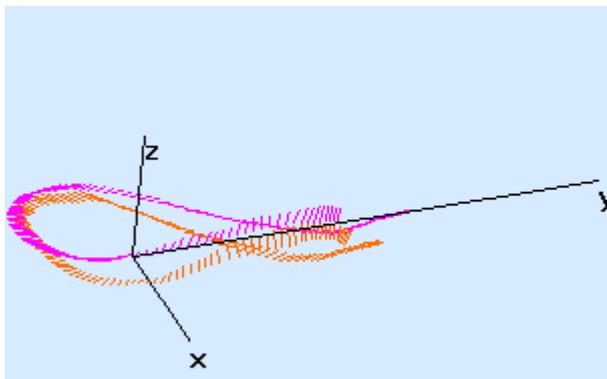


Abb. 68 a) Cutback frontside

Tab. 4 Phasenteilung (Teilphase I – IX) Cutback frontside

Cutback frontside		
TPh I	TPh II	TPh III
Mix	BT fs	MIX
Fahrt WK -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (fs) -> WK, Brett / I WW, Nose ^ WK
TPh IV	TPh V	TPh VI
TTfs	Mix	BT bs
Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (fs) -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (bs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.
TPh VII	TPh VIII	TPh IX
Mix	TT bs	Mix
WeiterDrhg (bs) -> WK, Brett = WW Nose ^ WK	Drhg. (bs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (bs) -> WT, Brett / I WW, Nose v WT

Cutback backside (siehe Abb. 68 b):

Der Körper ist hier backside zur Wellenwand, das bedeutet, der Surfer hat die Welle zu Beginn des Turns in seinem Rücken. Er fährt die Wellenwand hinunter, durchfährt das Wellental und beginnt wieder die Aufwärtsfahrt nach oben in Richtung Wellenkamm. Dort dreht er erneut in die Parallelstellung des Boardes zur Wellenwand, um danach wieder in die Senkrechte ins Wellental zu drehen. Dort angekommen, dreht er, nun in Frontsidedstellung, da sich die Welle nun vor seinem Körper befindet in die Parallelstellung, um von dort aus wieder die Aufwärtsfahrt zum Wellenkamm anzutreten. Oben am Wellenkamm dreht er erneut noch einmal, bis er sich schließlich wieder in der Ausgangsposition, in der senkrechten Abwärtsfahrt backside befindet. Der Cutback backside wird somit auch in genau 9 Teilphasen unterteilt und wie folgt beschreiben:

- 1) Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nose zum Wellental
- 2) Drehen (backside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nose in Brechungsrichtung der Welle
- 3) Weiterführung der Drehung (backside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellenkamm)
- 4) Drehen (backside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nose in Brechungsrichtung der Welle
- 5) Weiterführung der Drehung (backside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellental)
- 6) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nose in Brechungsrichtung der Welle
- 7) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellenkamm)

- 8) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nose in Brechungsrichtung der Welle
- 9) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellental)

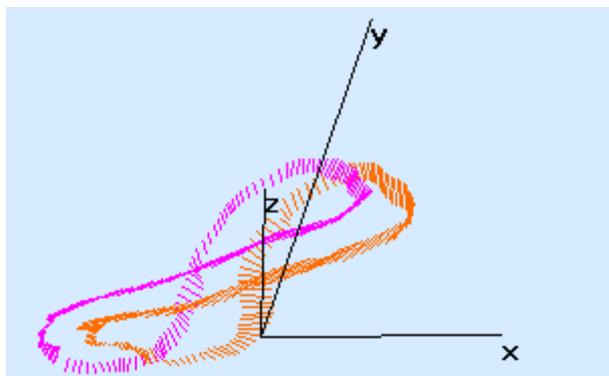


Abb. 68 b) Cutback backside

Tab. 5 Phasenteilung (Teilphase I – IX) Cutback backside

Cutback backside		
TPh I	TPh II	TPh III
Mix	BT bs	Mix
Fahrt WK -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (bs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (bs) -> WK, Brett = WW Nose ^ WK
TPh IV	TPh V	TPh VI
TT bs	Mix	BT fs
Drhg. (bs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (bs) -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.
TPh VII	TPh VIII	TPh IX
Mix	TT fs	Mix
WeiterDrhg (fs) -> WK, Brett / I WW, Nose ^ WK	Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (fs) -> WT, Brett / I WW, Nose v WT

Take off frontside (siehe Abb. 69):

Der Surfer befindet sich in der Gleitlage auf seinem Brett (bäuchlings). Danach hebt sich die Hüfte, im nächsten Schritt werden die Beine herangezogen, das Lösen der Arme von der Brettoberfläche leitet schließlich das Ende der Aufstehbewegung ein. Der Unterkörper schwingt nach vorne und landet in der Grundstellung auf dem Brett. Der Take off frontside lässt sich in 5 Teilphasen unterteilen:

- 1) Surfer liegt auf dem Brett, Brett senkrecht zur Wellenwand mit Richtung Wellental
- 2) Hüfte wird angehoben, Brett senkrecht zur Wellenwand mit Richtung Wellental
- 3) Heranziehen des Unterkörpers unter den Oberkörper, Brett senkrecht bis diagonal zur Wellenwand in Fahrtrichtung Wellental

- 4) Lösen der Hände vom Brett, Vorpendeln der Beine, Brett diagonal zur Wellenwand in Richtung Wellental und in Fahrtrichtung (Bottom Turn frontside)
- 5) Aufrichten des Körpers, Positionierung der Beine auf dem Brett, Brett diagonal zur Wellenwand in Richtung Wellental und in Fahrtrichtung (Bottom Turn frontside)

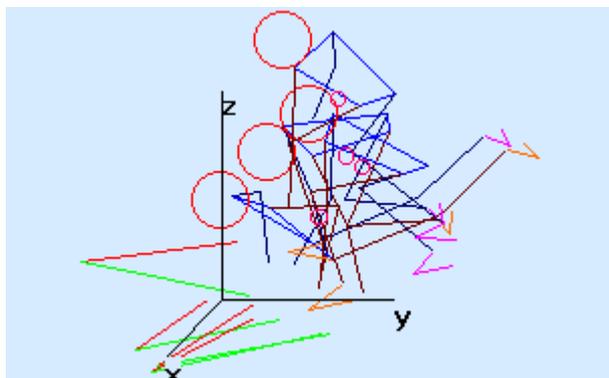


Abb. 69 Take off frontside

Tab. 6 Phasenteilung (Teilphase I – V) Take off frontside

Take off backside		
TPh I	TPh II	TPh III
Fahrt liegend ->WT Hände,Hüfte,Knie +Füße auf Brett, Kopf angehoben	KSP w nach vorne ->Druck auf Hände, Hüfte hebt ab, Knie leicht gebeugt	Kraft aus den Armen, Heranziehen der Knie unter den OK, Hüfte steigt weiter an
TPh IV	TPh V	
Lösen Hände v. Brett, gleichztg. Beine unter OK nach vorne schwingen u. auf Brett, KSP etw. kleiner	Aufrichten des Körpers -> KSP wird größer, Randrehen des Boards an die WW	

360° Turn frontside (siehe Abb. 70):

Der Körper des Surfers ist hier frontside zur Wellenwand, das bedeutet, der Surfer hat die Welle vor seinem Körper. Er fährt die Wellenwand hinunter, durchfährt das Wellental und beginnt wieder die Aufwärtsfahrt nach oben in Richtung Wellenkamm. Dort dreht er diesmal weiter in die gleiche Richtung und erreicht damit, dass er schließlich wieder in die Parallelstellung zum Wellenkamm gelangt, diesmal aber mit dem Blick gegen die ursprüngliche Bewegungsrichtung. Von dort dreht er weiter, bis sich das Surfbrett wieder in der Abwärtsfahrt und somit wieder in der Ausgangsposition befindet. Der 360° Turn frontside lässt sich in 7 Teilphasen untergliedern, die wie folgt beschrieben werden:

- 1) Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nase zum Wellental
- 2) Drehen (frontside) an die Wellenwand, Brett parallel zur Wellenwand, Nase in Brechungsrichtung der Welle

- 3) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellenkamm, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellenkamm)
- 4) Weiterdrehung über die Senkrechte und den Wellenkamm hinaus in die selbe Rotationsrichtung
- 5) Weiterdrehung am Wellenkamm bis vor die Parallelstellung, Brett diagonal zur Wellenwand, Nose zum Wellenkamm
- 6) Weiterführung der Drehung (frontside) in Richtung Wellental, Brett diagonal zur Wellenwand (Nose zum Wellental)
- 7) Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, Brett diagonal bis gerade zur Wellenwand, Nose zum Wellental

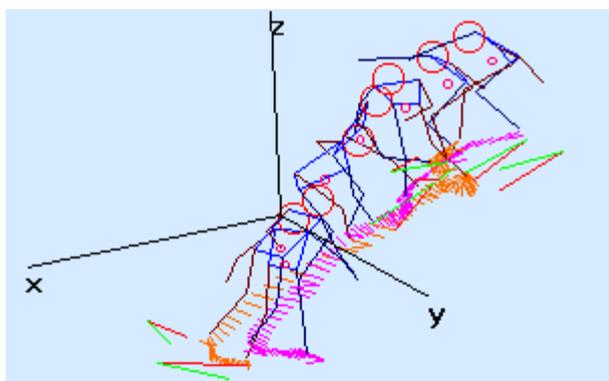


Abb. 70 360° Turn frontside

Tab. 7 Phaseneinteilung ((Teilphase I – VII) 360° Turn frontside

360° Turn frontside			
TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV
Mix	BT fs	Mix	Mix
Fahrt WK -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	Drhg. (fs) WW, Brett = WW, Nose -> Wbrechg.	WeiterDrhg (fs) -> WK, Brett / I WW, Nose ^ WK	WeiterDrhg um li Achse Brett II zur WW, Nose ^ WK
TPh V	TPh VI	TPh VII	
TT bs	Mix	BT fs	
WeiterDrhg (bs) -> WK Brett / I WW Nose -> WK	WeiterDrhg u. li Achse Brett = zur WW, Nose ->gg Wbrechg.	WeiterDrhg -> WT, Brett / I WW, Nose v WT	

Nach Beendigung der Phaseinteilung einer Fahrt kann man sich alle Turns in einem Diagramm (siehe Abb. 71) anzeigen lassen. Man muss dazu nur noch die Anzahl der jeweiligen Turns (Phasen) während der Fahrt angeben. Will man beispielsweise die einzelnen Bottom Turns frontside miteinander vergleichen, um Gemeinsamkeiten oder Unterschiede herauszustellen, werden die einzelnen Teil-Diagramme dieser Turns in ein Diagramm gezogen, damit der direkte Vergleich besser möglich ist.

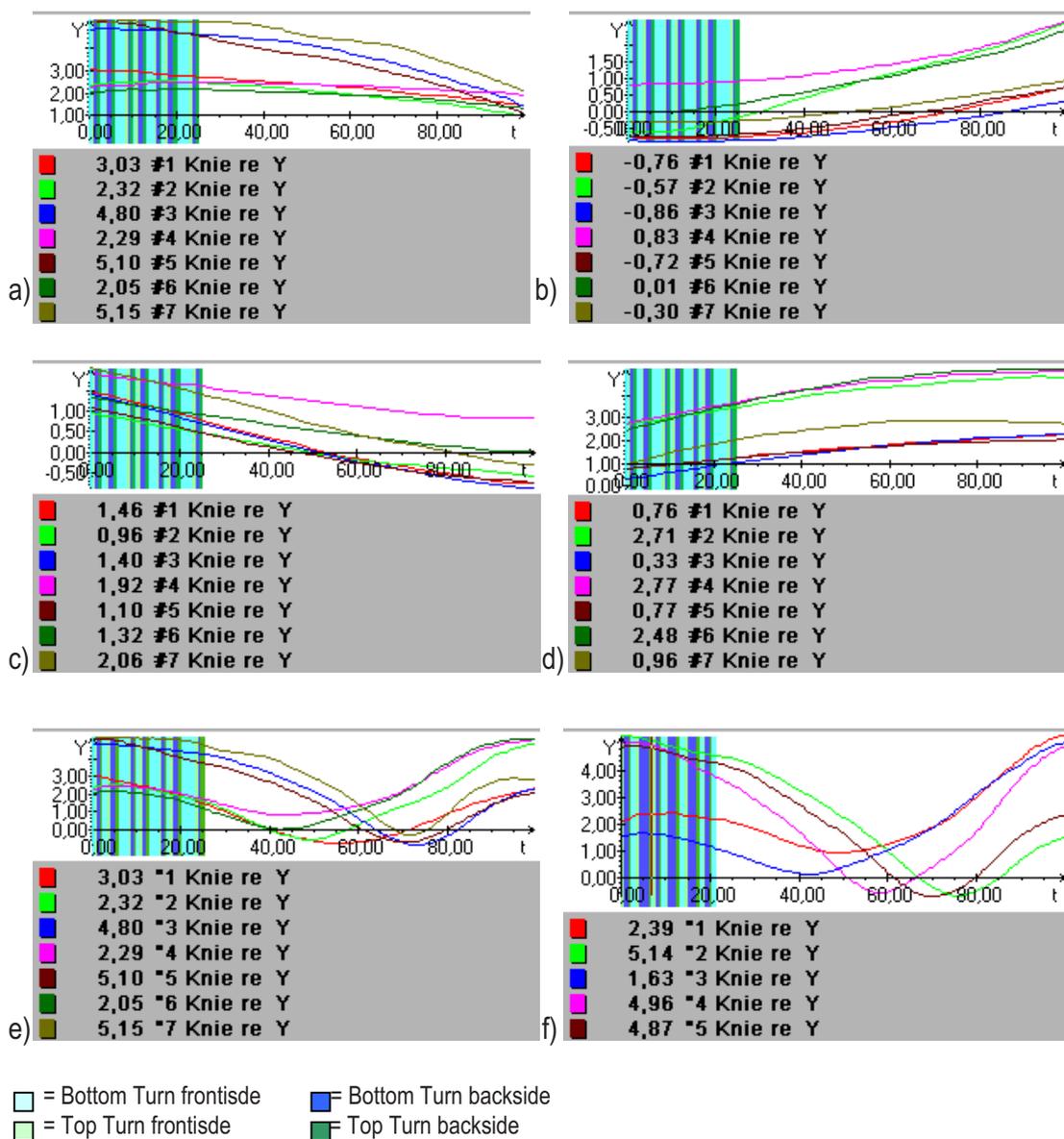


Abb. 71 a - f Phasen a) Bottom Turn frontside, b) Bottom Turn backside, c) Top Turn frontside, d) Top Turn backside, e) Cutback frontside, f) Cutback backside

4.3.2.2 Körperschwerpunkt-Lage im Verlauf der Bewegung

Die Kenntnis des Körperschwerpunkts (KSP) ist wichtig, da alle äußeren Kräfte genau an diesem Schwerpunkt am Körper angreifen. Er ist auch der Punkt, in dem man die Gewichtskraft durch eine einzige Gegenkraft ausgleichen kann. Die Berechnung des KSP erfolgt mit Simi°Motion anhand des Hanavan-Modells zur KSP-Berechnung. Hierbei werden die Teilschwerpunkte einzelner Körperteile, der Arme, der Beine und des Rumpfes ermittelt. Dieser KSP wird in der dreidimensionalen Strichmännchendarstellung als roter Kreis (siehe Abb. 72) angezeigt. Um ihn jedoch genauer untersuchen zu können, kann man ihn sich zusätzlich als Verlaufsdiagramm (vgl. Abb. 73) darstellen lassen.



Abb. 72 KSP in der Strichmännchendarstellung

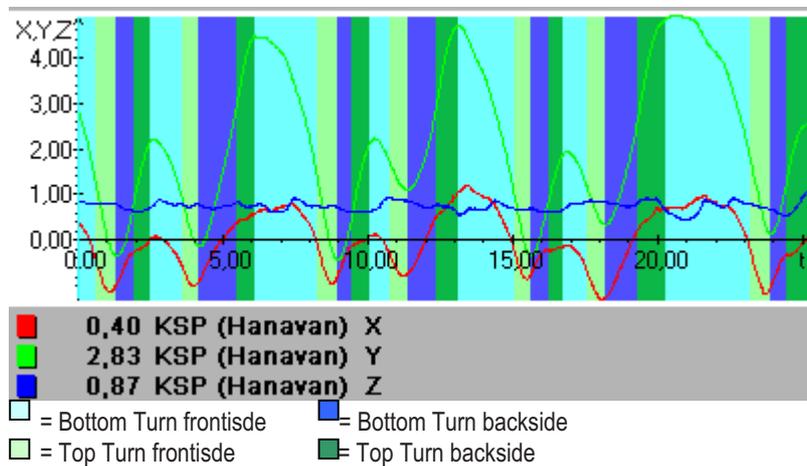


Abb. 73 KSP als Diagramm

4.3.2.3 Körperwinkel im Verlauf der Bewegung

Die Körperwinkel werden wie schon der Körperschwerpunkt automatisch durch die zuvor abgetasteten Körperpunkte mit Simi°Motion berechnet. Es können dabei verschiedene Winkel betrachtet werden. Begonnen werden soll mit einem 4-Punkt-Winkel, mit dessen Hilfe man die Winkel zweier Achsen miteinander vergleichen kann. Es sollen die Hüft- mit der Schulterachse (siehe Abb. 74) verglichen werden, um zu untersuchen, wie sich die beiden Achsen während der Fahrt zueinander verhalten. Desweiteren soll die Bedeutung des Vordrehens der Schulterachse vor der Hüftachse, für die Einleitung der Drehung, deutlich gemacht werden.

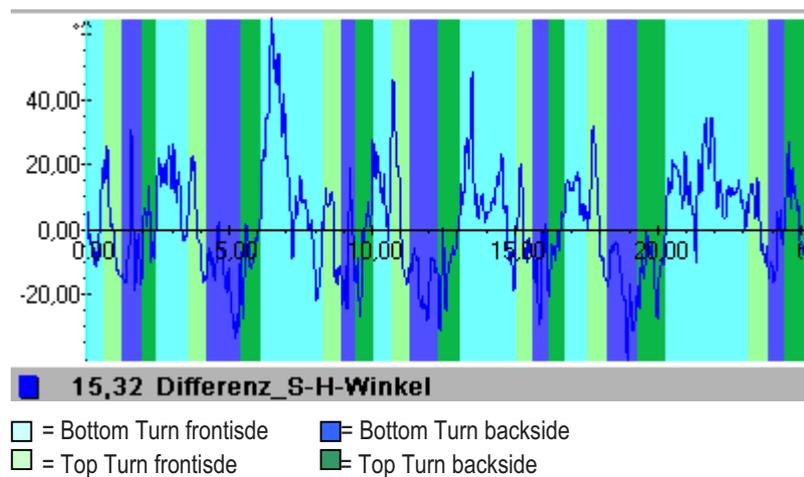


Abb. 74 Diagramm Schulter-Hüftachsen Vergleich

Um Aussagen über die Veränderungen bestimmter Körperwinkel, wie die des Knie- und Hüftwinkels (in Abb. 75), während der Fahrt machen zu können, verwendet man einen 3-Punkt Winkel in Simi°Motion.

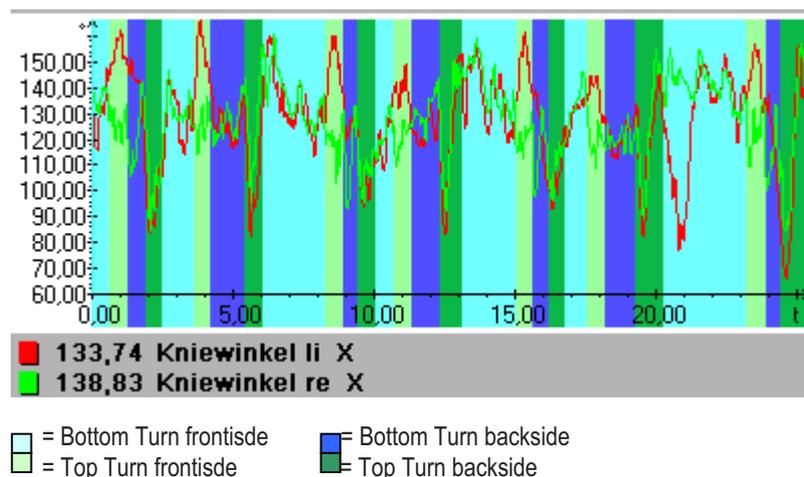


Abb. 75 Diagramm Kniewinkel

Wie schon bei den Achsenvergleichen werden auch hier die einzelnen Zahlenwerte, mit welchen später in den Auswertungen gearbeitet wird, in der jeweiligen Situation der Bewegung in der unteren Zeile im Diagramm angegeben.

4.3.2.4 Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster

Bei der Muskelaktivität kann man drei Kontraktionsarten (vgl. Grosser / et al. 1998, 48) unterscheiden: bei der isometrischen Kontraktion bleibt die Gesamtlänge des aktiven Muskels zwischen Ursprung und Ansatz konstant. Bei der konzentrischen Kontraktion dagegen bewirkt die Aktivität des Muskels eine Verkürzung der Muskellänge. Es findet Bewegung statt, der Muskel überwindet Bewegungswiderstände bei Beugung und Streckung. Bei der exzentrischen Kontraktion wird der aktive Muskel durch äußere Kräfte gedehnt. Der Muskel arbeitet nachgebend, was bedeutet, dass gegen die Aktivität der Beuger (Strecker) gestreckt (gebeugt) wird. Um die Kontraktionsart zu bestimmen, ist es erforderlich, die Aktivität des Muskels festzustellen und die Änderung oder Beibehaltung der Muskellänge zu bestimmen. In der Biomechanik kann die Aktivität des Muskels bei sportlichen Bewegungen mit Hilfe der Elektromyographie bestimmt werden, die Kontraktionsarten jedoch nur eingeschränkt.

Die muskuläre Leistungsfähigkeit hängt sehr stark von der intra- und intermuskulären Koordination der arbeitenden Muskeln ab. Die intermuskuläre Koordination bezieht sich auf das Zusammenwirken verschiedener agonistischer und antagonistischer Muskeln im Verlauf einer Bewegung. Auf diese Koordination der Agonisten zu ihren Antagonisten während der Bewegung soll bei den Auswertungen eingegangen werden, da sich die intermuskuläre Koordination mit Hilfe eines sportartspezifischen Techniktrainings verbessern lässt.

Die EMG-Signale, die während der Aufzeichnungsphase von den Elektroden an der Hautoberfläche aufgenommen und an das Speichergerät weitergegeben werden, werden mit Hilfe eines Datenerfassungsprogramms auf den Computer zur weiteren Bearbeitung übertragen. Durch die Synchronisation der EMGs mit den kinematischen Videoaufzeichnungen werden einzelne Phasen ausgewählt. Der zeitliche Ablauf, also das zeitliche Aktivitätsmuster verschiedener Turns nacheinander, wird mit Hilfe der Phaseneinteilung grafisch dargestellt. So lassen sich der Beginn und das Ende eines einzelnen Turns sehr anschaulich darstellen. Durch Übereinanderlegen gleicher Turns, also beispielweise aller gefahrener Bottom Turns frontside während der EMG-Aufzeichnung, kann man einen qualitativen Vergleich der Aufzeichnungsergebnisse erhalten.

Da aufgrund technischer Probleme lediglich eine EMG-Aufzeichnung erfolgt ist, wird im weiteren Verlauf nur auf diese Fahrt eingegangen werden. Durch diese wenigen Messergebnisse der EMGs kann keine absolute Aussage über die Muskelaktivität gemacht werden. Dies war jedoch mit diesen Messungen auch nicht beabsichtigt. Es sollte lediglich ein erster Versuch gemacht werden, elektromyographische Untersuchungen im Wellenreiten zu machen. Mit den vorhandenen Ergebnissen, für die beiden Bottom- und Top Turns, kann jedoch gezeigt werden, welche Aufgaben die Muskeln in den jeweiligen Abschnitten der Turns übernehmen und wie sich jeweils die Antagonisten dazu verhalten.

5 Darstellung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die zuvor aufgezeichneten und erfassten Messungen ausgewertet und detailliert dargelegt. Dabei wird nach den Turns und ihren Teilphasen unterschieden. Innerhalb der einzelnen Turns wird wiederum die genaue Verlaufsbeschreibung der Bewegungsphasen aufgeführt, der Verlauf des Körperschwerpunkts während der Fahrt betrachtet und beschrieben und die Schulterachse mit der Hüftachse verglichen, um Gemeinsamkeiten oder Unterschiede in ihrem Verlauf zu finden, welche für den Bewegungsablauf im Ganzen von Bedeutung sind. Als letztes werden noch die Knie- und Hüftwinkel genauer betrachtet und analysiert.

Wie bereits bei der Beschreibung der Messungen dargelegt, wurde bei den Aufzeichnungen nur mit Regularfootern gemessen, also Surfern, die das linke Bein vorne und das rechte Bein hinten haben. Aus diesem Grund werden sich die folgenden Bewegungsbeschreibungen mit ihren Körperschwerpunkten, Winkeln und Achsen lediglich auf diese Gruppe Surfer beziehen. Für die Bewegungsbeschreibung von Goofyfootern (rechtes Bein vorne, linkes hinten) bedeutet es, dass die Beschreibungen und Analysen genau umgekehrt ablaufen würden.

5.1 Grundstellung

Bei der Grundstellung handelt es sich um die Betrachtung nur eines Bildes, einer einzigen Situation, nicht wie bei einer Verlaufsbeschreibung um die Darlegung aller Abschnitte einer komplexen Bewegung. Die Grundstellung soll verdeutlichen, welche Position und Körperhaltung der Surfer während der Fahrt an der schrägen Wellenwand einnimmt, wenn er parallel zur ihr daran entlangsurft, ohne einen weiteren Turn zu machen. Sie soll auch als Einstieg für die später folgenden komplexeren Bewegungsausführungen dienen.

5.1.1 Grundstellung frontside



Abb. 76 Grundstellung frontside

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Grundstellungen frontside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 1 zu finden.

Tab. 8 Grundstellung frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten

Grundstellung frontside	Gesamt	Mittelwert
<u>Knie-Hüftwinkel</u>		
Kniewinkel li X	4272,81	129,48
Kniewinkel re X	4268,86	129,36
Hüftwinkel li X	3332,04	100,97
Hüftwinkel re X	3545,33	107,43
<u>Schulter-Hüftachsen</u>		
Schulter_zu_YZ(in °)	1238,38	37,53
Hüfte_zu_YZ(in °)	1150,17	34,85
Differenz_S-H-Winkel(in °)	88,81	2,69
<u>Körperschwerpunkt</u>		
KSP(zu Z in m)	25,59	0,78

In der Beschreibung der Grundstellung frontside werden die Position und Haltung des Surfers betrachtet und beschrieben, die er einnimmt, wenn er den Blick und vor allem seine Körperfront zur Welle hin ausrichtet.

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung des Surfers und seine Position auf dem Surfboard verdeutlichen.

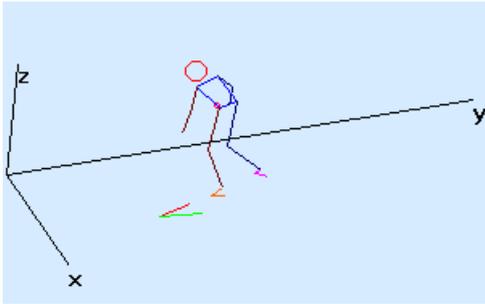


Abb. 77a) Grundstellung frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

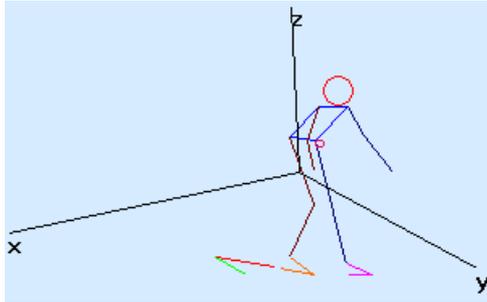


Abb. c) Grundstellung frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

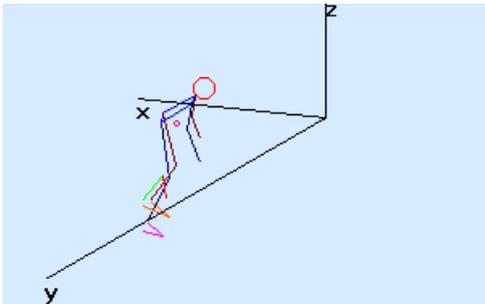


Abb. e) Grundstellung frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

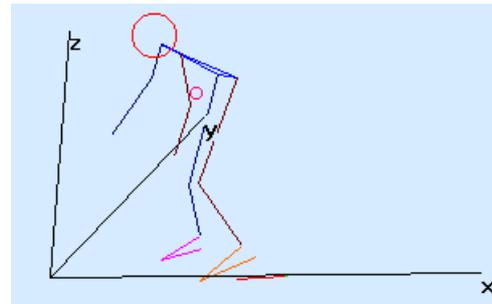


Abb. f) Grundstellung von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Die Körperfront ist zur Welle hin ausgerichtet, wobei die Schulter- und die Hüftachse parallel verlaufen, sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Ebene. Die Differenz der beiden Achsen zueinander beträgt ca. 2° , wobei diese geringe Abweichung daher rührt, dass der Surfer leicht in Fahrtrichtung vorgedreht ist und somit der linke vertikale Hüftwinkel kleiner als der rechte ist, da nach links weitergefahren wird.

Beide Knie sind leicht gebeugt, wobei die Kniewinkel rechts und links beinahe genau den gleichen Wert haben. Grund dafür ist die parallele Fahrt an der Wellenwand.

Der Oberkörper ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel in Verbindung mit der Neigung des Körpers zur Wellenwand hin leicht nach vorne gebeugt und so ergibt sich, dass der Körperschwerpunkt außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

5.1.2 Grundstellung backside

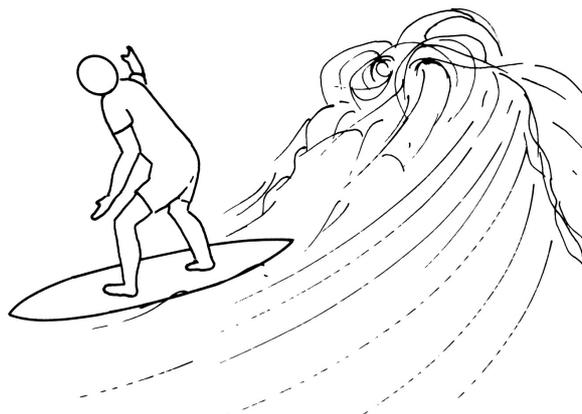


Abb. 78 Grundstellung backside

In der Beschreibung der Grundstellung backside werden die Position und Haltung des Surfers betrachtet und beschrieben, die er einnimmt, wenn sein Blick und seine Körperfront von der Welle weg gerichtet sind.

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Grundstellungen frontside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 2 zu finden.

Tab. 9 Grundstellung backside: Gesamt, Mittelwert aller Fahrten

Grundstellung backside	Gesamt	Mittelwert
<u>Knie-Hüftwinkel</u>		
Kniewinkel li X	3434,60	114,49
Kniewinkel re X	3645,81	121,53
Hüftwinkel li X	3067,89	102,26
Hüftwinkel re X	3660,86	122,03
<u>Schulter-Hüftachsen</u>		
Schulter_zu_YZ(in °)	719,34	23,98
Hüfte_zu_YZ(in °)	908,50	30,28
Differenz_S-H-Winkel(in °)	-189,15	-6,31
<u>Körperschwerpunkt</u>		
KSP(zu Z in cm)	21,09	0,70

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und Position auf dem Surfboard verdeutlichen.

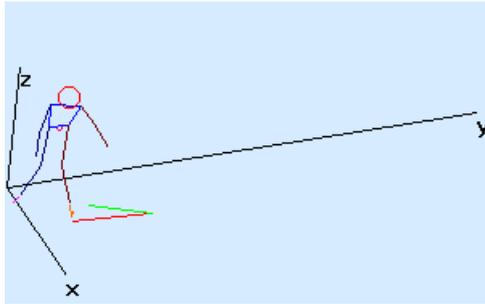


Abb. 79a) Grundstellung backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

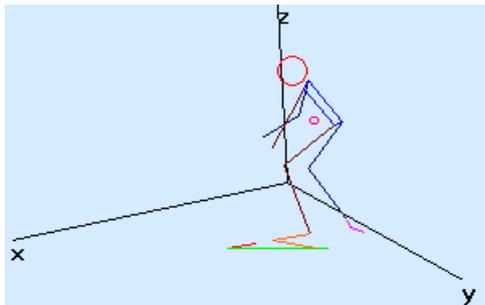


Abb. c) Grundstellung backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

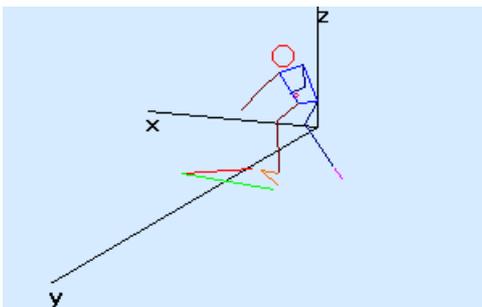


Abb. e) Grundstellung backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

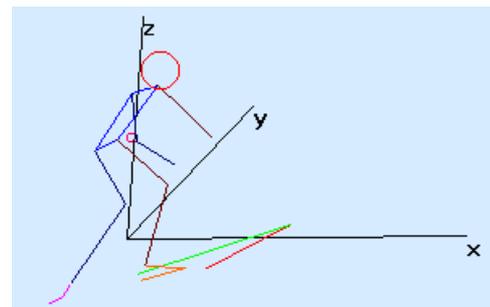


Abb. f) Grundstellung backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer hat die Welle in seinem Rücken. Die Schulter- und Hüftachse verlaufen daher nicht mehr ganz parallel wie zuvor bei der Grundstellung frontside. Sie weisen eine Differenz von 6° auf. Der Grund liegt darin, dass der Surfer, um die Welle beobachten zu können, den Kopf und auch die Schulterebene immer leicht in Richtung Welle drehen muss. Die Hüftachse kippt dadurch leicht, was daran zu erkennen ist, dass der linke Hüftwinkel kleiner ist als der rechte. So ergibt sich eine Verschiebung der beiden Achsen.

Beide Knie sind wieder leicht gebeugt, wobei die Kniewinkel rechts und links nun eine kleine Abweichung voneinander aufweisen. Dies hängt auch mit der tordierten Körperhaltung auf dem Brett zusammen, die der Surfer einnimmt, um die Welle während der Fahrt weiter über die rechte Schulter im Auge zu behalten.

Der Oberkörper ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel leicht nach vorne gebeugt. In Verbindung mit der Neigung des Körpers zur Wellenwand hin ergibt sich daher, dass der Körperschwerpunkt wieder außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe des Nabels und ist somit ein wenig höher als im Fall der Grundstellung frontside.

5.2 Bottom Turn

Bei dem Bottom Turn handelt es sich um das erste Manöver, das ein Surfer im Verlauf seiner Fahrt an der Welle entlang macht. Es ist der erste Turn, weil der Surfer sich nach dem Take off (der ersten Technik der Fahrt, siehe Punkt 5.5) oben auf der Welle befindet. Er kann also nur mit einer Fahrt ins Wellental beginnen, egal ob er dies frontside oder backside macht.

5.2.1 Bottom Turn frontside

In der folgenden Analyse werden die Position und die Haltung des Surfers während der Bewegung betrachtet und beschrieben, die er bei der Ausführung eines Bottom Turn frontside einnimmt, wobei der Blick und die Körperfront hier zur Welle hin ausgerichtet sind.

5.2.1.1 Verlaufsbeschreibung mit Körperschwerpunkt, Winkeln und Achsen

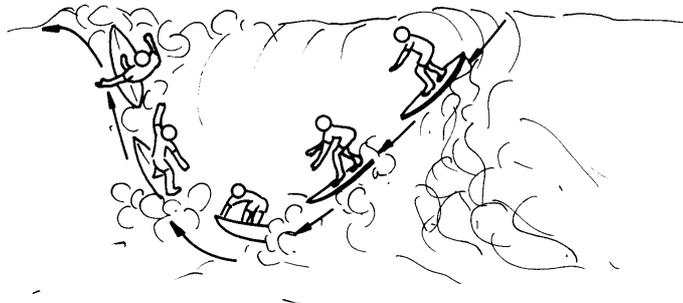


Abb. 80a) Bottom Turn frontside



Abb. 80b) Bottom Turn frontside (aus: Surfers Magazine; Volume 38, N° 2; 73)

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung über den zu betrachtenden Turn zu liefern, geben zunächst Abbildungen mit allen drei Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte des Turns.

Teilphasen I – III:

inklusive Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und links):

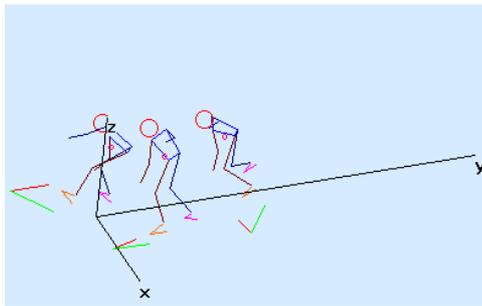


Abb. 81a) Bottom Turn frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

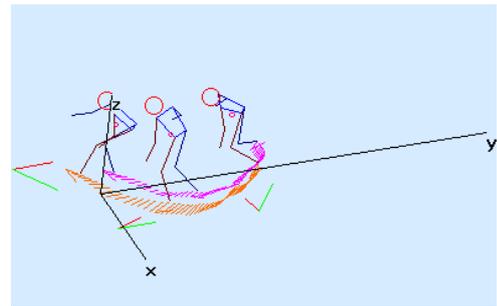


Abb. b) Bottom Turn frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

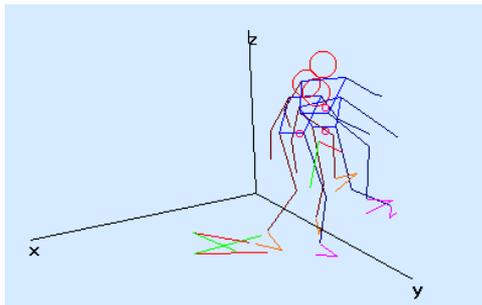


Abb. c) Bottom Turn frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) von der Seite - oben
(X= 5°; Y= 30°; Z= 305°)

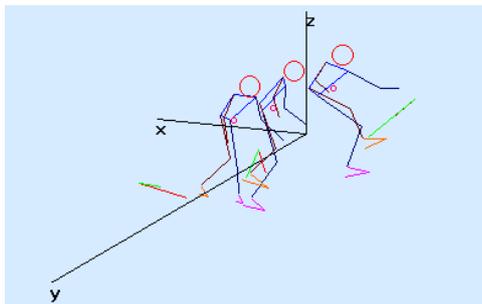


Abb. e) Bottom Turn frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

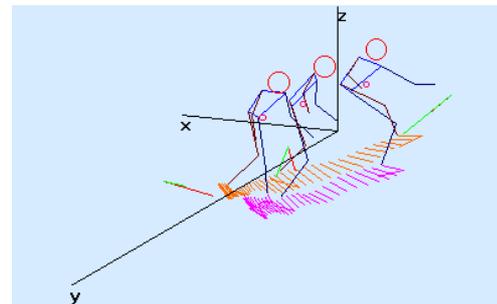


Abb. f) Bottom Turn frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

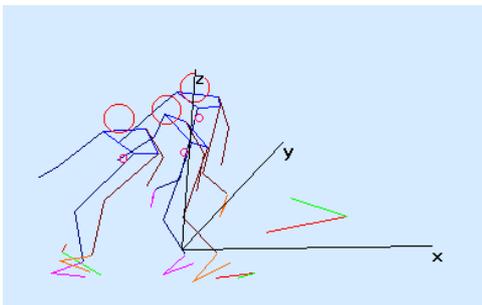


Abb. g) Bottom Turn frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

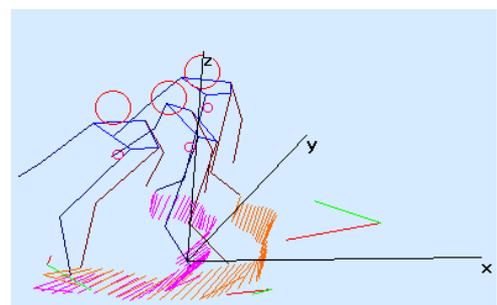


Abb. h) Bottom Turn frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

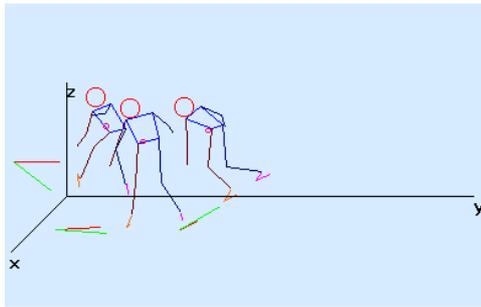


Abb. i) Bottom Turn frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

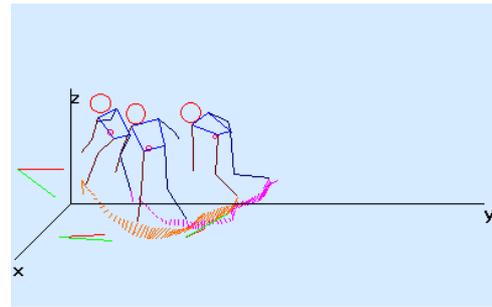


Abb. j) Bottom Turn frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Bottom Turns frontside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 3 zu finden.

Tab. 10 Bottom Turn frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten

Bottom Turn frontside	Gesamt			Mittelwert		
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh I	TPh II	TPh III
<u>Knie-Hüftwinkel</u>						
Kniewinkel li X	4220,48	4391,14	4883,96	124,13	129,15	143,65
Kniewinkel re X	4381,04	4337,73	3982,48	128,85	127,58	117,13
Hüftwinkel li X	3503,56	3408,95	2750,40	103,05	100,26	80,89
Hüftwinkel re X	3538,28	3672,46	2641,46	104,07	108,01	77,69
<u>Schulter-Hüftachsen</u>						
Schulter_zu_YZ(in °)	2331,32	1253,43	2087,85	68,57	36,87	61,41
Hüfte_zu_YZ(in °)	1868,53	1224,12	1523,71	54,96	36,00	44,82
Differenz_S-H-Winkel(in °)	462,78	29,34	564,12	13,61	0,86	16,59
<u>Körperschwerpunkt</u>						
KSP(zu Z in cm)	25,82	26,29	26,62	0,76	0,77	0,78

Im folgenden wird nun der BottomTurn frontside in seine drei Teilphasen unterteilt und somit genauer betrachtet.

Teilphase I:

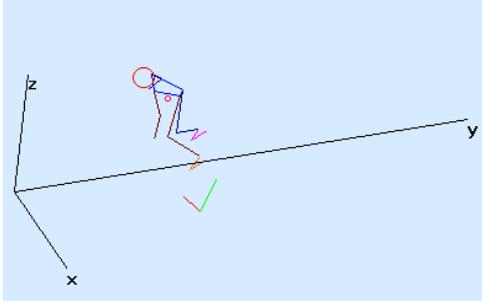


Abb. 82a) Bottom Turn frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

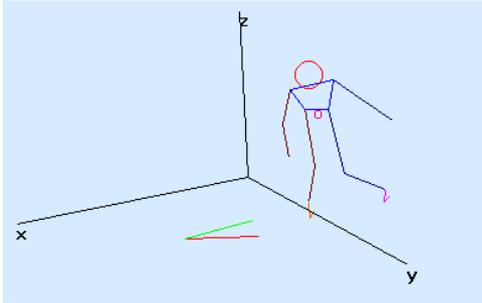


Abb. c) Bottom Turn frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

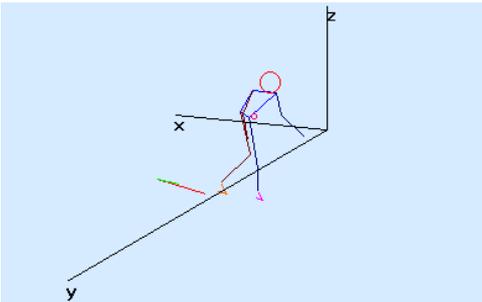


Abb. e) Bottom Turn frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

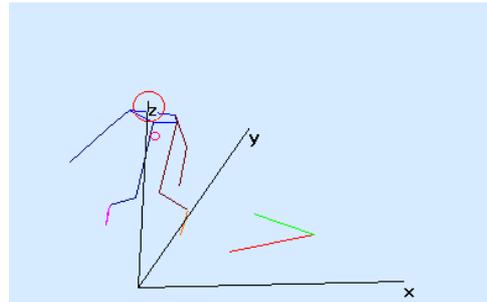


Abb. f) Bottom Turn frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm. Seine Körperfront ist zur Welle hin ausgerichtet, und das Surfboard befindet sich in diagonal-senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung ins Wellental. Die Belastung liegt mehr auf den Fußballen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage einnimmt.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 14° zueinander. Die Differenz kommt durch eine Verschiebung der beiden Achsen auf horizontaler Ebene zustande, da die Schulterachse bereits leicht vorrotiert ist, um die nachfolgende Drehung einzuleiten. Die Vorrotation der Schulter wird besonders deutlich, da die beiden Arme sich immer mit ihr bewegen. Die Arme unterstützen die Drehung der Schulterachse noch, indem sie als Schwungverstärker eingesetzt werden. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in der selben Größenordnung bewegen.

Beide Knie sind gebeugt, wobei die Kniewinkel rechts und links beinahe genau den gleichen Wert haben. Der Kniewinkel links ist ein wenig kleiner, was zum einen daran liegt, dass der Surfer sich gerade in der Abwärtsfahrt befindet und die Belastung somit stärker auf diesem Bein ist, und zum anderen daran, dass das hintere, also rechte Knie sich in Richtung des vorderen Knies bewegt, somit zwar eine insgesamt tiefere Position einnimmt, aber der Winkel dadurch gestreckt, also größer wird. Der Druck auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen, die sich unter dem hinteren Fuß befinden, wird bereits in dieser frühen Teilphase des Turns verstärkt, damit dann in der nächsten Phase die Drehung erfolgen kann.

Die Belastung liegt auf den Fußballen und überträgt sich somit auf die Frontsiderail, die vordere Kante des Surfboards, wodurch dieses leicht kippt, und die Kurveninnenlage erreicht wird. Der gesamte Körper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel in Verbindung mit der Neigung des Körpers zum Kurveninneren hin leicht nach vorne gebeugt. So ergibt sich, dass der Körperschwerpunkt außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

Teilphase II:

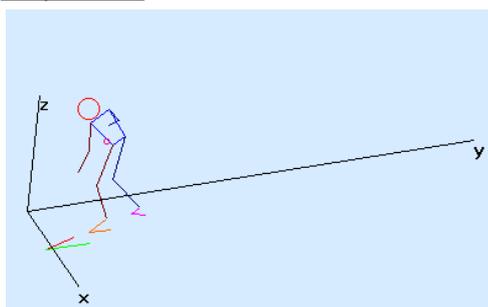


Abb. 83a) Bottom Turn frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

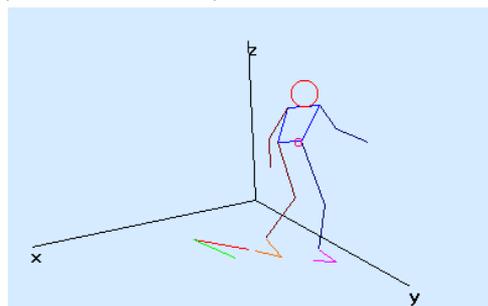


Abb. c) Bottom Turn frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

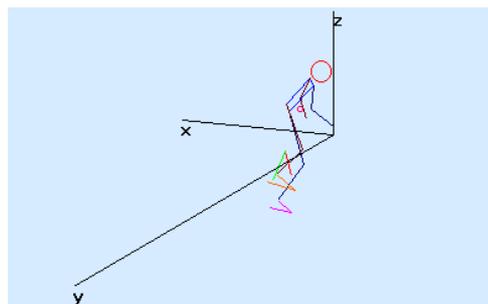


Abb. e) Bottom Turn frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

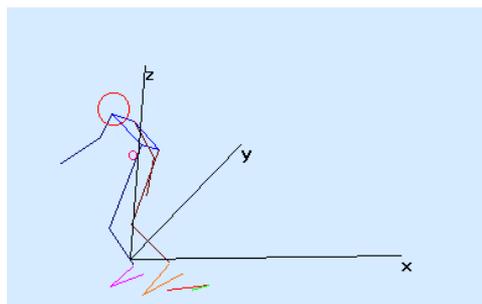


Abb. f) Bottom Turn frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt in Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt entlang an der Wellenwand. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und mitten in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel gleichen sich mehr an, da sich der Surfer nun nicht mehr in der senkrechten Abwärtsfahrt befindet, sondern parallel zur Wellenwand steht. Der linke Kniewinkel wird dabei größer, der rechte bleibt gleich. Da auch die Belastung nicht mehr auf dem vorderen Fuß liegen muss, kann die Drehung überhaupt erst erfolgen, denn beim Surfen ist es nur dann möglich, das Board zu drehen, wenn die Belastung, also der Druck, von dem hinteren Bein kommt. Die Finnen befinden sich genau unterhalb des hinteren Fußes, und dadurch kann eine Druckveränderung nur hier zu einer Drehung des Brettes führen. Der Druck auf das Tail, das hintere Drittel des Boardes, wird durch das hintere Bein verstärkt. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach hinten, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist nur unterstützend tätig. Es beginnt schon jetzt eine Verschiebung der Spitze des Boards nach vorne, welche durch den Druck auf das Tail bereits zu drehen beginnt.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die zum einen durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes, zum anderen durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fußballen erreicht wird. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb, vor dem Körper auf Höhe der Hüfte. Der tiefe KSP, der durch die Knie- und Hüftbeugung erreicht wird, sorgt für eine stabile Fahrt in dieser starken Kurveninnenlage. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Nach-innen-Fallen (ins Kurveninnere) des Surfers.

Die Hüftwinkel weisen eine leichte vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Der Grund ist der, dass der Surfer immer in die Richtung blickt, in die er surfen will. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Das bedeutet, dass die Hüftachse, die eine große Bedeutung bei der Drehung des Brettes einnimmt, die Vorrotation der Schulterachse aufgeholt hat, indem sie nachgedreht hat. Erst durch diese Rotation in der Hüftachse wird die Drehung des Surfers mit dem Surfboard zusammen komplett.

Teilphase III:

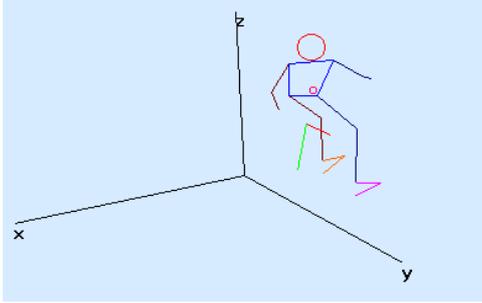


Abb. 84a) Bottom Turn frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

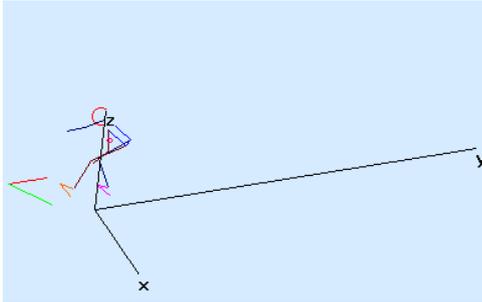


Abb. c) Bottom Turn frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

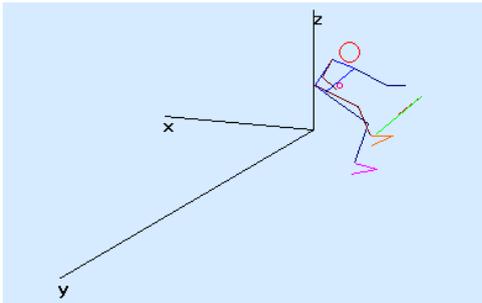


Abb. e) Bottom Turn frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

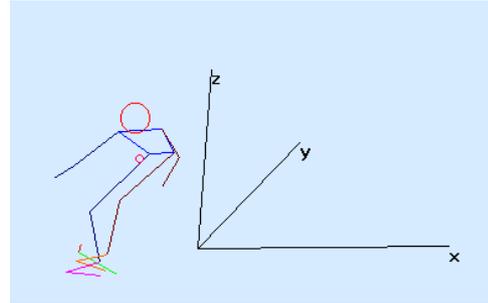


Abb. f) Bottom Turn frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Es geht in dieser Teilphase darum, das Board aus der parallelen Fahrt an der Wellenwand entlang wieder in eine diagonal-senkrechte Fahrt die Welle hoch zu drehen.

Die Belastung liegt noch immer mehr auf den Fußballen, geht aber im Vergleich zur letzten Teilphase zurück. Der Surfer muss seine Kurveninnenlage abschwächen, da er sonst weiter als gewollt drehen würde, bis hin zu einer 360° Drehung (siehe Punkt 5.6). Die Belastung wird also zurückgenommen, und so liegt nur noch eine leichte Kurveninnenlage vor. Das bedeutet für den Körperschwerpunkt, dass er nicht mehr ganz so weit vor dem Körper des Surfers liegt wie in der letzten Teilphase, jedoch immer noch außerhalb. Die Knie- und Hüftwinkel, sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers, sind dafür ebenso verantwortlich, wie die noch immer bestehende leichte Kurveninnenlage des Surfers. Der KSP befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt, sein Winkel müsste daher kleiner werden. Da aber die Belastung noch mehr auf das hintere, rechte Bein übergeht, ist nur dieser Winkel kleiner, der des linken Beines jedoch größer geworden. Diese Situation benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett zurück in die senkrechte Position zur Wellenwand drehen kann. Er muss sein Gewicht wieder verstärkt auf dem hinteren Bein haben, damit der Druck über diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern drückt es gleichzeitig mit dem Fuß nach hinten, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist hier wieder nur unterstützend tätig. Es schiebt das vordere Drittel des Boardes, das durch den Druck auf das Tail bereits zu drehen beginnt, nach vorne und unterstützt somit die Drehung in die Senkrechte.

Die Schulter und die Hüftachse haben in dieser Teilphase wieder einen wichtigen Anteil an der Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre Vorrotation die Drehbewegung erst ein, welche dann durch den Druck auf den Fuß weiter umgesetzt wird. Die beiden Achsen erreichen daher wieder eine Differenz von ca. 16° zueinander. Sie kommt dadurch zustande, dass die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen auf, dass es sich hier auch wieder nur um eine kleine vertikale Abweichung handelt, die durch die Vorrotation der Achsen und durch die Aufwärtsfahrt erklärt werden kann. Diese Vordrehung des Körpers in die Fahrtrichtung ermöglicht es dem Surfer, den Verlauf der Welle jederzeit im Blick zu haben. Fällt die Wellenwand in einem noch vor dem Surfer liegenden Bereich beispielsweise plötzlich ein, kann er ein Manöver um diesen Teil der Welle machen oder über ihn hinweg fahren. Daher ist die Drehung in die Fahrtrichtung von großer Bedeutung.

5.2.1.2 Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster (Fallstudien)

Zunächst soll kurz vor der eigentlichen Aufgliederung in die jeweiligen Turns angemerkt werden, dass eine gewisse Grundspannung ständig in der gesamten Muskulatur vorhanden ist, da es sich schließlich um eine Bewegung handelt, die im Stehen ausgeführt wird. Es gibt keine Phasen, in denen ein Muskel überhaupt nicht angespannt ist, wie das etwa beim M. gastrocnemius während des Vorschwingens des Spielbeines im Gehen der Fall ist. Hier ist eine andauernde Grundanspannung der Muskulatur vorhanden. Wenn also von „nicht aktiv“ gesprochen wird ist damit nicht gemeint, dass der Muskel völlig entspannt ist

Die einzelnen Diagramme zu den gemessenen EMGs der sieben Muskeln sind im Anhang 11 zu finden.

Teilphase I:

Rechtes Bein:

Zu Beginn des Bottom Turns frontside ist der M. rectus femoris isometrisch aktiv, da er sich an der Stabilisierung des Surfers in der leichten Kurveninnenlage nach vorne beteiligt. Der M. biceps femoris ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht aktiv. Der Grund dafür liegt darin, dass sich der Surfer auf seinem Brett in gerader Fahrt vom Wellenkamm in das Wellental begibt. Es gibt zu diesem Zeitpunkt keine Dreheinleitung durch die beiden Oberschenkelmuskeln, die über die Grundanspannung (siehe oben) hinausgeht.

Der M. gastrocnemius zeigt dagegen bereits zu Beginn Aktivität, ebenso wie der M. tibialis. Grund dafür ist zum einen, dass der Unterschenkel bereits mehr Gewicht tragen muss als zuvor, da sich der Surfer in eine Kurveninnenlage begibt, zum anderen beginnt der Unterschenkel bereits damit, das Surfbrett nach hinten/außen konzentrisch wegzudrücken und somit die Drehung vorzubereiten.

Der M. gastrocnemius kontrahiert hier konzentrisch, der M. tibialis wird dagegen gedehnt .

Linkes Bein:

Der M. rectus femoris wie auch sein Antagonist M. biceps femoris zeigen eine isometrische Aktivität zu Beginn der Fahrt. Grund dafür ist die stärkere Belastung dieses Beines aufgrund der physikalischen Gegebenheiten der Abwärtsfahrt hinunter ins Wellental.

Der M. gastrocnemius links zeigt aus dem selben Grund bereits hier eine isometrische Aktivität.

Teilphase II:

Rechtes Bein:

M. rectus femoris sowie M. biceps femoris zeigen eine konzentrische Aktivität, die daher kommt, dass die Drehung des Surfbrettes durch das hintere Bein erfolgt. Der M. biceps femoris verkürzt sich dabei aktiv, der M. rectus femoris dehnt sich. Dadurch wird das Tail des Boardes unter den KSP gezogen und schließlich weiter nach hinten gedrückt. Der M. rectus femoris arbeitet zusätzlich noch isometrisch, da er weiter noch an der Stabilisierung des Surfers zum Ausgleich der Kurveninnenlage beteiligt ist, die in dieser Teilphase sehr stark ist.

Der M. gastrocnemius kontrahiert konzentrisch, der M. tibialis wird gedehnt. So erreicht man, dass das Surfboard auch von der Unterschenkelmuskulatur aktiv unter und hinter den KSP gezogen wird. Die Stabilisierung, isometrische Kontraktion aufgrund der Kurveninnenlage, findet hier im M. tibialis statt, da sich die Hauptbelastung auf den Fußballen befindet.

Linkes Bein:

Der M. rectus femoris und auch der M. biceps femoris zeigen eine Aktivität, zum einen aufgrund der isometrischen Haltearbeit wegen der Kurveninnenlage, zum anderen weil das vordere, linke Bein das Surfboard nach vorne (in Richtung zum Wellenkamm hin) drückt. Dazu wird der M. rectus femoris aktiv konzentrisch kontrahiert, der M. biceps femoris wird gedehnt. Der Unterschenkel wird dadurch nach vorne gebracht.

Der M. gastrocnemius wird desweiteren konzentrisch gestreckt, der M. tibialis verkürzt sich aktiv (konzentrisch). Dadurch wird die Zugbewegung nach vorne, welche das vordere Drittel des Boardes in die Senkrechte bringen soll, noch unterstützt. Da die Belastung auf den Fußballen liegt, wäre beim M. tibialis auch noch isometrische Stabilisierungsarbeit wegen der Kurveninnenlage festzustellen. Da aber keine Elektrode dort angebracht war, gibt es dazu keine Messungen.

Teilphase III:

Rechtes Bein:

Der M. rectus femoris ist auch in der letzten Phase des Bottom Turns aktiv, ebenso wie der M. biceps femoris. Sie beide sind hauptsächlich dafür verantwortlich, dass sich das Surfbrett zum Wellenkamm hin ausrichtet und der Surfer somit die Wellenwand diagonal-senkrecht hinauffahren kann, wobei das Brett wieder gerader an die Welle gestellt wird. Der M. rectus femoris wird konzentrisch kontrahiert, der M. biceps femoris wird gedehnt. Dadurch wird das Surfboard nun wieder unter den KSP des Surfers gebracht. Der M. rectus femoris ist des Weiteren noch an der Stabilisierung der Kurveninnenlage mit isometrischer Haltearbeit beteiligt.

Der M. gastrocnemius wird gedehnt, der M. tibialis verkürzt sich konzentrisch. Dadurch sind diese beiden Muskeln auch aktiv an der Bewegung beteiligt und sorgen ebenfalls dafür, dass das Surfboard wieder unter den KSP gebracht wird. Durch die leichte Kurveninnenlage liegt die Belastung auf den Fußballen und somit ist der M. tibialis auch noch an der isometrischen Stabilisierung des Surfers beteiligt.

Linkes Bein:

Die in Teilphase II begonnene Drehung aus der Parallelfahrt hin zur diagonal-senkrechten Fahrt zum Wellenkamm wird in dieser Phase beendet. Der M. rectus femoris zeigt eine Aktivität in diesem Teil des Bottom Turns. Da sich der Surfer nun in der Aufwärtsfahrt vom

Wellental hin zum Wellenkamm befindet, erfährt er eine stärkere Kniebeugung. Durch diese tiefere Position wird der vordere Oberschenkelmuskel exzentrisch gedehnt, der hintere exzentrisch verkürzt. Der M. rectus femoris ist auch noch aktiv an der isometrischen Stabilisierung der Kurveninnenlage beteiligt.

Der M. tibialis ist, was aber nicht gemessen wird, wieder an der isometrischen Stabilisierung des Surfers beteiligt, da sich der Surfer noch immer in Kurveninnenlage befindet, und somit die Hauptbelastung auf dem Fußballen und somit auf dem M. tibialis liegt.

Tab. 11 Zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Bottom Turn frontside

Muskeln		Bottom Turn frontside		
		TPh I	TPh II	TPh III
M. rectus femoris	rechts	isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit
M. biceps femoris	rechts	nicht aktiv	konzentrische Kontraktion	Dehnung
M. gastrocnemius	rechts	konzentrische Kontraktion	konzentrische Kontraktion	Dehnung
M. tibialis anterior	rechts	Dehnung	Dehnung isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit
M. rectus femoris	links	isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit
M. biceps femoris	links	isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit	exzentrische Kontraktion
M. gastrocnemius	links	isometrische Haltearbeit	Dehnung	nicht aktiv

5.2.2 Bottom Turn backside

Der Bewegungsverlauf ist hier äquivalent zum Bottom Turn frontside, nur dass der Surfer die Welle in seinem Rücken hat und daher, wie schon bei der Grundstellung backside beschrieben, ständig über die linke Schulter auf die Welle blicken muss. Dabei erfährt der gesamte Körper eine gewisse Tordierung.

5.2.2.1 Verlaufsbeschreibung mit Körperschwerpunkt, Winkel und Achsen

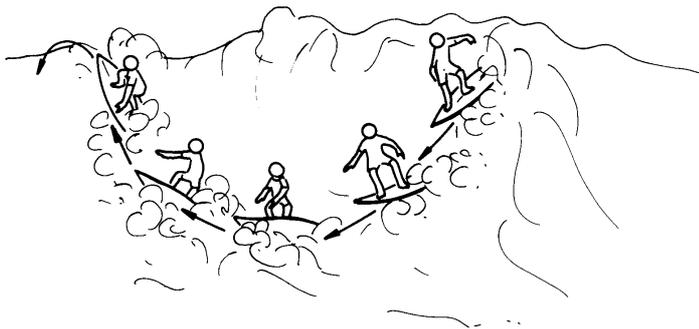


Abb. 85 Bottom Turn backside

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung über den zu betrachtenden Turn zu liefern, geben zunächst Abbildungen mit allen drei Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte des Turns.

Teilphasen I – III:



Abb. 86a) Bottom Turn backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

inklusive Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und links):



Abb. b) Bottom Turn backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

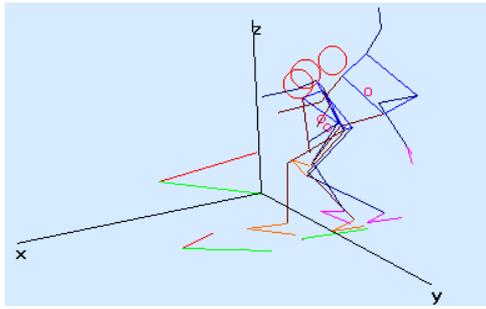


Abb. c) Bottom Turn backside von der Seite
($X= 5^\circ$; $Y= 354^\circ$; $Z= 305^\circ$)

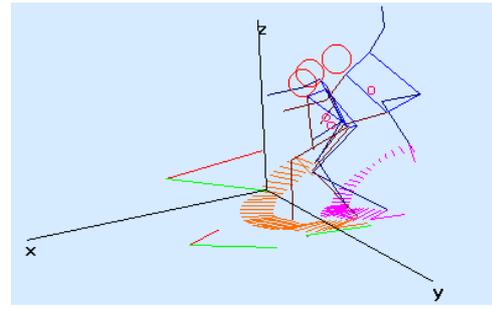


Abb. d) Bottom Turn backside von der Seite
($X= 5^\circ$; $Y= 354^\circ$; $Z= 305^\circ$)

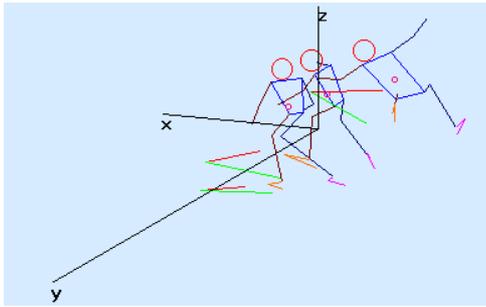


Abb. e) Bottom Turn backside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

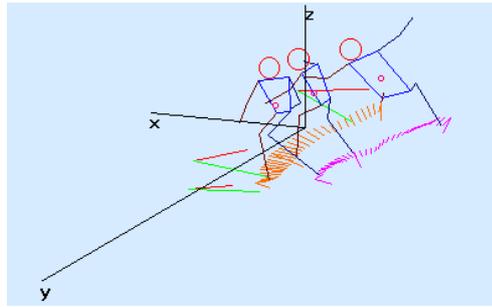


Abb. f) Bottom Turn backside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

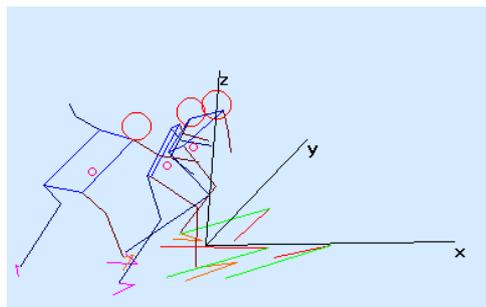


Abb. g) Bottom Turn backside von vorne
($X= 359^\circ$; $Y= 350^\circ$; $Z= 100^\circ$)

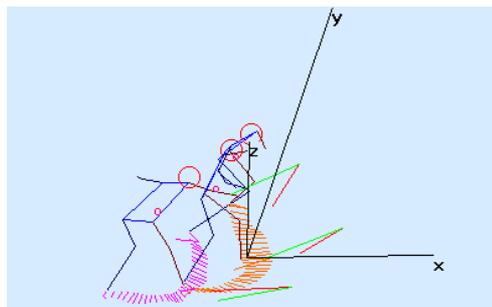


Abb. h) von vorne - oben
($X= 355^\circ$; $Y= 11^\circ$; $Z= 100^\circ$)



Abb. i) Bottom Turn frontside von oben
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 0^\circ$)

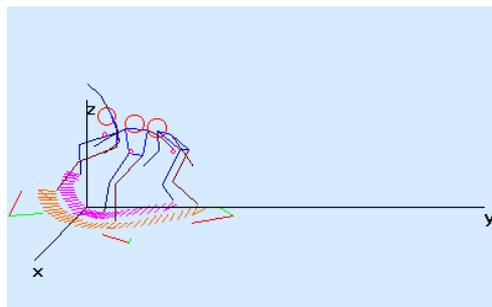


Abb. j) Bottom Turn frontside von oben
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 0^\circ$)

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Bottom Turns backside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 4 zu finden.

Tab. 12 Bottom Turn backside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten

Bottom Turn backside	Gesamt			Mittelwert		
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh I	TPh II	TPh III
<u>Knie-Hüftwinkel</u>						
Kniewinkel li X	3737,41	3498,28	2801,57	128,88	120,63	96,61
Kniewinkel re X	3265,98	3698,66	3035,22	112,62	127,54	104,66
Hüftwinkel li X	2891,17	2977,67	2507,62	99,70	102,68	86,47
Hüftwinkel re X	3057,28	3587,84	3068,16	105,42	123,72	105,80
<u>Schulter-Hüftachsen</u>						
Schulter_zu_YZ (in °)	1430,06	521,93	777,30	49,31	18,00	26,80
Hüfte_zu_YZ (in °)	1889,64	684,02	1003,85	65,16	23,59	34,62
Differenz_S-H-Winkel (in °)	-459,63	-162,08	-226,51	-15,85	-5,59	-7,81
<u>Körperschwerpunkt</u>						
KSP (zu Z in cm)	22,20	20,55	21,10	0,77	0,71	0,73

Teilphase I:

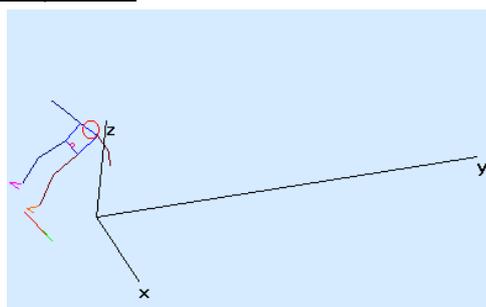


Abb. 87a) Bottom Turn backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

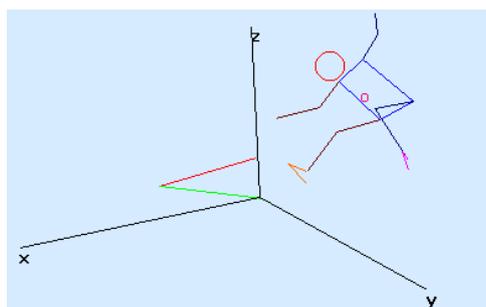


Abb. c) Bottom Turn backside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

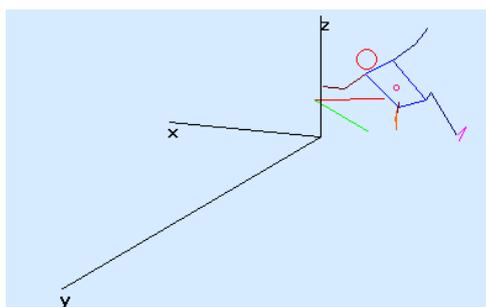


Abb. e) Bottom Turn backside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

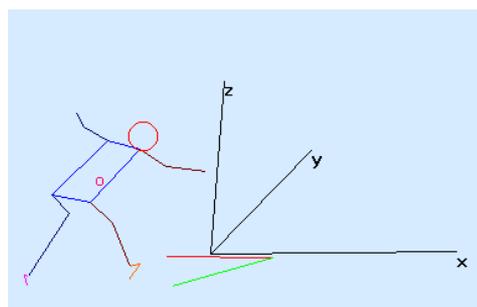


Abb. f) Bottom Turn backside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm. Er hat die Welle in seinem Rücken und das Surfboard befindet sich in diagonal-senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung ins Wellental. Die Belastung liegt mehr auf den Fersen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage einnimmt.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 16° zueinander. Die Differenz kommt durch eine Verschiebung der beiden Achsen auf horizontaler Ebene zustande, da die Schulterachse bereits leicht vorrotiert hat, um die nachfolgende Drehung einzuleiten. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in der selben Größenordnung bewegen. Die kleine vertikale Differenz lässt sich dadurch erklären, dass der Oberkörper des Surfers immer leicht in Fahrtrichtung vorgedreht sein muss, damit er die Welle während der gesamten Fahrt immer im Auge hat. Gerade bei der Backsidefahrt bedeutet das, dass der Surfer noch etwas weiter vordrehen muss als in der Frontsidefahrt, da er sich mit dem Rücken zur Welle befindet.

Beide Knie sind gebeugt, wobei der Kniewinkel links größer ist als der rechte. Der Surfer befindet sich in einer Abwärtsfahrt, und zugleich wird schon hier der Druck auf das hintere Bein verstärkt, um die Drehung in der nächsten Phase vorzubereiten. Da der Surfer dafür mehr Gewicht auf das hintere Bein nimmt, verkleinert sich auch automatisch der Kniewinkel. Nur durch die Verstärkung des Drucks auf den hinteren Fuß kann dieser an die unter ihm befindlichen Finnen weitergegeben werden, welche für die Drehung des Brettes verantwortlich sind.

Die Belastung liegt auf den Fersen und überträgt sich somit auf die hintere Kante des Surfboards, wodurch dieses leicht kippt und somit die Kurveninnenlage (rückwärtig) erreicht wird. Eigentlich würde der Surfer nach hinten umkippen. Dies wird jedoch durch die Beugung in den Knie- und Hüftgelenken verhindert. Dadurch erreicht der Surfer zum einen eine tiefe Körperhaltung und senkt somit seinen KSP. Zum anderen bringt er durch das Nach-vorne-Neigen des Oberkörpers den Schwerpunkt wieder vor den Körper. Er befindet sich auf Höhe des Nabels.

Teilphase II:

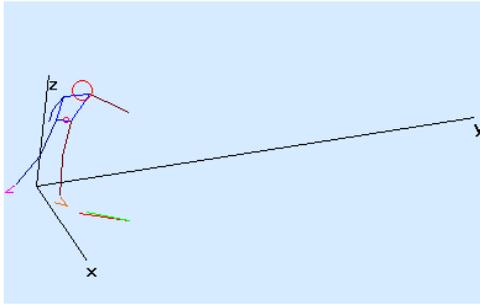


Abb. 88a) Bottom Turn backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

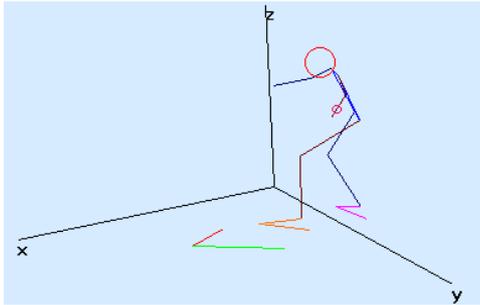


Abb. c) Bottom Turn backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

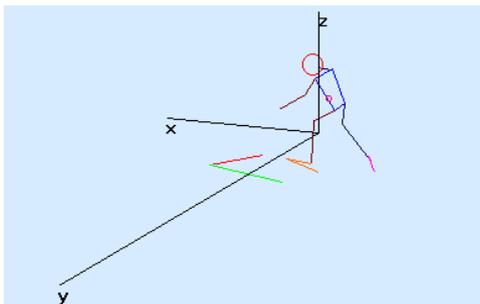


Abb. e) Bottom Turn backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

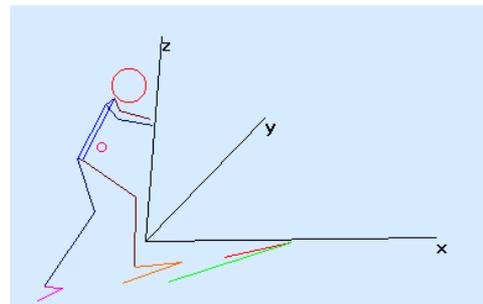


Abb. f) Bottom Turn backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt entlang der Wellenwand. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fersen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und mitten in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel gleichen sich mehr an und werden beide größer, da sich der Surfer nun nicht mehr in der diagonal-senkrechten Abwärtsfahrt befindet, sondern parallel an die Wellenwand dreht. Die Belastung liegt weiter verstärkt auf dem hinteren Fuß. Der Druck auf das Tail des Boards wird durch das hintere Bein kontinuierlich verstärkt. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach vorne weg, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist nur unterstützend tätig. Es beginnt schon hier die Nase des Brettes, die durch den Druck auf das Tail bereits zu drehen beginnt, nach hinten zu ziehen.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die gleichzeitige Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fersen erreicht wird. Die verstärkte Kurveninnenlage wird kompensiert durch den niedrigeren KSP und die verstärkte Vorlage des Oberkörpers. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Nach-innen-Fallen des Surfers ins Kurveninnere. Der KSP liegt weiter außerhalb vor dem Körper als in der vorherigen Phase auf Höhe des Nabels.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Grund für diese Vordrehung ist, dass der Surfer immer in die Fahrtrichtung blickt, in die er surfen will. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen mit nur einer geringen Differenz von ca. 5° beinahe parallel. Das bedeutet, dass die Hüftachse die Vorrotation der Schulterachse aufgeholt hat, indem sie nachgedreht hat. Erst durch diese Rotation in der Hüftachse wird die Drehung des Surfers mit dem Surfboard zusammen komplett. Die geringe Differenz von 5° kommt, wie schon bei der vertikalen Abweichung des Hüftwinkels, daher, dass der Surfer sich in die Fahrtrichtung leicht vordreht und über seine linke Schulter blickt, damit er die Welle stets im Auge behält.

Teilphase III:

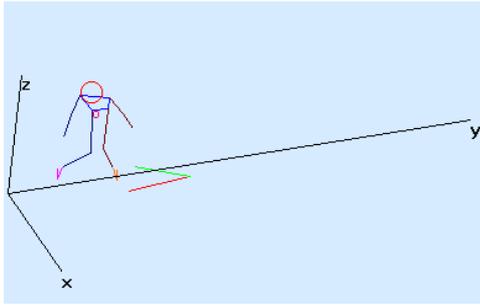


Abb. 89a) Bottom Turn backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

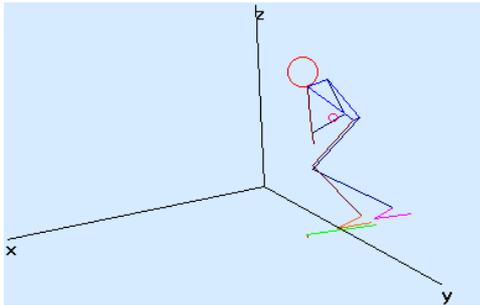


Abb. c) Bottom Turn backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

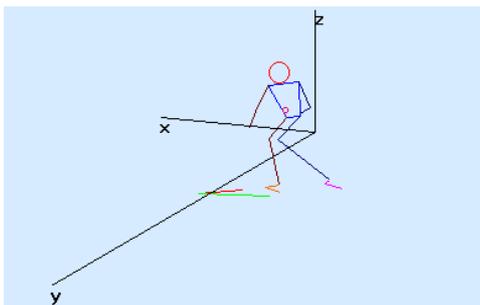


Abb. e) Bottom Turn backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

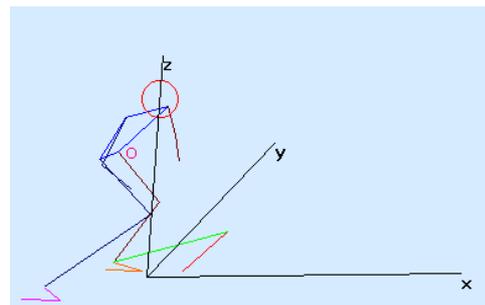


Abb. f) Bottom Turn backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Es geht in dieser Teilphase darum, das Board aus der parallelen Fahrt an der Wellenwand entlang wieder in eine diagonal-senkrechte Fahrt die Welle hoch zu drehen.

Die Belastung liegt noch immer verstärkt auf den Fersen, geht aber im Vergleich zur letzten Teilphase etwas zurück. Der Surfer muss seine Kurveninnenlage abschwächen, da er sonst weiter als gewollt drehen würde, bis hin zu einer 360° Drehung. Die Belastung wird zurückgenommen, und so liegt nur noch eine kleine Kurveninnenlage vor. Das bedeutet für den Körperschwerpunkt, dass er nicht mehr ganz so weit vor dem Körper des Surfers liegt wie in der letzten Teilphase, jedoch immer noch außerhalb und vor dem Körper auf Höhe des Nabels. Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers sind dafür ebenso verantwortlich wie die noch immer bestehende leichte Kurveninnenlage des Surfers.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt, und somit wird der Wert des Kniewinkels kleiner. Da die Belastung noch mehr auf dem hinteren rechten Bein liegt, ist auch dieser Winkel kleiner geworden. Diese Voraussetzungen benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett zurück in die senkrechte Position zur Wellenwand drehen kann. Er muss sein Gewicht wieder verstärkt auf das hintere Bein bringen, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann. Der Surfer drückt dabei nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach vorne weg, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist hier wieder nur unterstützend tätig. Es zieht den vorderen Teil des Boards nach hinten.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase wieder einen wichtigen Anteil an der Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre Vorrotation die Drehbewegung erst ein, welche dann durch den Druck auf den hinteren Fuß weiter umgesetzt wird. Die beiden Achsen erreichen daher wieder eine Differenz von ca. 10° zueinander. Sie kommt dadurch zustande, dass die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen auf, dass es sich hier wieder nur um eine kleinere vertikale Abweichung handelt, die durch die Vorrotation der Achsen und durch die Aufwärtsfahrt erklärt werden kann. Diese Vordrehung des Körpers in die Fahrtrichtung ermöglicht es dem Surfer, den Verlauf der Welle am Ende dieses Turns im Blick zu haben und so seinen folgenden Turn darauf abzustimmen.

5.2.2.2 Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster (Fallstudie)

Die einzelnen Diagramme zu den gemessenen EMGs der sieben Muskeln sind im Anhang 11 zu finden.

Teilphase I:

Rechte Seite:

Der Surfer befindet sich in einer Fahrt vom Wellenkamm ins Wellental, wobei er schon hier eine leichte Kurveninnenlage nach hinten (Rücken zum Kurveninneren gerichtet) hat. Daher sind der M. rectus femoris und M. biceps femoris auch schon aktiv, um verstärkt isometrische Haltearbeit zu leisten.

M. gastrocnemius und M. tibialis sind in diesem Teil des Bottom Turn backside noch nicht aktiv. Es wird keine Drehung eingeleitet und eine erhöhte Belastung durch Druckverlagerung ist auch nicht vorhanden oder wird, wie oben beschrieben, von der Oberschenkelmuskulatur kompensiert.

Linke Seite:

M. rectus femoris und M. biceps femoris sind zu Beginn dieses Turns nicht aktiv, da sich der Surfer lediglich in der Abwärtsfahrt befindet, und keine erhöhten Belastungen am vorderen linken Bein angreifen.

Der Unterschenkel, vertreten durch den M. gastrocnemius, zeigt aus den selben Gründen wie die Oberschenkelmuskulatur ebenfalls keine Aktivität.

Teilphase II:

Rechte Seite:

M. rectus femoris und M. biceps femoris sind in dieser Teilphase beide aktiv. Sie sind zum einen an der Einleitung der Drehung des Surfboardes, durch Ausübung von Druck auf das Surfboard nach vorne/unten beteiligt (konzentrische Arbeitsweise), zum anderen halten sie den Surfer immer noch stabil auf dem Brett, trotz stärker gewordener Kurveninnenlage (isometrische Arbeitsweise). Die Einleitung der Drehung erfolgt durch eine Kontraktion des M. rectus femoris und eine gleichzeitige Dehnung des M. biceps femoris. Dadurch wird der Unterschenkel nach vorne gebracht und mit dessen Hilfe kann das Surfboard gedreht werden.

M. gastrocnemius sowie M. tibialis haben beide ihre Tätigkeit aufgenommen und beteiligen sich an der Drehung des Surfboardes, indem sie das Brett nach vorne/unten ins Wellental hinein drücken. Dies geschieht durch die konzentrische Kontraktion des M. tibialis und die gleichzeitige Dehnung des M. gastrocnemius.

Linke Seite:

Auch die Oberschenkelmuskulatur der linken Seite ist aktiv. Sie ist an der Drehung unterstützend beteiligt, indem sie durch Heranziehen des Brettes die Abwärtsfahrt beendet und den Surfer in eine Parallelfahrt zur Wellenwand bringt. Dies geschieht durch die konzentrische Kontraktion des M. biceps femoris und die gleichzeitige Dehnung des M. rectus femoris. Sie unterstützen zusätzlich noch die Stabilisierung des Surfers in der Kurveninnenlage (isometrische Arbeitsweise).

Durch die Kontraktion des M. biceps femoris und die Dehnung des M. rectus femoris wird der Unterschenkel unter den Körper gezogen. Dies und die zusätzliche konzentrische Verkürzung des M. gastrocnemius mit der nicht gemessenen, aber wahrscheinlichen Dehnung des M. tibialis haben zur Folge, dass das Surfboard in die parallele Fahrt zur Wellenwand gebracht wird.

Teilphase III:

Rechte Seite:

Da sich der Surfer von der Parallelfahrt zur diagonal-senkrechten Fahrt die Welle hinauf befindet und somit sein Gewicht verstärkt auf dem rechten Bein liegt, ist sein rechtes Knie in dieser Phase stärker gebeugt als zuvor. Der M. rectus femoris wird gedehnt. Zusätzlich wird der M. biceps femoris durch die Verkleinerung des Kniewinkels konzentrisch kontrahiert und bringt somit den Unterschenkel wieder unter den KSP zurück. So wird das Surfboard wieder aus der extremen Kuveninnenlage in eine gerade Fahrt zum Wellenkamm hin gebracht. Die leichte Kurveninnenlage wird durch isometrische Haltearbeit des M. rectus femoris ausgeglichen.

Der M. gastrocnemius ist weiterhin aktiv, da er sowohl durch seine konzentrische Verkürzung an der Geradstellung des Surfboards als auch durch die isometrische Haltearbeit an der Stabilisierung des sich in leichter Kurveninnenlage befindlichen Surfers beteiligt ist. Der M. tibialis wird bei der Geradstellung des Surfboards gedehnt.

Linke Seite:

M. rectus femoris erfährt eine starke passive (exzentrische) Dehnung durch das Hinauffahren zum Wellenkamm. Wie auch der M. rectus femoris des rechten Beines ist er noch für die isometrische Stabilisierung der leichten Kurveninnenlage zuständig. Der biceps femoris wird wie sein „Kollege“ vom rechten Bein verkürzt, hier aber exzentrisch durch die starke exzentrische Dehnung im M. rectus femoris, und ist daher an der Bewegung im aktiven Sinne nicht mehr beteiligt.

Der M. gastrocnemius hält den Surfer stabil in der Kurveninnenlage. Er arbeitet dabei isometrisch.

Tab. 13 zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Bottom Turn backside

Muskeln		Bottom Turn backside		
		TPh I	TPh II	TPh III
M. rectus femoris	rechts	isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion	Dehnung
M. biceps femoris	rechts	isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion
M. gastrocnemius	rechts	nicht aktiv	Dehnung	Dehnung isometrische Haltearbeit
M. tibialis anterior	rechts	nicht aktiv	konzentrische Kontraktion	Dehnung
M. rectus femoris	links	nicht aktiv	Dehnung	Dehnung isometrische Haltearbeit
M. biceps femoris	links	nicht aktiv	konzentrische Kontraktion	exzentrische Kontraktion (nicht aktiv)
M. gastrocnemius	links	nicht aktiv	konzentrische Kontraktion	isometrische Haltearbeit

5.3 Top Turn

Ist ein Bottom Turn beendet, muss der Surfer sofort den Wellenkamm anvisieren, um den folgenden Turn, den Top Turn, einzuleiten. Dieser Turn setzt somit nahtlos an den Bottom Turn an. Handelt es sich um einen Bottom Turn frontside, folgt ein Top Turn frontside, war es ein Bottom Turn backside, ist auch der folgende Top Turn backside. Dies liegt an der Brechungsrichtung der Welle, welche unaufhaltsam in eine Richtung läuft.

5.3.1 Top Turn frontside

In der folgenden Analyse werden die Position und die Haltung des Surfers während der Bewegung betrachtet und beschrieben, die er bei der Ausführung eines Top Turn frontside einnimmt, wobei der Blick und die Körperfront hier zur Welle hin ausgerichtet sind.

5.3.1.1 Verlaufsbeschreibung mit Körperschwerpunkt, Winkeln und Achsen

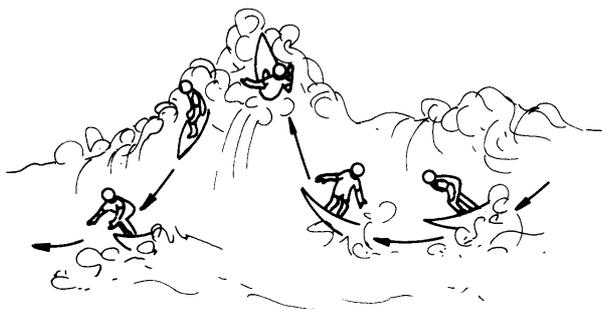


Abb. 90 a) Top Turn frontside



b) Photo Top Turn frontside (aus: Trip Surf; Volume 8/97, N° 22; 88)

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung über den zu betrachtenden Turn zu liefern, geben zunächst Abbildungen mit allen drei Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte des Turns.

Teilphasen I – III:

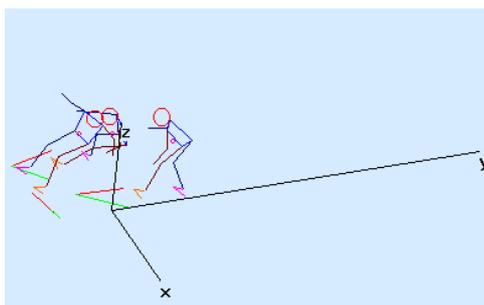


Abb. 91a) Top Turn frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

inklusive Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und links):

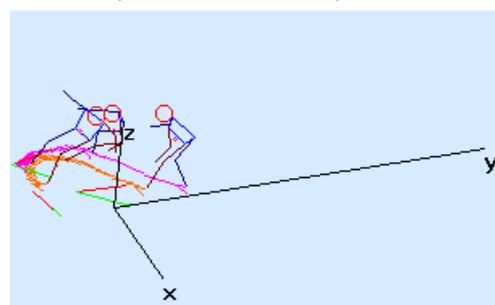


Abb. b) Top Turn frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

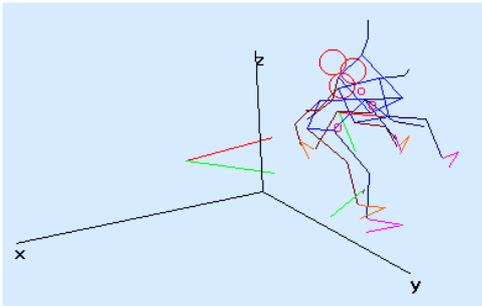


Abb. c) Top Turn frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)

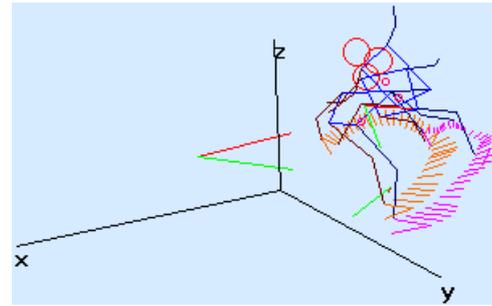


Abb. d) Top Turn frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)

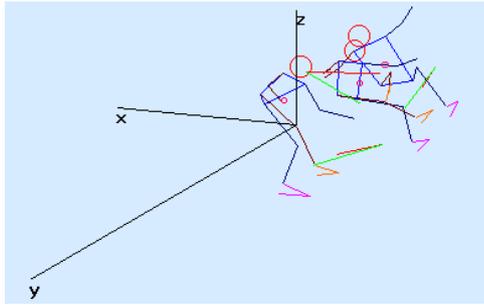


Abb. e) Top Turn frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

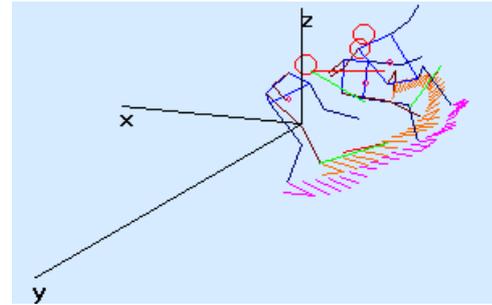


Abb. f) Top Turn frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)



Abb. g) Top Turn frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

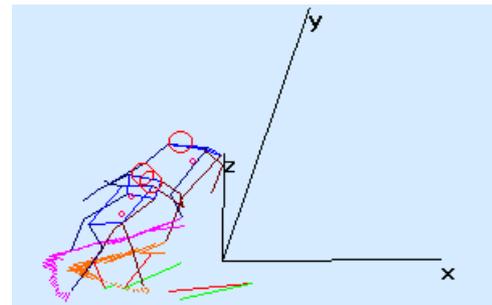


Abb. h) von vorne - oben
(X= 355°; Y=11°; Z= 100°)



Abb. i) Top Turn frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)



Abb. j) Top Turn frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Top Turns frontside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 5 zu finden.

Tab. 14 Top Turn frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten

Top Turn frontside	Gesamt			Mittelwert		
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh I	TPh II	TPh III
Knie-Hüftwinkel						
Kniewinkel li X	4883,65	5118,32	4408,57	143,64	150,54	129,66
Kniewinkel re X	3991,49	4117,24	3908,54	117,40	121,10	114,96
Hüftwinkel li X	2756,35	3288,71	3443,16	81,07	96,73	101,27
Hüftwinkel re X	2662,73	3400,78	3677,01	78,32	100,02	108,15
Schulter-Hüftachsen						
Schulter_zu_YZ (in °)	2058,44	2705,17	1771,47	60,54	79,56	52,10
Hüfte_zu_YZ (in °)	1513,29	2722,54	2298,44	44,51	80,07	67,60
Differenz_S-H-Winkel (in °)	545,14	-17,37	-527,01	16,03	-0,51	-15,50
Körperschwerpunkt						
KSP (zu Z in cm)	26,61	27,24	26,45	0,78	0,80	0,78

Teilphase I:

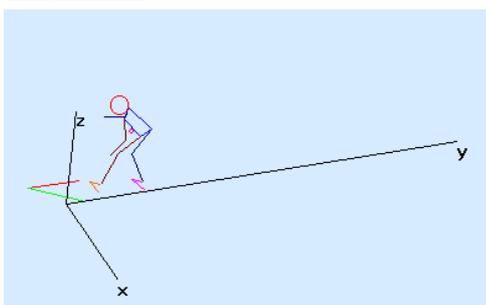


Abb. 92a) Top Turn frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

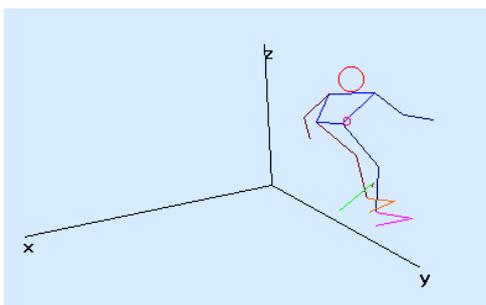


Abb. c) Top Turn frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

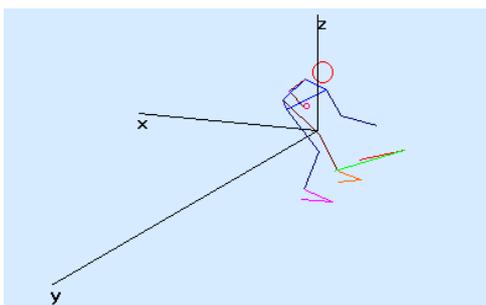


Abb. e) Top Turn frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

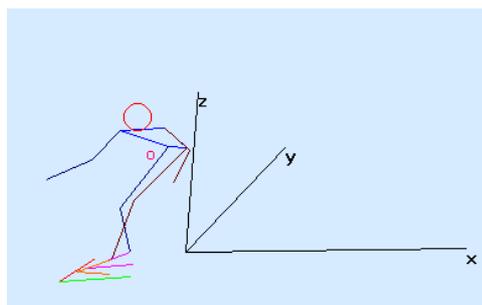


Abb. f) Top Turn frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Das Surfboard befindet sich in diagonal-senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung Wellenkamm. Die Belastung liegt mehr auf den Fersen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage (rückwärtig) einnimmt.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt, sein Winkel müsste daher kleiner sein. Da aber die Belastung sehr stark auf das hintere, rechte Bein übergeht, ist nur dieser Winkel sehr klein geworden. Diese Voraussetzung benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett in der nächsten Teilphase aus der Senkrechten in die Waagerechte, also parallel zum Wellenkamm drehen kann. Das Gewicht muss dazu verstärkt auf dem hinteren Bein liegen, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann, die sich genau unter ihm befinden. Bereits in dieser Teilphase wird der Druck verstärkt und somit die Drehung für die nächste Phase vorbereitet.

Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers sind ebenso wie auch die leichte Kurveninnenlage des Surfers dafür verantwortlich, dass der KSP außerhalb des Surfers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase wichtige vorbereitende Funktion für die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre Vorrotation die Drehbewegung ein. Die beiden Achsen erreichen daher wieder eine Differenz von ca. 16° zueinander. Sie kommt dadurch zustande, dass die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert. Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es sich nur um eine horizontale Verschiebung der Achsen zueinander handelt, da im Vergleich der vertikalen Winkel keine Differenz auffällt.

Teilphase II:

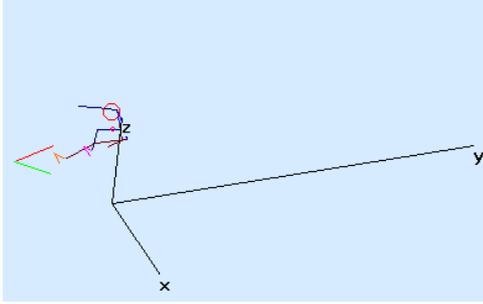


Abb. 93a) Top Turn frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

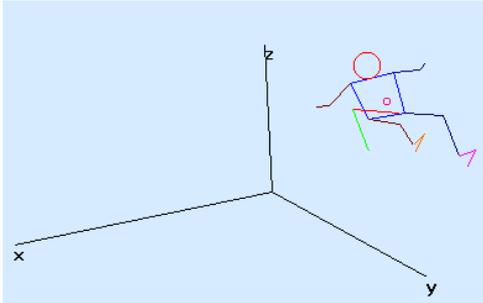


Abb. c) Top Turn frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

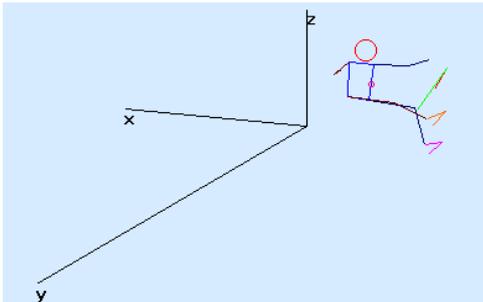


Abb. e) Top Turn frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

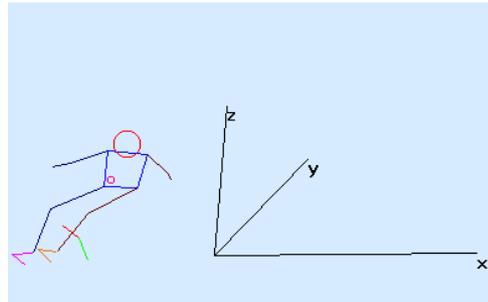


Abb. f) Top Turn frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt entlang an der Wellenwand. Die Belastung liegt noch mehr auf den Fersen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und mitten in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel bleiben in ihrem Verhältnis gesehen relativ gleich, wobei beide im gleichen Maße etwas größer werden. Dies liegt daran, dass der Surfer in dieser Phase schon den Wellenkamm erreicht und sich daher aus seiner extrem tiefen Haltung etwas strecken kann. Das hintere Kniegelenk bleibt aber weiterhin wesentlich gebeugter als das vordere, da immer noch eine Mehrbelastung auf diesem Bein ruht. Durch diesen verstärkten Druck auf das Tail kann die Drehung erst erfolgen. Der Surfer verstärkt jedoch nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach vorne weg, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das vordere Drittel des Boardes nach hinten zieht.

Der tiefe KSP, der durch die Knie- und Hüftbeugung erreicht wird, sorgt für eine stabile Fahrt in dieser starken Kurveninnenlage. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Umkippen des Surfers ins Kurveninnere. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb, vor dem Körper auf Höhe der Hüfte.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Das bedeutet hier, dass er über seine linke Schulter bereits ins Wellental blicken muss. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Daran kann man erkennen, dass die Hüftachse, die eine große Bedeutung bei der Drehung des Brettes einnimmt, die Vorrotation der Schulterachse aufgeholt hat, indem sie nachgedreht hat. Erst durch diese Rotation in der Hüftachse wird die Drehung des Surfers mit dem Surfboard zusammen komplett. Die Körperfront ist zur Wellenwand und zum Wellenkamm gerichtet, aber eine Vorrotation findet hier nur dadurch statt, dass in Fahrtrichtung leicht vorgedreht wird. Die beiden Achsen drehen jedoch beide in diese Richtung und so entstehen keine Differenzen.

Teilphase III:

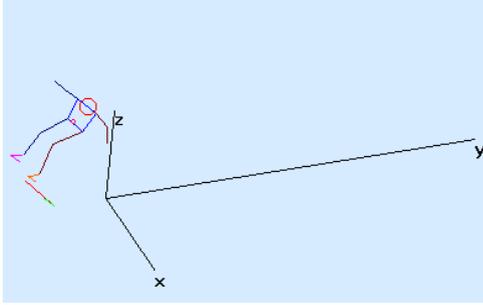


Abb. 94a) Top Turn frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

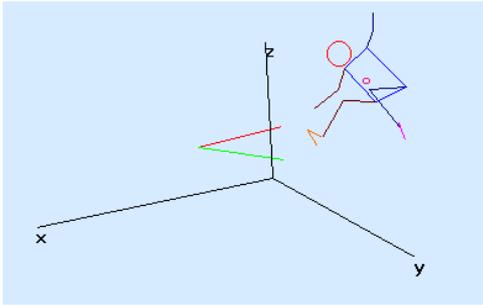


Abb. c) Top Turn frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

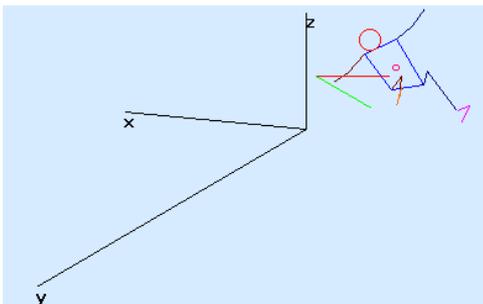


Abb. e) Top Turn frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

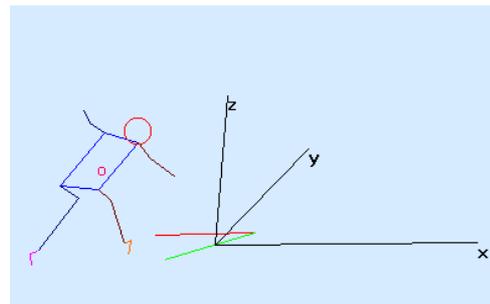


Abb. f) Top Turn frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung ist noch immer auf den Fersen und daher ist das Außenrail, die hintere Kante des Surfboards, auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die hintere Kante reduzieren muss, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Er muss das Board wieder etwas gerader stellen. Das geschieht durch Aufrichten des Körpers und Verlagern des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt, so dass der Körperschwerpunkt auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe des Nabels.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 16° zueinander. Hier wird wieder die wichtige Aufgabe der Vorrotation für die folgende Drehung

deutlich. Die Schulterachse dreht um 16° vor der Hüftachse vor und leitet somit die Drehung ein. Es handelt sich also um eine horizontale Achsenverschiebung. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in der gleichen Größenordnung bewegen und nur daher rühren, dass der Surfer sich in Fahrtrichtung leicht ausgerichtet hat, um den Verlauf der Welle besser im Auge zu haben.

Beide Knie sind gebeugt, wobei der Kniewinkel links größer als der Kniewinkel rechts ist. Der Surfer befindet sich zwar wieder in der Abwärtsfahrt, aber da er sich ebenfalls noch in der Drehung befindet, ist das Gewicht hauptsächlich auf dem hinteren, also rechten Bein, und daher ist auch der Winkel dieses Beines kleiner. Der Druck auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen, die sich unter ihm befinden, wird intensiviert. Der Surfer verstärkt jedoch nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es vielmehr gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach vorne weg, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig und zieht das Board nach hinten.

5.3.1.2 Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster (Fallstudien)

Die einzelnen Diagramme zu den gemessenen EMGs der sieben Muskeln sind im Anhang 11 zu finden.

Teilphase I:

Rechtes Bein:

Der M. rectus femoris zeigt in dieser ersten Phase des Top Turn frontside eine Aktivität, die auf seine starke Dehnung zurückzuführen ist, welche er aufgrund des kleinen Kniewinkels erfahren hat. Durch die Dehnung des M. rectus femoris erfährt der Antagonist M. biceps femoris eine Verkürzung und ist daher nicht an dieser Teilphase des Top Turn frontside aktiv beteiligt.

Der M. gastrocnemius ist ebenso wie auch der M. tibialis aktiv. Sie beide bereiten zum einen schon die Drehung für die nächste Phase vor (konzentrische Arbeitsweise), zum anderen gleicht der M. gastrocnemius die Kurveninnenlage (Rücken zum Kurveninneren) durch den verstärkten isometrischen Druck auf der Ferse aus.

Linkes Bein:

Das linke, also vordere Bein erfährt durch die Aufwärtsfahrt in der Welle eine noch größere Beugung (hier passiv) als das hintere rechte Bein. Dadurch wird der M. rectus femoris exzentrisch gedehnt und ist aktiv an der Stabilisierung des Surfers in dieser Position beteiligt

(isometrische Haltearbeit). Der M. biceps femoris wird verkürzt und beteiligt sich daher nicht an dem aktiven Teil der Bewegung.

Der M. gastrocnemius ist isometrisch aktiv, da er in dieser Situation für die Stabilisierung des Surfers in der Kurveninnenlage sorgt. Die Belastung liegt durch die Kurveninnenlage auf den Fersen und so kommt hier der M. gastrocnemius zum Einsatz.

Teilphase II:

Rechtes Bein

Dies ist nun die Hauptarbeitsphase des M. rectus femoris und auch des M. biceps femoris. Das Brett wird mit ihrer Hilfe aus der senkrechten Fahrt vom Wellental zum Wellenkamm hin in eine Parallelfahrt zur Wellenwand gebracht. Dazu verkürzt sich der M. biceps femoris konzentrisch und erreicht, dass der Unterschenkel nach vorne gedrückt wird. Der M. rectus femoris leistet zum einen eine Unterstützung in der Streckung des M. biceps femoris, der sich aktiv, konzentrisch streckt. Desweiteren leistet der M. rectus femoris nach erfolgter Verkürzung isometrische Haltearbeit, indem er den Surfer in seiner tiefen Position (Körperhaltung) auf dem Brett mit Kurveninnenlage stabil hält.

Der Unterschenkel mit seinem M. gastrocnemius und M. tibialis wird durch die Kontraktion im M. biceps femoris wie schon beschrieben nach vorne gedrückt. Die konzentrische Streckung des M. gastrocnemius sowie die konzentrische Verkürzung des M. tibialis ermöglichen eine stärkere Druckausübung nach oben auf das Surfboard.

Linkes Bein:

Auch hier wird die Drehung des Brettes in die parallele Fahrt an der Wellenwand unterstützt. Das vordere Bein zieht dabei den vorderen Teil des Surfboards unter den Körper. Der M. rectus femoris dehnt sich dabei und der M. biceps femoris verkürzt sich konzentrisch. So gelangt der Unterschenkel weiter unter den KSP und zieht das Surfboard mit sich. Der M. biceps femoris ist noch an der isometrischen Haltearbeit aufgrund der Kurveninnenlage beteiligt.

Der M. gastrocnemius zieht dabei auch aktiv in Richtung Wellental, um die Drehung des Surfboards an die Wellenwand zu unterstützen (konzentrische Kontraktion). Er ist durch die Kurveninnenlage auch noch an der isometrischen Stabilisierung des Surfers beteiligt.

Teilphase III:

Rechtes Bein

Das rechte Bein vollendet in dieser letzten Phase des Top Turn frontside die Drehung des Surfbrettes senkrecht in Richtung Wellental hin. Der M. rectus femoris wird dabei gedehnt und der M. biceps femoris konzentrisch verkürzt. Dadurch wird das Brett wieder unter den KSP des Surfers gezogen und die extreme Kurveninnenlage der letzten Phase wird wieder aufgegeben.

Der Unterschenkel wird durch die Verkürzung des M. biceps femoris herangezogen, der Kniewinkel wird kleiner. Der M. gastrocnemius unterstützt das Heranziehen des Surfboards durch eine konzentrische Kontraktion. Desweiteren ist noch immer eine leichte Kurveninnenlage vorhanden, wodurch die Arbeit des M. gastrocnemius noch um die isometrische Haltearbeit erweitert wird. Der M. tibialis ist in diesem Teil des Top Turn frontside nicht mehr aktiv beteiligt.

Linkes Bein

Das vordere Bein ist in dieser Teilphase nicht mehr aktiv an der Ausrichtung des Surfboards beteiligt. Es hat mehr unterstützende und führende Funktion. Unterstützend, weil der M. rectus femoris noch an der Stabilisierung der leichten Kurveninnenlage aktiv beteiligt ist (isometrische Arbeitsweise), führend, weil die Belastung auf dem vorderen Bein das Surfboard, welches vom hinteren Bein gedreht wird, in die Endposition senkrecht vom Wellenkamm zum Wellental bringt.

Der M. gastrocnemius ist noch an der Stabilisierung der Kurveninnenlage beteiligt. Sonst sind der M. biceps femoris und der M. gastrocnemius nicht mehr aktiv.

Tab. 15 zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Top Turn frontside

Muskeln		Top Turn frontside		
		TPh I	TPh II	TPh III
M. rectus femoris	rechts	Dehnung	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit	Dehnung
M. biceps femoris	rechts	konzentrische Kontraktion	Dehnung	konzentrische Kontraktion
M. gastrocnemius	rechts	Dehnung isometrische Haltearbeit	Dehnung	Dehnung isometrische Haltearbeit
M. tibialis anterior	rechts	konzentrische Kontraktion	konzentrische Kontraktion	nicht aktiv
M. rectus femoris	links	Dehnung isometrische Haltearbeit	Dehnung	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit
M. biceps femoris	links	exzentrische Kontraktion	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit	Dehnung (nicht aktiv)
M. gastrocnemius	links	isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit	isometrische Haltearbeit

5.3.2 Top Turn backside

Der Bewegungsverlauf ist hier äquivalent zum Top Turn frontside, nur dass der Surfer die Welle in seinem Rücken hat und daher, wie schon bei der Grundstellung und dem Bottom Turn backside beschrieben, ständig leicht über die linke Schulter auf die Welle blicken muss. Dabei erfährt der gesamte Körper eine gewisse Tordierung.

5.3.2.1 Verlaufsbeschreibung, Körperschwerpunkt, Winkel und Achsen



Abb. 95 Top Turn backside

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung über den zu betrachtenden Turn zu liefern, geben zunächst Abbildungen mit allen drei Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte des Turns.

Teilphasen I – III:

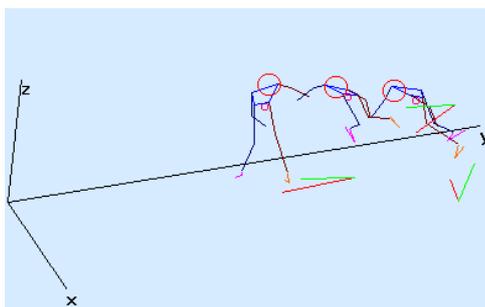


Abb. 96a) Top Turn backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

inklusive Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und links):

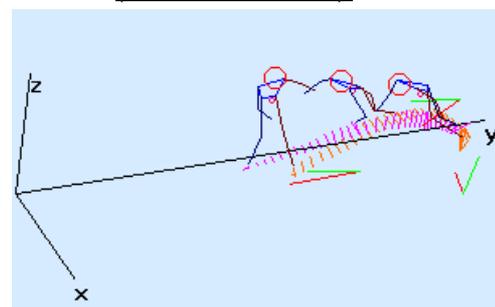


Abb. b) Top Turn backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

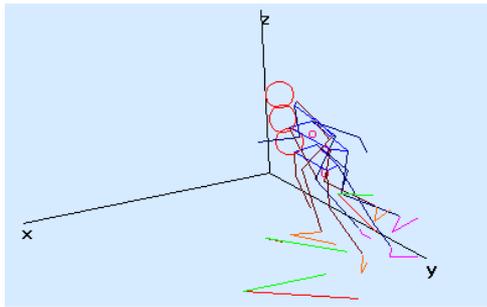


Abb. c) Top Turn backside von der Seite
($X= 5^\circ$; $Y= 354^\circ$; $Z= 305^\circ$)

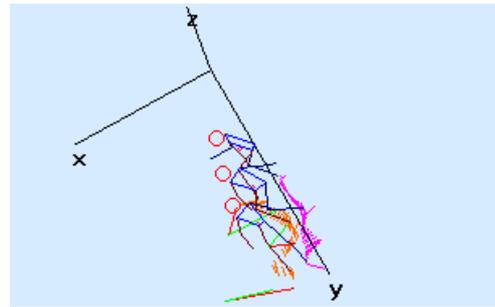


Abb. d) von der Seite - oben
($X= 5^\circ$; $Y= 30^\circ$; $Z= 305^\circ$)

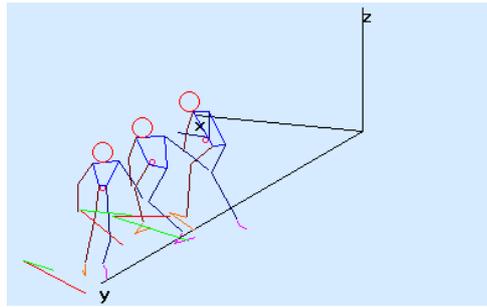


Abb. e) Top Turn backside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

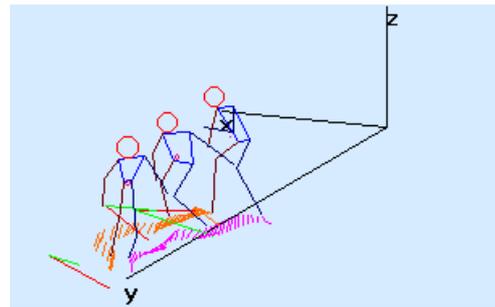


Abb. f) Top Turn backside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

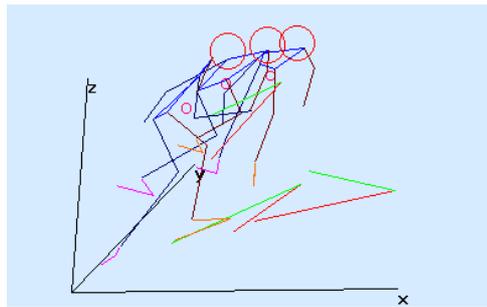


Abb. g) Bottom Turn backside von vorne
($X= 359^\circ$; $Y= 350^\circ$; $Z= 100^\circ$)

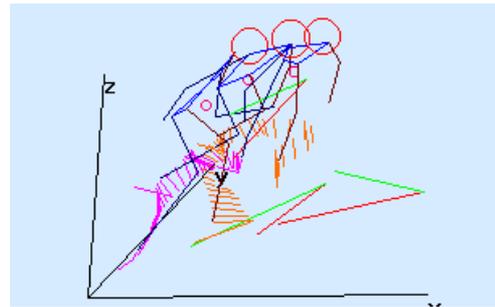


Abb. h) Bottom Turn backside von vorne
($X= 359^\circ$; $Y= 350^\circ$; $Z= 100^\circ$)



Abb. i) Bottom Turn backside von oben
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 0^\circ$)

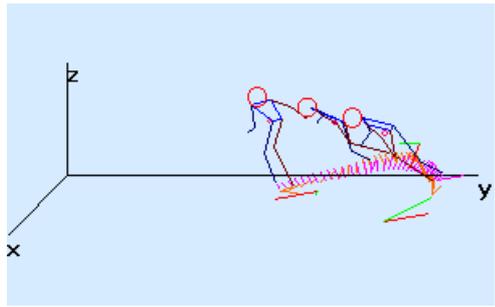


Abb. j) Bottom Turn backside von oben
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 0^\circ$)

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Top Turns backside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 6 zu finden.

Tab. 16 Top Turn backside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten

Top Turn backside	Gesamt			Mittelwert		
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh I	TPh II	TPh III
Knie-Hüftwinkel						
Kniewinkel li X	2744,54	2994,75	3577,83	98,02	106,96	127,78
Kniewinkel re X	2948,78	3223,01	3595,47	105,31	115,11	128,41
Hüftwinkel li X	2418,42	2913,23	3351,57	86,37	104,04	119,70
Hüftwinkel re X	2930,10	3496,81	3412,78	104,65	124,89	121,89
Schulter-Hüftachsen						
Schulter_zu_YZ(in °)	670,23	1646,93	2222,04	23,94	58,82	79,36
Hüfte_zu_YZ(in °)	940,91	1680,10	1925,48	33,60	60,00	68,77
Differenz_S-H-Winkel(in °)	-270,64	-33,19	296,56	-9,67	-1,19	10,59
Körperschwerpunkt						
KSP (zu Z in cm)	20,75	20,20	19,74	0,74	0,72	0,71

Teilphase I:



Abb. 97a) Top Turn backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

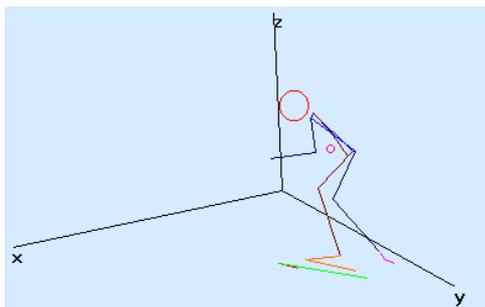


Abb. c) Top Turn backside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

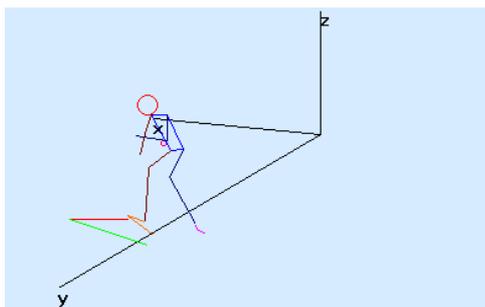


Abb. e) Top Turn backside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

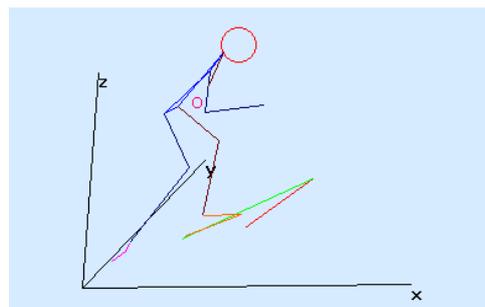


Abb. f) Top Turn backside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Der Surfer hat die Welle in seinem Rücken und das Surfboard befindet sich in senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung Wellenkamm. Die Belastung liegt mehr auf den Fußballen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage (vorwärts) einnimmt.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt, sein Winkel ist daher klein. Da die Belastung jedoch auf dem hinteren, rechten Bein liegt, ist auch dieser Winkel sehr klein. Diese Voraussetzung benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett in der nächsten Teilphase aus der Senkrechten in die Waagerechte, also parallel zum Wellenkamm, drehen kann. Das Gewicht muss dazu verstärkt auf dem hinteren Bein sein, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann, die sich genau unter ihm befinden. Bereits in dieser Teilphase wird der Druck verstärkt und somit die Drehung für die nächste Phase vorbereitet.

Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers, sind ebenso wie auch die leichte Kurveninnenlage des Surfers dafür verantwortlich, dass der KSP außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe des Nabels.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase einen wichtigen vorbereitenden Charakter für die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre Vorrotation die Drehbewegung ein. Die beiden Achsen erreichen daher wieder eine Differenz von ca. 10° zueinander. Sie kommt dadurch zustande, dass die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert.

Durch die besondere Körperhaltung bei einem Backsideturn ist auch hier wieder eine kleine vertikale Differenz zwischen den beiden Hüftwinkeln festzustellen. Sie ist jedoch dadurch zu erklären, dass der Surfer die Welle wieder in seinem Rücken hat und daher immer leicht über seine linke Schulter blicken muss, um diese im Auge zu behalten.

Teilphase II:

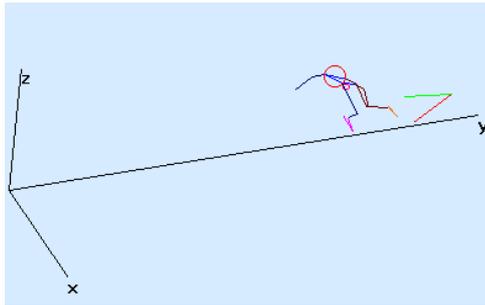


Abb. 98a) Top Turn backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

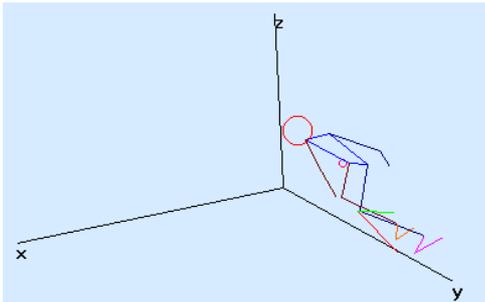


Abb. c) Top Turn backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

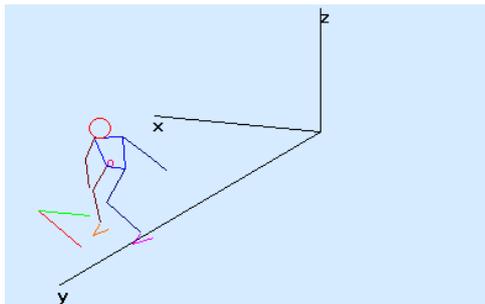


Abb. e) Top Turn backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

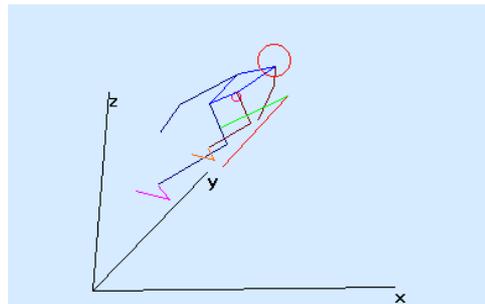


Abb. f) Top Turn backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt in Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt an der Wellenwand entlang. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und mitten in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel bleiben in ihrem Verhältnis gesehen relativ gleich, wobei beide im gleichen Maße etwas größer werden. Dies liegt daran, dass der Surfer in dieser Phase schon den Wellenkamm erreicht und seine extrem tiefe Haltung mehr gestreckt ist, da durch den verstärkten Druck auf das Tail der rechte Kniewinkel größer wird, sich das rechte Kniegelenk streckt. Das hintere Kniegelenk bleibt aber weiterhin wesentlich gebeugter als das vordere, da noch immer mehr Belastung auf diesem Bein ruht. Der Surfer verstärkt nicht nur seinen Druck auf das Tail, er zieht es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach hinten, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das Board nach vorne schiebt.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fußballen erfolgt. Der Surfer würde eigentlich ins Kurveninnere kippen, was jedoch durch die Beugung in den Knie- und Hüftgelenken verhindert wird. Dadurch erreicht der Surfer wieder eine tiefe Körperhaltung und senkt somit seinen KSP. Durch ein leichtes Aufrichten im Oberkörper, zu erkennen an den größer gewordenen Hüftwinkeln, bringt er den KSP auch wieder näher zum Körper und befindet sich erneut in einer stabilen Lage, aus der er nicht ins Kurveninnere fallen kann. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Ins-Kurveninnere-Fallen des Surfers. Der KSP liegt außerhalb, vor dem Körper auf Höhe der Hüfte.

Die Hüftwinkel zeigen eine vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Das bedeutet hier, dass er über seine linke Schulter bereits ins Wellental blicken muss. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel (1° Differenz). Das bedeutet, dass die Hüftachse die Vorrotation der Schulterachse aufgeholt hat, indem sie nachgedreht hat. Nur so kann der Rest des Körper der Drehung folgen und sie vollenden. Die Körperfront ist zum Wellental gerichtet, aber eine Vorrotation findet hier nur insofern statt, als in die Fahrtrichtung leicht vorgedreht wird. Die beiden Achsen drehen jedoch beide in diese Richtung und so entstehen keine Differenzen.

Teilphase III:

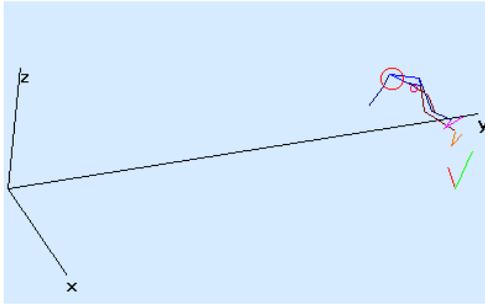


Abb. 99a) Top Turn backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

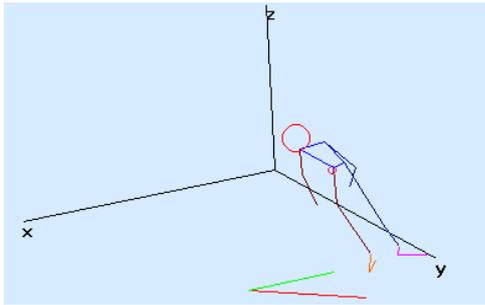


Abb. c) Top Turn backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

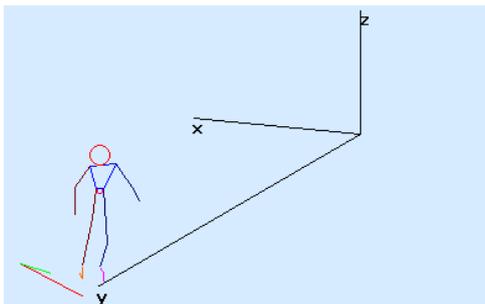


Abb. e) Top Turn backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

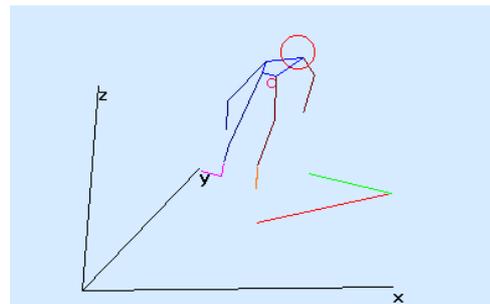


Abb. f) Top Turn backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung ist noch immer auf den Fußballen und daher ist das Innenrail, die vordere Kante des Surfboards auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die vordere Kante reduzieren muss, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Das Board muss wieder etwas gerader gestellt werden. Das geschieht durch Aufrichten des Oberkörpers, zu erkennen an den größer gewordenen Hüftwinkeln und durch Verlagern des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel aber immer noch nach vorne geneigt, so dass der Körperschwerpunkt auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüfte.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 11° zueinander. Hier wird wieder die wichtige Aufgabe der Vorrotation für die folgende Drehung deutlich. Die Schulterachse dreht um 11° vor die Hüftachse vor, und leitet somit die Rotation ein. Es handelt sich also um eine horizontale Achsenverschiebung. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in derselben Größenordnung bewegen.

Beide Knie sind etwa gleich stark gebeugt. Der Surfer befindet sich wieder in der Abwärtsfahrt und nimmt somit, physikalisch bedingt, mehr Gewicht als in der Parallelfahrt auf das vordere Bein. Da er sich aber auch noch in der Drehung befindet, ist das Gewicht noch immer stark auf dem hinteren, also rechten Bein, und daher sind die Winkel hier beinahe gleich groß. Der Druck auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen, die sich unter ihm befinden, wird verstärkt. Der Surfer verstärkt jedoch nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach hinten, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere, also linke Bein unterstützt diese Drehung, indem es das Board nach vorne schiebt.

5.3.2.2 Kontraktionsarten, muskuläre Koordination und zeitliches Aktivitätsmuster (Fallstudie)

Die einzelnen Diagramme zu den gemessenen EMGs der sieben Muskeln sind im Anhang 11 zu finden.

Teilphase I:

Rechtes Bein

Durch die Aufwärtsfahrt vom Wellental zum Wellenkamm hin ist aus physikalischen Gründen schon eindeutig, dass die Belastung vor allem auf dem rechten, dem hinteren Bein liegt. Durch die stärkere Beugung im Kniegelenk, ist der M. rectus femoris gedehnt, der M. biceps femoris konzentrisch verkürzt. Der M. rectus femoris übernimmt in dieser Teilphase die isometrische Stabilisierungs- und Haltearbeit.

Der M. gastrocnemius ist zu Beginn nicht aktiv, der M. tibialis leistet isometrische Stabilisierungsarbeit da die Belastung auf den Fußballen liegt.

Linkes Bein

Hier ist durch die stärkere passive Beugung im Kniegelenk eine exzentrische Dehnung des M. rectus femoris und eine gleichzeitige Verkürzung des M. biceps femoris gegeben. Beide Muskeln sind in dieser Teilphase aktiv an der isometrischen Stabilisierung der Kurveninnenlage nach vorne beteiligt.

Der M. gastrocnemius ist nicht aktiv, was dadurch erklärt werden kann, dass zum einen noch keine Drehung erfolgt, zum anderen die Belastung auf den Fußballen liegt und somit eher der M. tibialis zum Einsatz bei der Stabilisierungsarbeit (isometrisch) kommen würde. Da er jedoch nicht erfasst wurde, können keine genauen Angaben dazu gemacht werden.

Teilphase II:

Rechtes Bein

Das hintere Bein leistet in dieser Teilphase Arbeit, da hier die Drehung von der senkrechten Fahrt hin zu parallelen Fahrt am Wellenkamm erfolgt. Der M. rectus femoris wird gedehnt, während sich der M. biceps femoris konzentrisch kontrahiert. Dadurch wird der Unterschenkel nach hinten gebracht. Des Weiteren leistet der Oberschenkel noch Stabilisierungsarbeit, da sich der Surfer in einer starken Kurveninnenlage am Wellenkamm befindet (isometrische Arbeitsweise).

Der Unterschenkel wird zusätzlich durch das aktive Eingreifen des M. gastrocnemius (konzentrische Kontraktion) und M. tibialis (Dehnung) nach hinten gebracht. Dadurch wird das Surfboard nach hinten gezogen und die Drehung wird durchgeführt.

Linkes Bein

Um die mit dem rechten Bein begonnene Drehung weiterzuführen und zu unterstützen, wird der M. rectus femoris konzentrisch kontrahiert und der M. biceps femoris gedehnt. Dadurch erreicht man, dass der Unterschenkel nach vorne gebracht wird. Neben dieser Drehungsunterstützung leisten die beiden Oberschenkelmuskeln zusätzlich noch isometrische Stabilisierungsarbeit, hervorgerufen durch die starke Kurveninnenlage.

Der Unterschenkel wird noch aktiver nach vorne gebracht, indem der M. gastrocnemius gedehnt wird. Der M. tibialis wird dabei mit Sicherheit konzentrisch verkürzt. Dies kann hier aber nicht belegt werden, da keine Messergebnisse vorhanden sind. Durch diese Bewegung kommt der Unterschenkel nach vorne und drückt das Surfboard nach vorne in die parallele Fahrt am Wellenkamm hinein.

Teilphase III:

Rechtes Bein

Hier wird das Surfboard wieder aus der Parallelfahrt in die senkrechte Fahrt die Welle hinunter ins Wellental gebracht. Dazu wird der M. rectus femoris wieder konzentrisch verkürzt und der M. biceps femoris gleichzeitig gedehnt. Dadurch wird der Unterschenkel wieder nach vorne gebracht.

Der M. gastrocnemius und der M. tibialis greifen diese Dreheinleitung auf; dazu verkürzt sich der M. tibialis konzentrisch und der M. gastrocnemius wird dabei gedehnt. Der Unterschenkel bringt somit das Surfboard mit nach vorne und die Fahrt gerade die Welle hinunter kann beginnen.

Linkes Bein

Das linke Bein hat hier mehr unterstützende und führende Funktion. Unterstützende dadurch, dass sie den Surfer in der leichten Kurveninnenlage stabilisiert (isometrische Arbeitsweise) und führende dahingehend, dass die Drehung ins Wellental erfolgen kann. Der Oberschenkel zieht dazu das Surfboard leicht in die gewünschte Richtung zum Wellental hin, indem er sich dehnt und sein Antagonist der M. biceps femoris sich konzentrisch kontrahiert. Dadurch kommt der Unterschenkel nach hinten und das Board dreht sich in die neue Richtung.

Der M. gastrocnemius ist nicht mehr aktiv, da der Surfer die Belastung auf den Fußballen hat, und ein Ausgleich und eine Stabilisierung nur über den M. tibialis erfolgen könnte.

Tab. 17 zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Top Turn backside

Muskeln		Top Turn backside		
		TPh I	TPh II	TPh III
M. rectus femoris	rechts	Dehnung isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion
M. biceps femoris	rechts	konzentrische Kontraktion	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit	
M. gastrocnemius	rechts	nicht aktiv	konzentrische Kontraktion	
M. tibialis anterior	rechts	isometrische Haltearbeit	Dehnung	
M. rectus femoris	links	Dehnung isometrische Haltearbeit	konzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit	Dehnung
M. biceps femoris	links	exzentrische Kontraktion isometrische Haltearbeit	Dehnung isometrische Haltearbeit	exzentrische Kontraktion
M. gastrocnemius	links	nicht aktiv	Dehnung	nicht aktiv

5.3 Cutback

Ist der Bottom Turn beendet, muss sich der Surfer entscheiden, ob er als nächsten Turn einen Top Turn oder einen Cutback wählt. Während des Bottom Turns ist er zu weit vom brechenden Teil der Welle, dem Curl weggefahren und läuft nun Gefahr, die Welle unter sich zu verlieren. Um wieder näher an den Curl zu kommen, kann der Surfer entweder die Geschwindigkeit reduzieren, um dann mit einem Top Turn weiterzumachen, wobei er dann Gefahr läuft, dass er zu viel Geschwindigkeit wegnimmt und die Welle ihn daraufhin nicht mehr mitnimmt. Die zweite Möglichkeit besteht darin, selbst wieder aktiv in Richtung brechenden Teil zu surfen. Das geschieht im Fall des Cutback. Wie dieser genau aussieht, soll im folgenden Abschnitt beschrieben werden, wobei auch hier wieder eine Unterscheidung in Cutback front- und backside unternommen wird, je nachdem in welche Fahrtrichtung (Brechungsrichtung der Welle) der Surfer seine Fahrt begonnen hat.

5.3.3 Cutback frontside

In der folgenden Analyse werden die Position und die Haltung des Surfers während der Bewegung betrachtet und beschrieben, die er bei der Ausführung eines Cutback frontside einnimmt, wobei der Blick und die Körperfront hier zu Beginn des Turns zur Welle hin gerichtet sind.



Abb. 100 Cutback frontside

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Zunächst geben Abbildungen mit allen neun Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte.

Teilphasen I – IX

(inklusive Verbindungsüberlagerung):

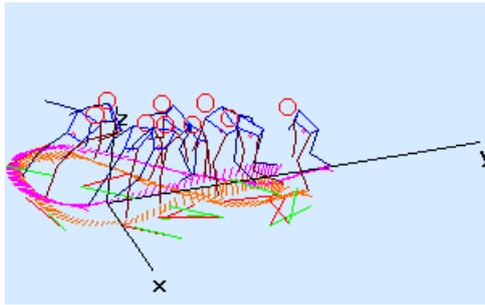


Abb. 101a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)

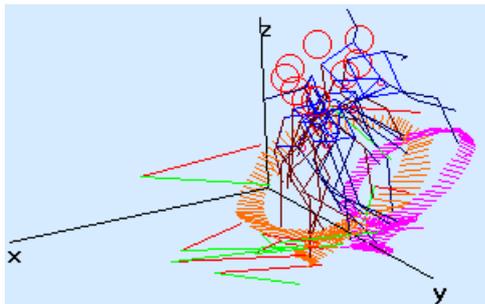


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)

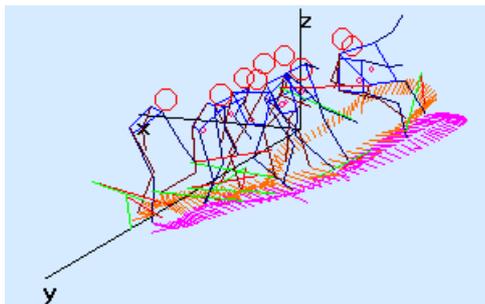


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

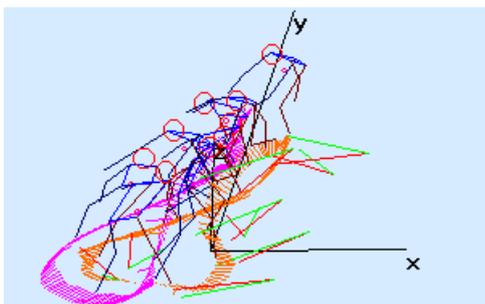


Abb. g) Cutback frontside von vorne - oben
($X=355^\circ$; $Y=11^\circ$; $Z=100^\circ$)

Nur Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und Fuß links):

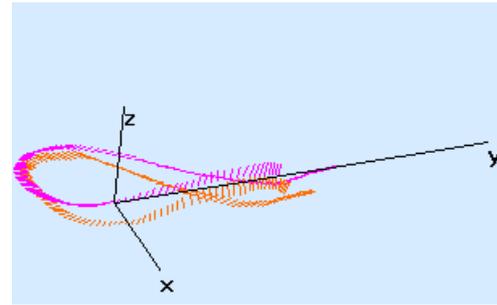


Abb. b) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)

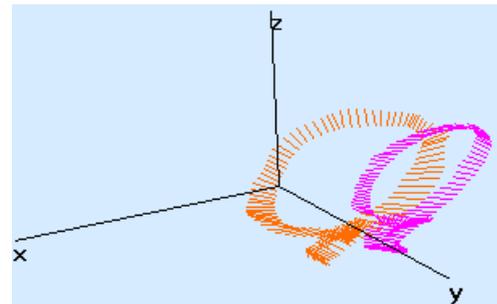


Abb. d) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)

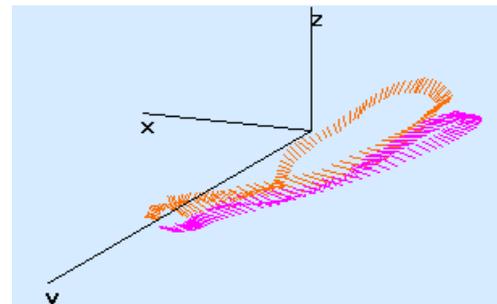


Abb. f) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

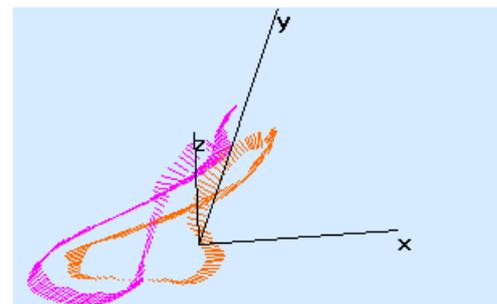


Abb. h) Cutback frontside von vorne - oben
($X=355^\circ$; $Y=11^\circ$; $Z=100^\circ$)

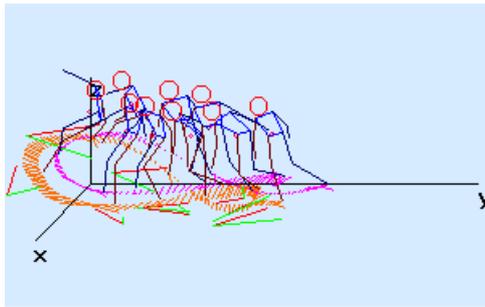


Abb. i) Cutback frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

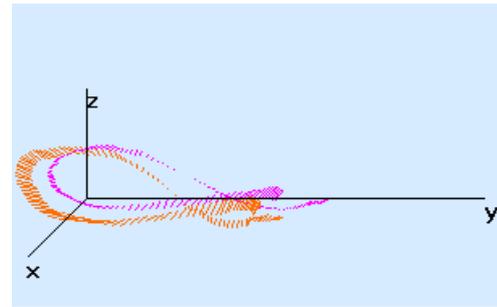


Abb. j) Cutback frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Cutbacks frontside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 7 zu finden.

Tab. 14 a) Cutback frontside: Gesamt aller Fahrten

Cutback frontside	Gesamt								
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV	TPh V	TPh VI	TPh VII	TPh VIII	TPh IX
<u>Knie-Hüftwinkel</u>									
Kniewinkel li X	1459,40	1559,25	1729,94	1820,01	1609,73	1492,73	1227,51	1234,37	339,99
Kniewinkel re X	1446,59	1510,59	1406,05	1422,54	1375,65	1524,71	1221,30	1308,34	347,16
Hüftwinkel li X	1283,24	1267,73	1024,16	1204,40	1253,48	1244,58	1080,07	1173,62	316,44
Hüftwinkel re X	1281,28	1390,10	992,23	1232,53	1317,58	1485,25	1223,86	1415,05	329,88
<u>Schulter-Hüftachsen</u>									
Schulter_zu_YZ(in °)	811,79	434,42	729,32	965,20	608,95	125,46	232,94	654,87	224,55
Hüfte_zu_YZ(in °)	667,65	433,70	514,93	967,22	817,84	192,47	353,40	682,68	197,49
Diff_S-H-Winkel(in °)	144,13	0,73	214,41	-2,02	-208,90	-67,01	-120,44	-27,82	27,06
<u>Körperschwerpunkt</u>									
KSP(zu Z in cm)	8,63	8,89	9,29	9,64	9,27	8,43	8,74	8,64	2,11

Tab. 14 b) Cutback frontside: Mittelwert aller Fahrten

Cutback frontside	Mittelwert								
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV	TPh V	TPh VI	TPh VII	TPh VIII	TPh IX
<u>Knie-Hüftwinkel</u>									
Kniewinkel li X	121,62	129,94	144,16	151,67	134,14	124,39	102,29	102,86	113,33
Kniewinkel re X	120,55	125,88	117,17	118,55	114,64	127,06	101,78	109,03	115,72
Hüftwinkel li X	106,94	105,64	85,35	100,37	104,46	103,72	90,01	97,80	105,48
Hüftwinkel re X	106,77	115,84	82,69	102,71	109,80	123,77	101,99	117,92	109,96
<u>Schulter-Hüftachsen</u>									
Schulter_zu_YZ(in °)	67,65	36,20	60,78	80,43	50,75	10,46	19,41	54,57	74,85
Hüfte_zu_YZ(in °)	55,64	36,14	42,91	80,60	68,15	16,04	29,45	56,89	65,83
Diff_S-H-Winkel(in °)	12,01	0,06	17,87	-0,17	-17,41	-5,58	-10,04	-2,32	9,02
<u>Körperschwerpunkt</u>									
KSP(zu Z in cm)	0,72	0,74	0,77	0,80	0,77	0,70	0,73	0,72	0,70

Im Folgenden wird nun der Cutback frontside in seine neun Teilphasen unterteilt und somit genauer betrachtet. Wie oben beschrieben, beginnt der Cutback nach vollendetem Bottom Turn. Der Vollständigkeit halber, da ohne diesen Bottom Turn zu Beginn kein Cutback entstehen kann, ist dieser in der Bewegungsbeschreibung mit enthalten, ebenso wie der Beginn eines neuen Bottom Turns zum Ende der Verlaufsbeschreibung.

Teilphase I:

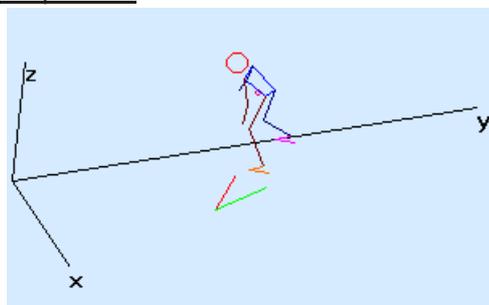


Abb. 102a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

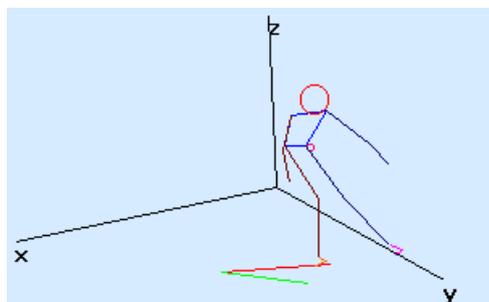


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

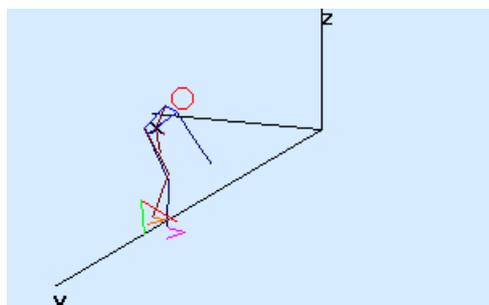


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

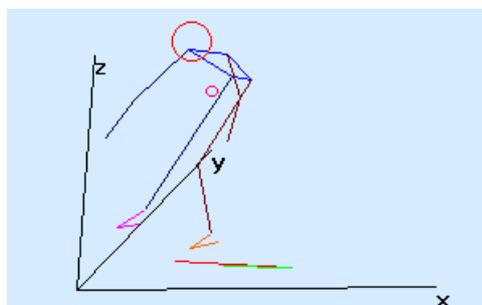


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm. Seine Körperfront ist zur Welle hin ausgerichtet, und das Surfboard befindet sich in senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung ins Wellental. Die Belastung liegt mehr auf den Fußballen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage einnimmt.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 12° zueinander. Die Differenz kommt durch eine Verschiebung der beiden Achsen auf horizontaler Ebene zustande, da die Schulterachse bereits leicht vorrotiert ist, um die nachfolgende

Drehung einzuleiten. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da diese Winkel sich nicht unterscheiden.

Beide Knie sind gebeugt, wobei die Kniewinkel rechts und links beinahe genau den gleichen Wert haben. Da die Belastung auf dem hinteren Bein liegt, ist dieser Winkel etwas kleiner als der des vorderen, linken Beines, obwohl sich der Surfer gerade in der Abwärtsfahrt befindet und daher der Kniewinkel links kleiner als rechts sein sollte. Der Druck auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen wird in dieser frühen Teilphase des Turns bereits verstärkt, damit dann in der nächsten Phase die Drehung erfolgen kann.

Die Belastung liegt auf den Fußballen und überträgt sich auf die vordere Kante des Surfboards, wodurch dieses leicht kippt und somit die Kurveninnenlage erreicht wird. Der gesamte Körper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel in Verbindung mit der Neigung des Körpers zum Kurveninneren hin leicht nach vorne gebeugt. So ergibt sich, dass der KSP außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

Teilphase II:

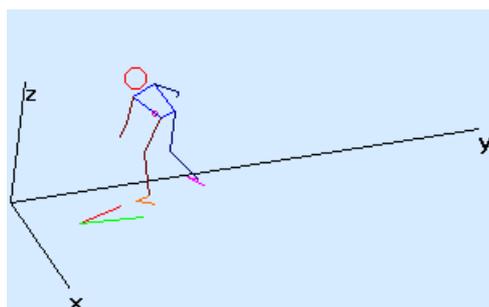


Abb. 103a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

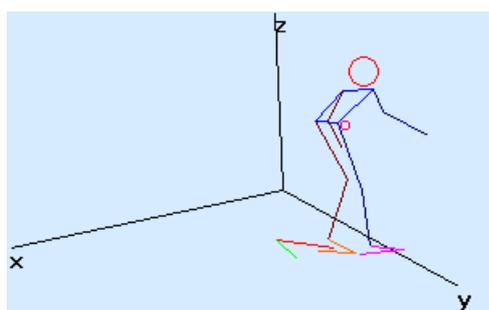


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

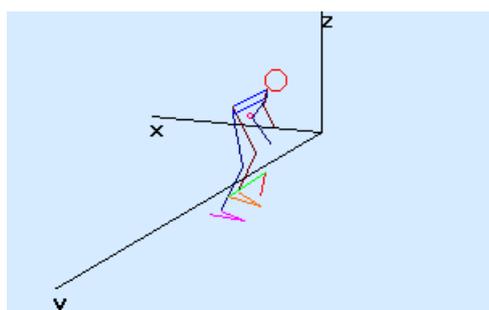


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

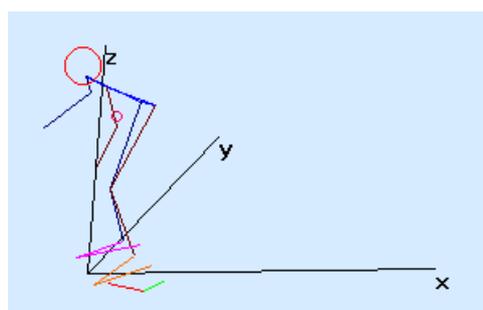


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt an der Wellenwand entlang. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und mitten in der Drehung befindet.

Das linke Kniegelenk ist nun etwas mehr gestreckt als das rechte, was wieder mit der Druckverteilung hin zum rechten Fuß zusammenhängt. Nur unter diesen Voraussetzungen kann eine Drehung überhaupt erst erfolgen, da es im Surfen nur möglich ist, das Board zu drehen, wenn die Belastung, also der Druck, von dem hinteren Bein kommt. Der Druck auf das Tail des Boards wird durch das hintere Bein verstärkt. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig nach hinten. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es die Spitze des Boardes, welche durch den Druck auf das Tail bereits zu drehen beginnt, nach vorne schiebt.

Es wird eine noch stärkere Innenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die Verlagerung des Gewichtes auf die Fußballen erreicht wird. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb vor dem Körper auf Höhe der Hüfte.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat, um so die Welle und ihren Verlauf zu beobachten. Der linke Hüftwinkel ist etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Die Hüftachse hat die Vorrotation der Schulterachse wieder eingeholt, indem sie nachgedreht ist. Der Blick ist zur Wellenwand und zum Wellenkamm gerichtet, aber eine Vorrotation findet hier nur so weit statt, dass in die Fahrtrichtung leicht vorgedreht wird. Die beiden Achsen drehen in diese Richtung vor und daher gibt es keine Differenz.

Teilphase III:

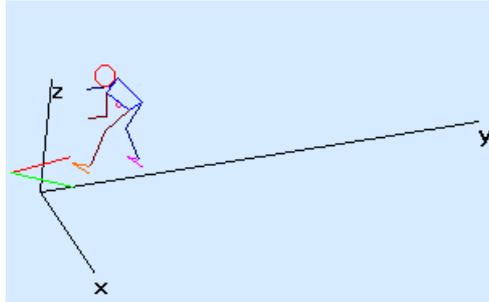


Abb. 104a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

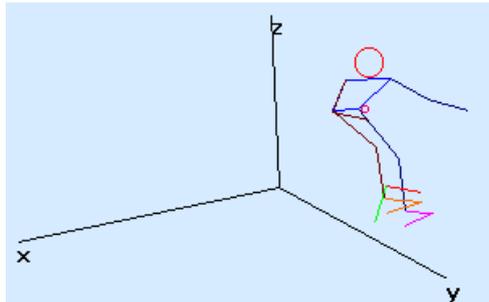


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

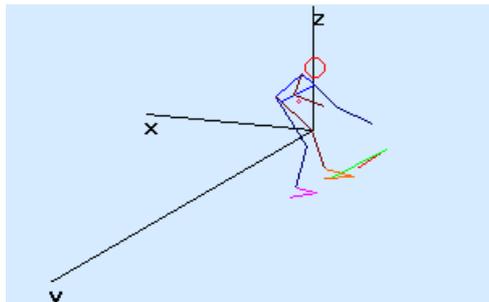


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

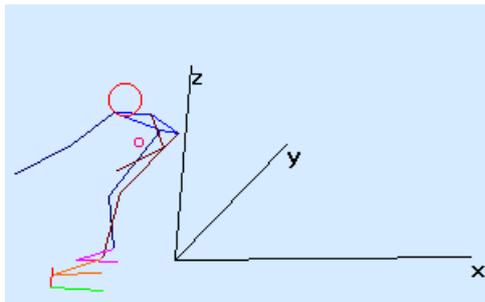


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfboard befindet sich in diagonal-senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung Wellenkamm. Die Belastung geht in dieser Teilphase von den Fußballen auf die Fersen über. Ohne diese Gewichtsverlagerung würde der Surfer immer weiter in die begonnene Richtung drehen, und so zu einem 360° Turn kommen. Da dies hier jedoch nicht erwünscht ist, muss zunächst im Beginn der Drehung hinein in die Senkrechte die Kurveninnenlage zurückgenommen werden, indem die Belastung auf den Fußballen reduziert wird. Im weiteren Verlauf wird das Brett zunächst wieder flach gestellt, die vordere Kante des Surfboards gräbt sich somit nicht mehr in die Wellenwand ein. Nach dieser Geradestellung muss jedoch ein Impuls in eine andere Richtung folgen, denn ohne diesen würde der Surfer gerade über den Wellenkamm aus der Welle hinausfahren. In diesem Punkt beginnt die Umkehrung der Belastung.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase wichtige vorbereitende Bedeutung für die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre

Vorrotation die Drehbewegung ein. Die beiden Achsen erreichen eine Differenz von ca. 18° zueinander. Sie kommt dadurch zustande, dass die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert. Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es sich nur um eine horizontale Verschiebung der Achsen zueinander handelt, da im Vergleich der vertikalen Winkel keine Differenz auffällt.

Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers sind dafür verantwortlich, dass der KSP auch hier wieder außerhalb des Surfers liegt. Trotz der Einleitung eines Backsideturns, bei dem sich der Surfer mit dem Rücken in die Kurveninnenlage neigt, befindet sich der KSP vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse. Die Belastung, die oben bereits angesprochen wurde, ist von den Fußballen zu Beginn dieser Teilphase auf die Fersen und somit auf das Backsiderail, die hintere Kante des Surfboards, übergegangen.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt, sein Winkel müsste daher kleiner sein. Da aber die Belastung sehr stark auf das hintere, rechte Bein übergeht, ist jedoch nur dieser Winkel erheblich kleiner. Diese Voraussetzung benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett in der nächsten Teilphase aus der Senkrechten in die Waagerechte, also parallel zum Wellenkamm drehen kann. Bereits in dieser Teilphase wird der Druck verstärkt und somit die Drehung für die nächste Phase vorbereitet.

Teilphase IV:

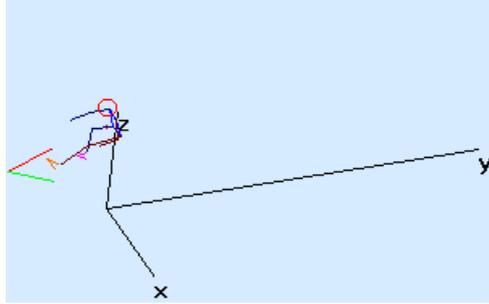


Abb. 105a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

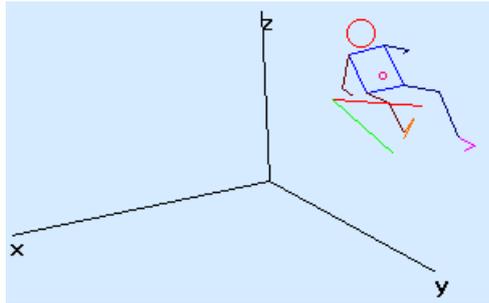


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

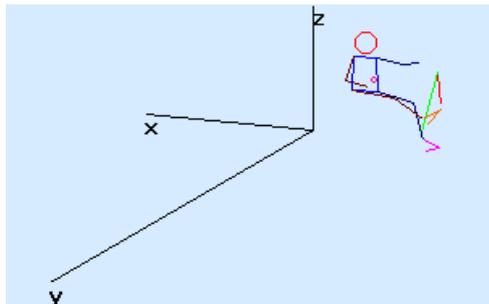


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

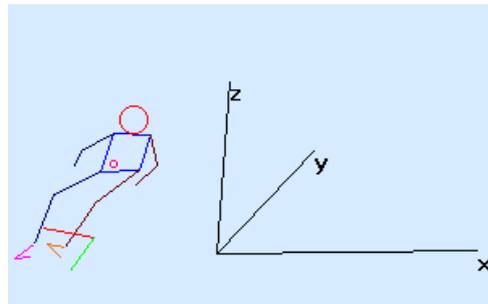


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt an der Wellenwand entlang. Die Belastung liegt verstärkt auf den Fersen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage (rückwärtig) und in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel bleiben in ihrem Verhältnis gesehen gleich, wobei beide im gleichen Maße etwas größer werden. Dies liegt daran, dass der Surfer in dieser Phase schon den Wellenkamm erreicht hat und durch den verstärkten Druck auf das Tail der rechte Kniewinkel größer wird und sich so das rechte Kniegelenk streckt. Erst durch den verstärkten Druck auf das Tail kann die Drehung erfolgen. Der Surfer verstärkt nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach vorne, so beginnt es zu drehen. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das Board nach hinten zieht.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fersen entsteht. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb vor dem Körper auf Höhe der Hüfte.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass sich der Surfer zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Das bedeutet hier, dass er über seine linke Schulter bereits ins Wellental blickt. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Das bedeutet, dass die Hüftachse, die eine große Bedeutung bei der Drehung des Brettes einnimmt, die Vorrotation der Schulterachse aufgeholt hat, indem sie nachgedreht hat. Erst durch diese Rotation der Hüftachse wird die Drehung des Surfers mit dem Surfboard zusammen komplett. Nur ein Druck auf das Tail des Boardes in Verbindung mit dem Nach-vorne-Schieben des rechten und Nach-hinten-Ziehen des linken Beines würde den Surfer selbst nicht mitdrehen. Dies wird bei anderen Turns, wie dem Snap, zwar gerade ausgenutzt, ist aber hier nicht das Ziel der Bewegung.

Die Körperfront ist zum Wellenkamm gerichtet, der Rücken zeigt ins Wellental, aber eine Vorrotation findet hier nur so weit statt, dass in die Fahrtrichtung vorgedreht wird. Die beiden Achsen drehen in diese Richtung und so entsteht keine Differenz.

Teilphase V:

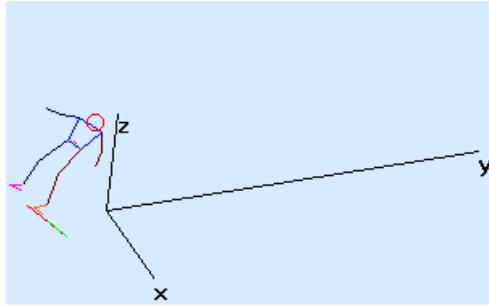


Abb. 106a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

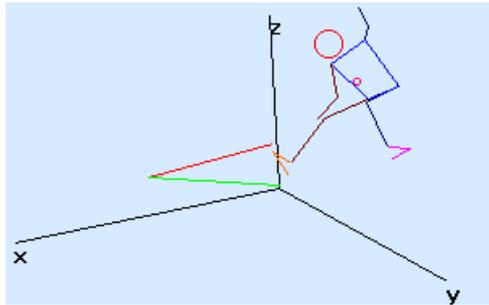


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

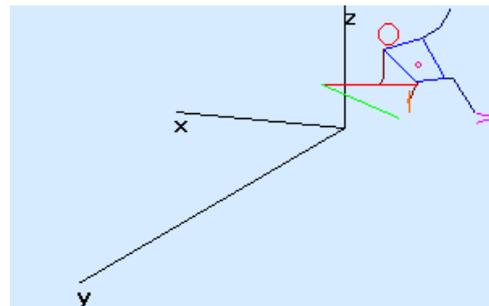


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

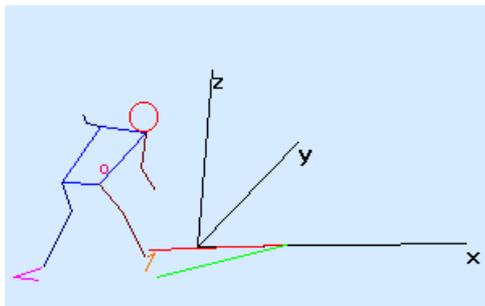


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Diagonal-Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung ist noch immer auf den Fersen und daher ist das Außenrail, die hintere Kante des Surfboards, auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die hintere Kante reduzieren muss, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Das Board muss wieder etwas gerader gestellt werden. Das geschieht durch Aufrichten des Körpers und Verlagern des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt, so dass der Körperschwerpunkt auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe des Nabels.

Nach dieser Geradestellung muss jedoch ein Impuls in eine andere Richtung folgen, denn ohne diesen würde der Surfer gerade nach vorne weiter in Richtung Strand und somit weg von der brechenden Welle fahren. In diesem Punkt beginnt die Umkehrung der Belastung.

Die Schulter- und die Hüftachse wirken in dieser Teilphase einleitend für die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards. Die Schulterachse dreht um 18° vor die Hüftachse und leitet somit die Drehung ein. Es handelt sich um eine horizontale Achsenverschiebung.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es sich um geringe Differenzen in der vertikalen Ebene handelt, welche hervorgerufen werden von der Vordrehung des Oberkörpers in die Fahrtrichtung. Die Fahrt geht zurück Richtung Curl, was bedeutet, dass der Surfer über seine linke Schulter blicken muss, um die Welle beobachten zu können. So entsteht in dieser Situation ein kleinerer linker als rechter Hüftwinkel. Das Beobachten des Verlaufs der Welle ist hier ausschlaggebend, da der Surfer nun entscheiden muss, wie weit er von dem energiereicheren, gerade brechenden Teil der Welle entfernt ist. Diese Einschätzung bestimmt den Radius seiner nächsten Turns.

Beide Knie sind gebeugt, wobei der Kniewinkel links größer ist als der Kniewinkel rechts. Der Surfer befindet sich zwar wieder in der Abwärtsfahrt, da er sich aber ebenfalls noch in der Drehung befindet, liegt das Gewicht hauptsächlich auf dem hinteren, also rechten Bein. Sein rechter Kniewinkel ist somit kleiner. Der Druck auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen, die sich unter dem hinteren Fuß befinden, wird verstärkt. Der Surfer verstärkt jedoch nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach vorne weg. So beginnt es zu drehen. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das Board nach hinten zieht.

Teilphase VI:

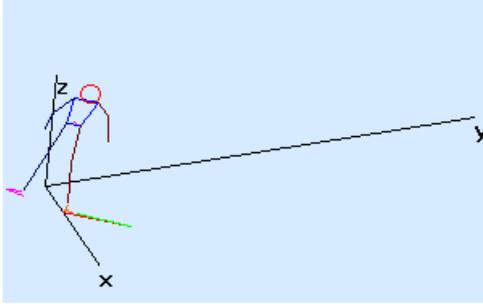


Abb. 107a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

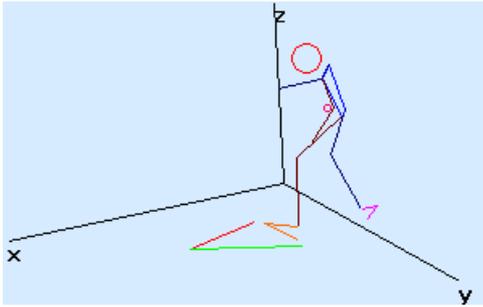


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

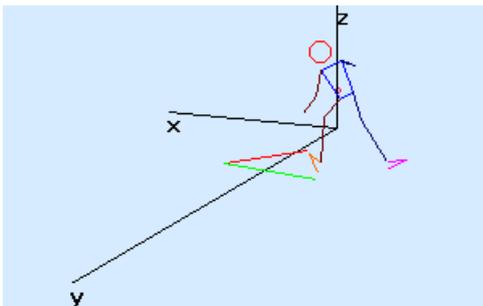


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

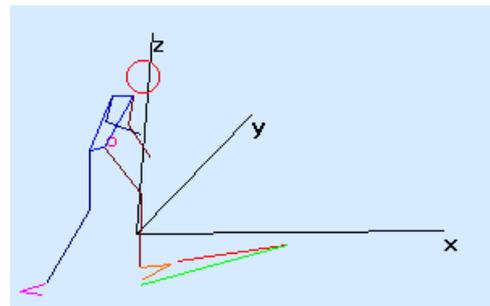


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt in Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt entlang der Wellenwand. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fersen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel gleichen sich mehr an, da sich der Surfer nun nicht mehr in der diagonal-senkrechten Abwärtsfahrt befindet, sondern parallel zur Wellenwand dreht. Die Belastung liegt weiter verstärkt auf dem hinteren Fuß. Der Druck auf das Tail des Boardes wird durch das hintere Bein kontinuierlich verstärkt. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach vorne weg. Das vordere linke Bein zieht die Nase des Brettes nach hinten und unterstützt somit die Drehung.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes, als auch durch die gleichzeitige Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fersen erreicht wird. Die verstärkte Kurveninnenlage wird

kompensiert durch den niedrigeren KSP und die verstärkte Vorlage des Oberkörpers. Der KSP liegt weiter außerhalb vor dem Körper als in der vorherigen Phase auf Höhe des Nabels. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Fallen des Surfers ins Kurveninnere.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen mit einer geringen Differenz von ca. 5° beinahe parallel. Die Hüftachse hat durch Nachdrehen die Vorrotation der Schulterachse der letzten Teilphase aufgeholt. Erst durch diese Rotation in der Hüftachse wird die Drehung des Surfers mit dem Surfboard zusammen komplett. Die geringe Differenz kommt durch die vertikale Abweichung des Hüftwinkels zustande, da der Surfer über seine linke Schulter blickt, damit er die Welle im Auge behalten kann, um entscheiden zu können, wie er seine Turns dem Verlauf der Welle anpassen kann. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, weil die Fahrt nach links weitergeht.

Teilphase VII:

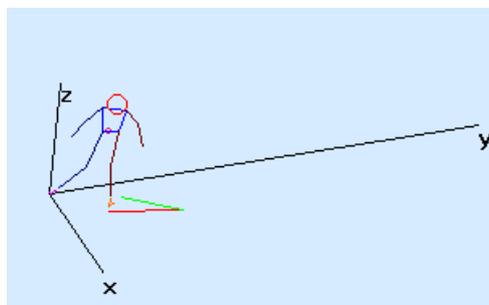


Abb. 108a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

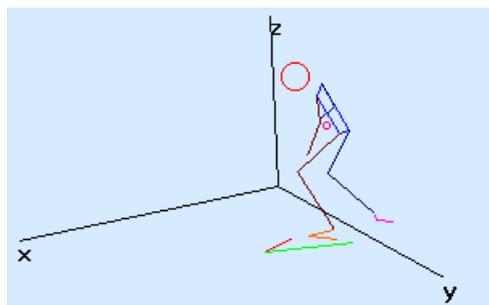


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

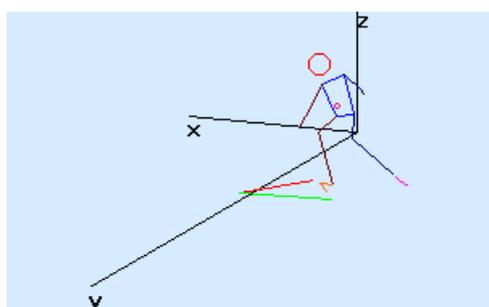


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

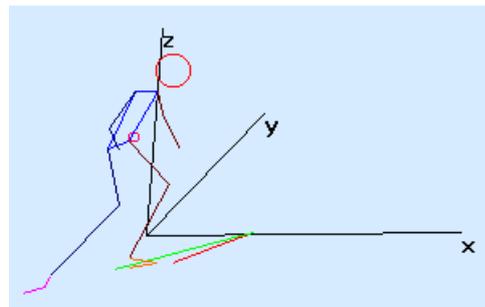


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Es geht in dieser Teilphase darum, das Board aus der parallelen Fahrt an der Wellenwand entlang wieder in eine diagonal-senkrechte Fahrt die Welle hoch zu drehen.

Die Belastung liegt zu Beginn dieser Teilphase noch immer verstärkt auf den Fersen, geht aber im Vergleich zur letzten Teilphase etwas zurück. Der Surfer muss seine Kurveninnenlage abschwächen, da er sonst weiter als gewollt drehen würde, bis hin zu einem 360° Turn. Da dies hier jedoch nicht erwünscht ist, muss zunächst im Beginn der Drehung hinein in die Senkrechte die Kurveninnenlage zurückgenommen werden, indem die Belastung auf den Fußballen reduziert wird. Im weiteren Verlauf wird das Brett zunächst wieder flach gestellt, die Backsiderail des Surfboards gräbt sich somit nicht mehr in die Wellenwand ein. Das bedeutet für den Körperschwerpunkt, dass er nicht mehr ganz so weit vor dem Körper des Surfers liegt wie in der letzten Teilphase, jedoch immer noch außerhalb und vor dem Körper auf Höhe des Nabels. Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers sind dafür verantwortlich. Die Belastung ist von den Fersen auf die Fußballen und somit auf das Frontsiderail übergegangen.

Nach dieser Geradestellung muss jedoch ein Impuls in eine andere Richtung folgen, denn ohne diesen würde der Surfer gerade nach oben aus der Welle herausfahren. In diesem Punkt beginnt die Umkehrung der Belastung.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase wieder einen wichtigen Anteil an der Drehung des Surfboards. Die Schulterachse leitet durch ihre Vorrotation die Drehbewegung ein, welche dann durch den Druck auf den Fuß weiter umgesetzt wird. Die beiden Achsen erreichen daher eine Differenz von ca. 10° zueinander. Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen auf, dass es sich hier wieder nur um eine kleinere vertikale Abweichung handelt, die durch die Vorrotation in die Fahrtrichtung und die Aufwärtsfahrt erklärt werden kann. Das Beobachten des Verlaufs der Welle ist hier entscheidend, da der Surfer mit dem Cutback versucht, wieder in den energiereicheren, gerade brechenden Teil der Welle zu gelangen.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt und somit wird der Wert des Kniewinkels kleiner. Da die Belastung noch immer auf dem hinteren, rechten Bein liegt, ist auch dieser Winkel kleiner geworden. Diese Voraussetzung benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett in der nächsten Teilphase aus der Senkrechten in die Waagerechte, also parallel zum Wellenkamm drehen kann. Das Gewicht muss dazu verstärkt auf dem hinteren Bein sein, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann. Bereits in dieser Teilphase wird der Druck verstärkt und somit die Drehung für die nächste Teilphase vorbereitet.

Teilphase VIII:

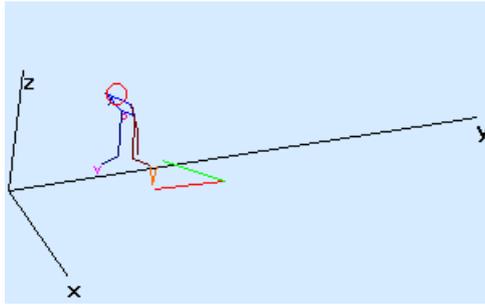


Abb. 109a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

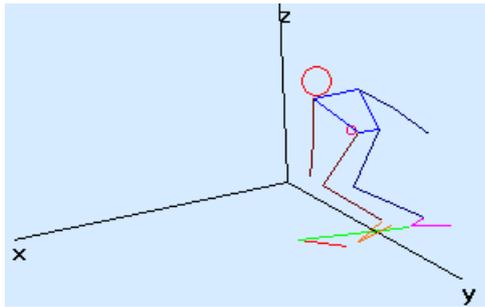


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

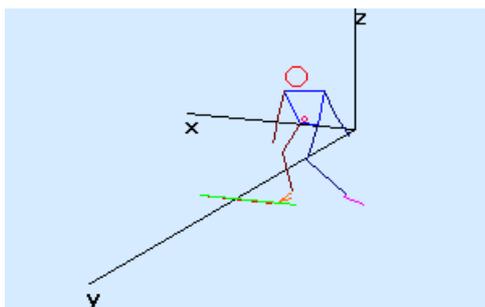


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

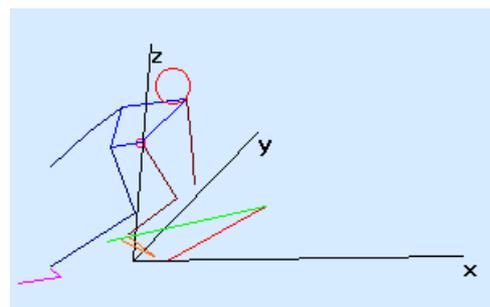


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der senkrechten Fahrt in Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt entlang der Wellenwand. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und in der Drehung befindet.

Das hintere Kniegelenk wird etwas mehr gestreckt, da sich der Surfer nun nicht mehr in der Aufwärtsfahrt befindet. Die Belastung liegt zwar immer noch verstärkt auf diesem Bein, ist aber in der Parallelfahrt etwas zurückgegangen. Der Druck auf das Tail wird auch in dieser Phase wieder benötigt, um die Drehung durchzuführen. Des Weiteren wird der Druck auf das Surfbrett nach hinten verstärkt. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das Board nach vorne schiebt.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes, als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fußballen erfolgt. Der Surfer würde eigentlich ins Kurveninnere kippen, dies wird

jedoch wieder durch die immer noch vorhandene Beugung in den Knie- und Hüftgelenken verhindert. Dadurch erreicht der Surfer eine tiefe Körperhaltung und senkt somit seinen KSP. Durch ein leichtes Aufrichten im Oberkörper, zu erkennen an den etwas größer gewordenen Hüftwinkeln, bringt er den KSP wieder näher zum Körper und befindet sich wieder in einer stabilen Lage, aus der er nicht ins Kurveninnere kippt. Zusätzlich verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft ein Umfallen des Surfers ins Kurveninnere. Der KSP liegt außerhalb, vor dem Körper auf Höhe der Hüfte.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Die Hüftwinkel zeigen eine vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Das bedeutet hier, dass er bereits in das Wellental blickt, um zu entscheiden, wie groß der Radius des restlichen Cutbacks werden darf. Dabei muss der Surfer darauf achten, dass er nicht zu nahe an den brechenden Teil der Welle herankommt, da er sonst von ihrer Kraft vom Board gespült werden könnte. Andererseits muss er aber auch nahe genug an diesen Teil surfen, weil er sonst nicht genug Fahrt für die nächsten Turns zur Verfügung hat. So ist der linke Hüftwinkel kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Teilphase IX:

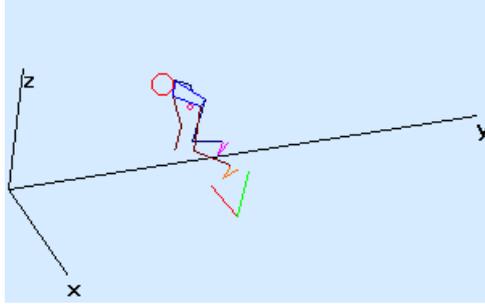


Abb. 110a) Cutback frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

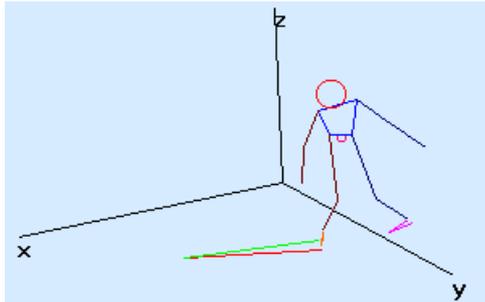


Abb. c) Cutback frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

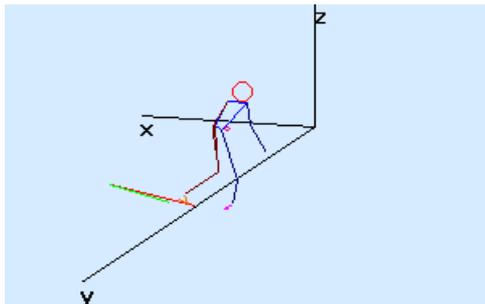


Abb. e) Cutback frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

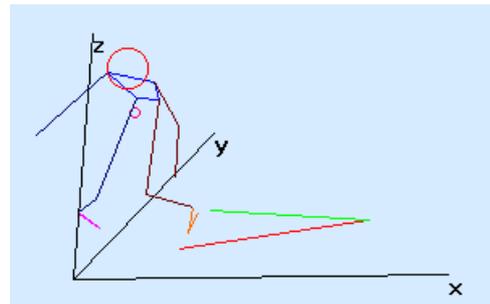


Abb. f) Cutback frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Diese Phase endet wie die Teilphase I begonnen hat. Sie wird hier noch einmal zur Vervollständigung eingefügt, da der Cutback in diese Richtung weitergehen muss. Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung liegt noch immer auf den Fußballen und daher ist das Innenrail, die vordere Kante des Surfboards, auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die vordere Kante reduzieren muss, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Das Board muss wieder etwas gerader gestellt werden. Das geschieht durch Aufrichten des Körpers, zu erkennen an den größer gewordenen Hüftwinkeln und durch Verlagerung des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt, so dass der Körperschwerpunkt auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüfte.

Die Schulter und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 10° zueinander. Hier wird wieder die wichtige Aufgabe der Vorrotation für die folgende Drehung deutlich. Die Schulterachse dreht um 10° vor die Hüftachse und leitet somit die Rotation ein. Es handelt sich um eine horizontale Achsenverschiebung. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in der selben Größenordnung bewegen.

Beide Knie sind etwa gleich stark gebeugt. Der Surfer befindet sich wieder in der Abwärtsfahrt und nimmt somit, physikalisch bedingt, mehr Gewicht als in der Parallelfahrt auf das vordere Bein. Da er sich aber auch noch in der Drehung befindet, ist das Gewicht noch immer stark auf dem hinteren also rechten Bein. Daher sind die Winkel hier beinahe gleich groß. Der Surfer verstärkt nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach hinten. Das vordere linke Bein unterstützt diese Drehung, indem es das Board nach vorne schiebt.

5.3.4 Cutback backside

Der Bewegungsverlauf ist hier äquivalent zum Cutback frontside, nur dass der Surfer die Welle hier in seinem Rücken hat. Er kann sie nur beobachten, indem er in den Backsidephasen des Turns über seine Schulter blickt. In diesen Phasen erfährt der gesamte Körper eine gewisse Tordierung.



Abb. 111 Cutback backside

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung über den zu betrachtenden Turn zu liefern, geben zunächst Abbildungen mit allen neun Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte des Turn.

Teilphasen I – IX

(inklusive Verbindungsüberlagerung):



Abb. 112a) Cutback backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

Nur Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und Fuß links):

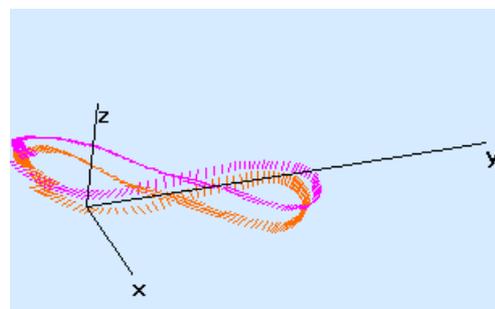


Abb. b) Cutback backside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

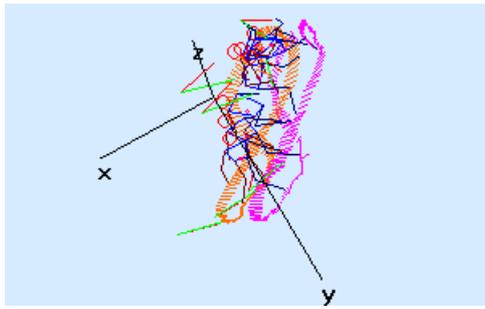


Abb. c) von der Seite - oben
($X= 5^\circ$; $Y= 30^\circ$; $Z= 305^\circ$)

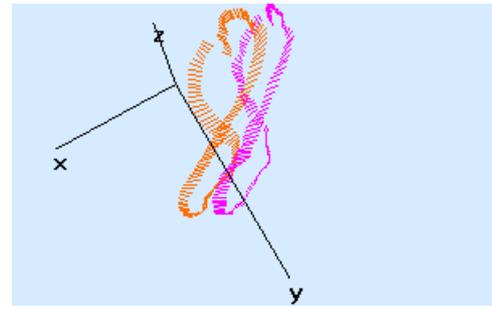


Abb. d) von der Seite - oben
($X= 5^\circ$; $Y= 30^\circ$; $Z= 305^\circ$)

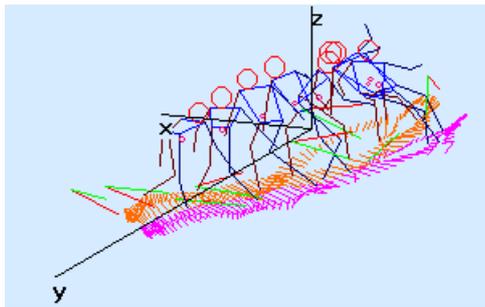


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

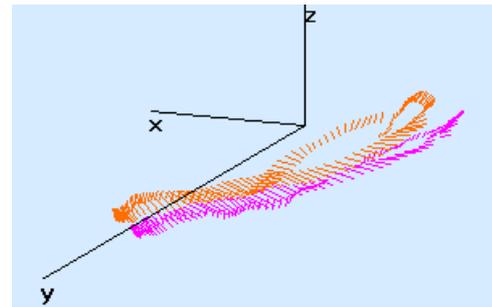


Abb. f) Cutback backside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

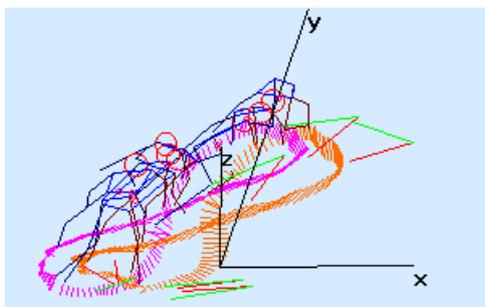


Abb. g) Cutback backside von vorne - oben
($X= 355^\circ$; $Y= 11^\circ$; $Z= 100^\circ$)

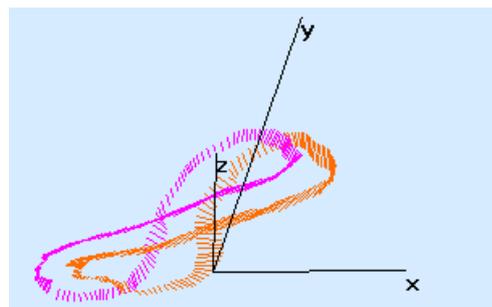


Abb. h) von vorne - oben
($X= 355^\circ$; $Y= 11^\circ$; $Z= 100^\circ$)



Abb. i) Bottom Turn frontside von oben
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 0^\circ$)

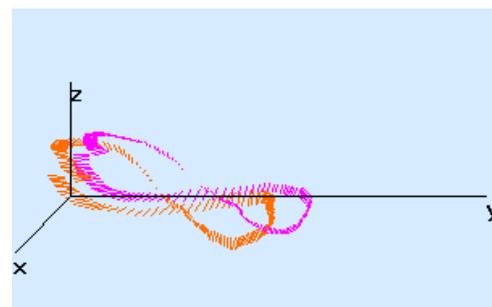


Abb. j) Bottom Turn frontside von oben
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 0^\circ$)

Eine Zusammenfassung aller gemessenen und untersuchten Cutbacks frontside hat folgendes Gesamtergebnis und folgenden Mittelwert erbracht. Die ausführlichen Tabellen mit allen Werten sind im Anhang 8 zu finden.

Cutback backside	Gesamt								
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV	TPh V	TPh VI	TPh VII	TPh VIII	TPh IX
<u>Knie-Hüftwinkel</u>									
Kniewinkel li X	2225,10	2113,80	1720,06	1968,89	2298,29	2322,30	2588,82	2691,58	355,51
Kniewinkel re X	2026,86	2257,99	1924,82	2150,21	2318,74	2333,07	2146,54	2222,65	373,30
Hüftwinkel li X	1753,04	1822,91	1531,92	1922,32	2128,69	1714,78	1384,94	1668,40	313,98
Hüftwinkel re X	1880,36	2174,14	1915,21	2303,55	2173,22	1834,32	1341,27	1764,34	363,48
<u>Schulter-Hüftachsen</u>									
Schulter_zu_YZ(in °)	791,29	356,41	479,67	1079,29	1397,78	644,09	1075,81	1419,34	169,73
Hüfte_zu_YZ(in °)	1063,37	478,03	638,61	1103,62	1191,67	628,02	794,63	1430,89	198,91
Diff_S-H-Winkel(in °)	-272,11	-121,61	-158,91	-24,34	206,11	16,09	281,15	-11,54	-29,18
<u>Körperschwerpunkt</u>									
KSP (zu Z in cm)	13,79	13,03	13,37	12,96	12,70	14,21	14,09	14,38	2,46

Tab. 15 a) Cutback backside: Gesamt aller Fahrten

Cutback backside	Mittelwert								
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV	TPh V	TPh VI	TPh VII	TPh VIII	TPh IX
<u>Knie-Hüftwinkel</u>									
Kniewinkel li X	123,62	117,43	95,56	109,38	127,68	129,02	143,82	149,53	118,50
Kniewinkel re X	112,60	125,44	106,93	119,46	128,82	129,62	119,25	123,48	124,43
Hüftwinkel li X	97,39	101,27	85,11	106,80	118,26	95,27	76,94	92,69	104,66
Hüftwinkel re X	104,46	120,79	106,40	127,98	120,73	101,91	74,52	98,02	121,16
<u>Schulter-Hüftachsen</u>									
Schulter_zu_YZ(in °)	43,96	19,80	26,65	59,96	77,65	35,78	59,77	78,85	56,58
Hüfte_zu_YZ(in °)	59,08	26,56	35,48	61,31	66,20	34,89	44,15	79,49	66,30
Diff_S-H-Winkel(in °)	-15,12	-6,76	-8,83	-1,35	11,45	0,89	15,62	-0,64	-9,73
<u>Körperschwerpunkt</u>									
KSP (zu Z in cm)	0,77	0,72	0,74	0,72	0,71	0,79	0,78	0,80	0,82

Tab. 15 b) Cutback backside: Mittelwert aller Fahrten

Im Folgenden wird nun der Cutback backside in seine neun Teilphasen unterteilt und somit genauer betrachtet.

Teilphase I:

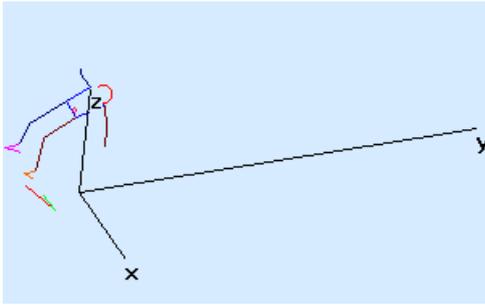


Abb. 113a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

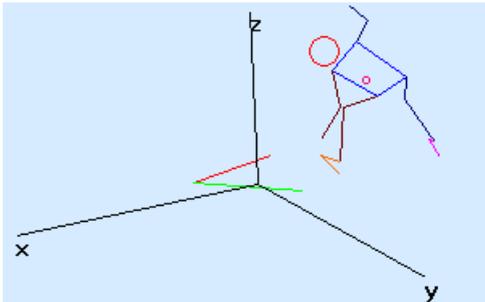


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

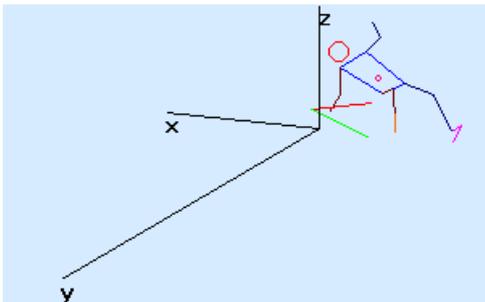


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

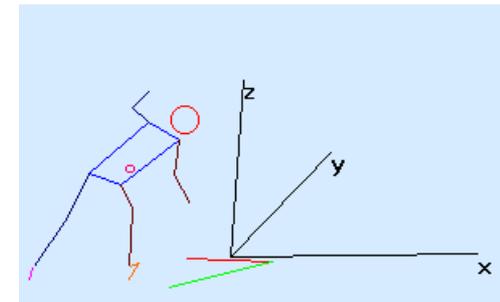


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm. Er hat die Welle in seinem Rücken und das Surfboard befindet sich in senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung ins Wellental. Die Belastung liegt mehr auf den Fersen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage einnimmt.

Die Schulter- und die Hüftachse übernehmen in dieser Teilphase wiederum vorbereitende Funktion für die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards. Die Schulterachse dreht um 15° vor der Hüftachse vor und leitet somit die Drehung ein. Es handelt sich um eine horizontale Achsenverschiebung.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es sich nur um geringe Differenzen in der vertikalen Ebene handelt, welche hervorgerufen werden von der Vordrehung des Oberkörpers in die Fahrtrichtung. Das bedeutet, dass der Surfer über seine linke Schulter blicken muss, um

die Welle beobachten zu können. So entsteht in dieser Situation ein kleinerer linker als rechter Hüftwinkel.

Beide Knie sind gebeugt, wobei der Kniewinkel links größer als der Kniewinkel rechts ist. Der Surfer befindet sich zwar in der Abwärtsfahrt, aber da er sich ebenfalls schon auf die Drehung vorbereitet, liegt das Gewicht hauptsächlich auf dem hinteren rechten Bein, und daher ist auch der Winkel dieses Knies kleiner. Der Druck ist auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen gerichtet. Der Surfer verstärkt aber nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach vorne weg, so dass es zu drehen beginnt. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das Board nach hinten zieht.

Da der Oberkörper des Surfers aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt ist und bereits eine leichte Kurveninnenlage auf der Backsidekante vorliegt, befindet sich der KSP außerhalb des Körpers. Er ist vor dem Surfer auf Höhe des Nabels zu finden.

Teilphase II:

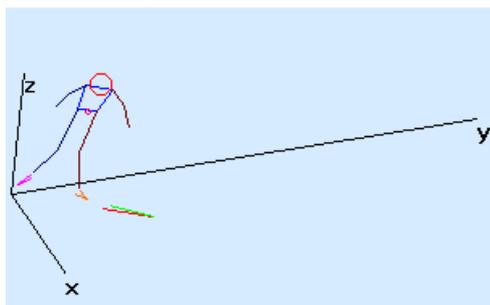


Abb. 114a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

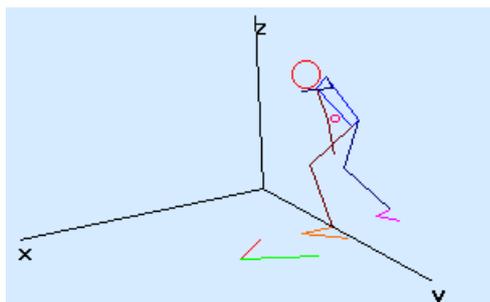


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

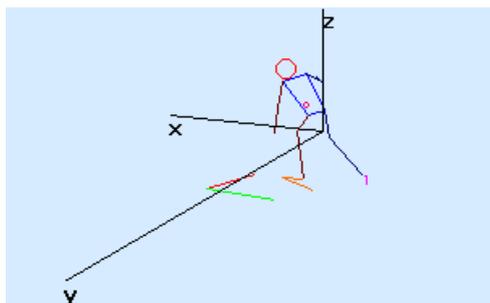


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

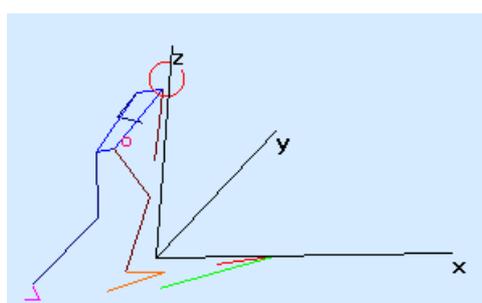


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt in Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt an der Wellenwand entlang. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fersen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und in der Drehung befindet.

Weil die Abwärtsfahrt inzwischen beendet ist, ist der Kniewinkel rechts etwas größer geworden als in der letzten Teilphase. Die Belastung liegt aber weiter verstärkt auf dem hinteren Fuß. Der Druck auf das Tail des Boardes wird durch das hintere Bein kontinuierlich verstärkt. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach vorne weg, so dass es sich dreht. Das vordere linke Bein ist wieder unterstützend tätig. Es zieht die Nase des Brettes, die durch den Druck auf das Tail zu drehen beginnt, nach hinten.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die gleichzeitige verstärkte Verlagerung des Gewichtes auf die Fersen erreicht wird. Die Kurveninnenlage wird kompensiert durch den niedrigeren KSP und die verstärkte Vorlage des Oberkörpers. Der KSP liegt weiter außerhalb vor dem Körper als in der vorherigen Phase, auf Höhe des Nabels. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Umkippen des Surfers ins Kurveninnere.

Die Schulter und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen mit nur einer geringen Differenz von ca. 6° beinahe parallel, da die Hüftachse durch Nachdrehen die Vorrotation der Schulterachse der letzten Teilphase aufgeholt hat. Die Differenz von 6° kommt durch die vertikale Abweichung des Hüftwinkels zustande, der dadurch entsteht, dass der Surfer sich in die Fahrtrichtung leicht vordreht und über seine linke Schulter blickt, damit er die Welle stets im Auge behält, um entscheiden zu können, wie er seine Turns dem Verlauf der Welle anpassen kann. So ist der linke Hüftwinkel kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Teilphase III:

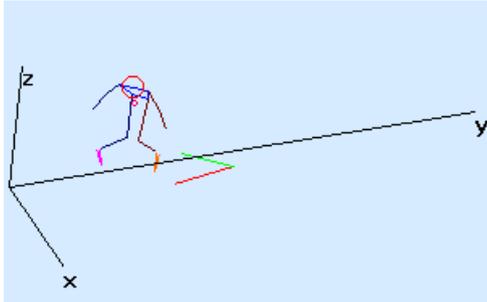


Abb. 115a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

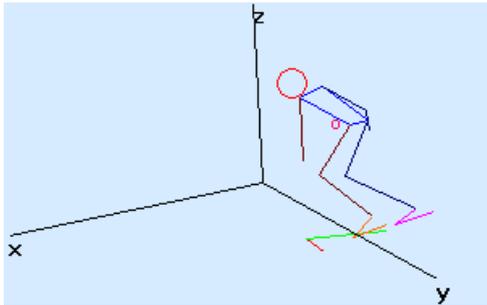


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

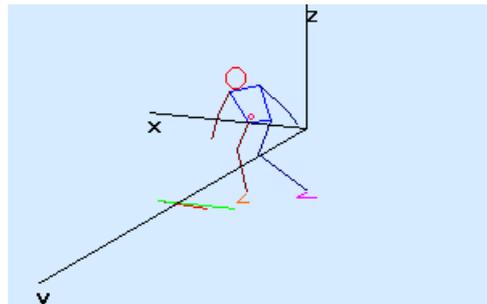


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

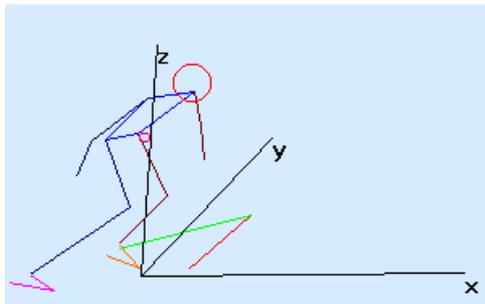


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Es geht in dieser Teilphase darum das Board aus der parallelen Fahrt an der Wellenwand entlang wieder in eine diagonal-senkrechte Position zur Welle zu drehen.

Die Belastung liegt zu Beginn dieser Teilphase noch immer verstärkt auf den Fersen, geht aber im Vergleich zur letzten Teilphase etwas zurück. Der Surfer muss seine Kurveninnenlage abschwächen, da er sonst weiter als gewollt drehen würde, bis hin zu einem 360° Turn. Da dies hier jedoch nicht erwünscht ist, muss zunächst am Beginn der Drehung hinein in die Senkrechte die Kurveninnenlage zurückgenommen werden, indem die Belastung auf den Fußballen reduziert wird. Im weiteren Verlauf wird das Brett zunächst wieder flach gestellt, wodurch die Backsiderail des Surfboards sich nicht mehr in die Wellenwand eingräbt. Das bedeutet für den Körperschwerpunkt, dass er nicht mehr ganz so weit vor dem Körper des Surfers liegt wie in der letzten Teilphase, jedoch immer noch außerhalb und vor dem Körper auf Höhe der Hüfte. Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des

Oberkörpers sind dafür verantwortlich. Die Belastung ist von den Fersen auf die Fußballen und somit auf das Frontsiderail übergegangen.

Nach der Geradestellung muss ein Impuls in eine andere Richtung folgen, denn ohne diesen würde der Surfer gerade nach oben aus der Welle herausfahren. In diesem Punkt beginnt die Umkehrung der Belastung.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase wieder einen wichtigen Anteil an der Drehung des Surfboards. Die Schulterachse leitet durch ihre Vorrotation die Drehbewegung ein, welche dann durch den Druck auf den Fuß weiter umgesetzt wird. Die beiden Achsen erreichen daher wieder eine Differenz von ca. 9° zueinander. Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen auf, dass es sich hier wieder nur um eine kleinere vertikale Abweichung handelt, die durch die Vorrotation in die Fahrtrichtung und die Aufwärtsfahrt erklärt werden kann.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt und somit wird der Wert des Kniewinkels kleiner. Da die Belastung noch immer auf dem hinteren rechten Bein liegt, ist auch dieser Winkel kleiner geworden. Diese Voraussetzung benötigt der Surfer wieder, damit er das Surfbrett in der nächsten Teilphase aus der Senkrechten in die Waagerechte, also parallel zum Wellenkamm, drehen kann. Das Gewicht muss dazu verstärkt auf dem hinteren Bein liegen, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann. Bereits in dieser Teilphase wird der Druck verstärkt und somit die Drehung für die nächste Phase vorbereitet.

Teilphase IV:

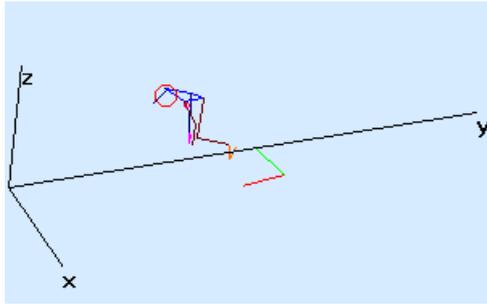


Abb. 116a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

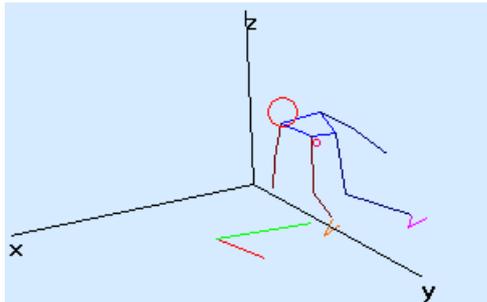


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

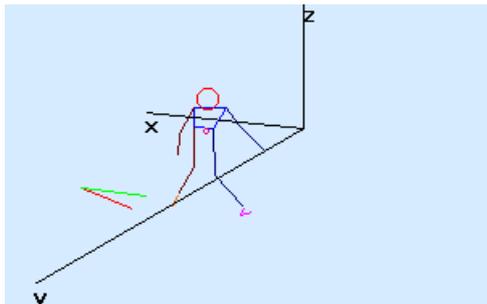


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

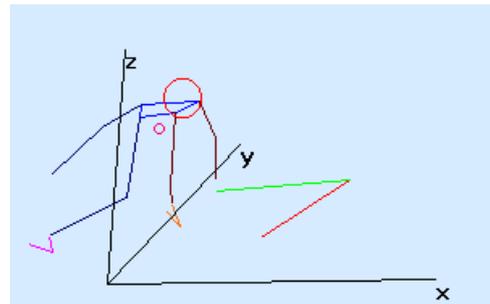


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der senkrechten Fahrt Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt entlang an der Wellenwand. Die Belastung liegt noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und in der Drehung befindet.

Beide Kniegelenke sind etwas mehr gestreckt als zuvor, da sich der Surfer nicht mehr in der Aufwärtsfahrt befindet. Die Belastung liegt zwar immer noch verstärkt auf dem hinteren rechten Bein, ist aber in der Parallelfahrt etwas zurückgegangen. Der Druck auf das Tail wird aber auch in dieser Phase wieder benötigt, um die Drehung durchzuführen. Es wird nicht nur der Druck auf das Tail, sondern auch der Zug dieses Beines an dem Surfboard nach hinten verstärkt. Das vordere linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das Board nach vorne schiebt.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr

auf die Fußballen erfolgt. Der Surfer würde eigentlich ins Kurveninnere kippen, was jedoch durch die grundsätzliche Beugung in den Knie- und Hüftgelenken verhindert wird. Dadurch erreicht der Surfer eine tiefe Körperhaltung und senkt somit seinen KSP. Durch ein leichtes Aufrichten im Oberkörper, zu erkennen an den größer gewordenen Hüftwinkeln, bringt der Surfer den KSP wieder näher an seinen Körper heran und befindet sich in einer stabilen Lage, aus der er nicht ins Kurveninnere kippt. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Nach-innen-Fallen des Surfers.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Das bedeutet, dass die Hüftachse die Vorrotation der Schulterachse durch Nachdrehen aufgeholt hat.

Die Hüftwinkel zeigen eine vertikale Abweichung voneinander, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber bereits hier zurück zum Curl blicken muss, um zu entscheiden, wie groß der Radius der nächsten Turns werden darf, damit er wieder in den energiereicheren, gerade brechenden Teil der Welle zurück gelangen kann. Da die Fahrt weiter in die Richtung der linken Schulter geht, bedeutet das für den Hüftwinkel links, dass er kleiner als der rechte ist.

Teilphase V:

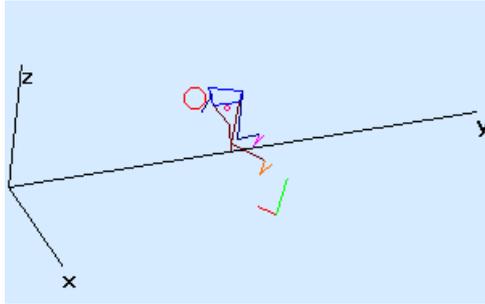


Abb. 117a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

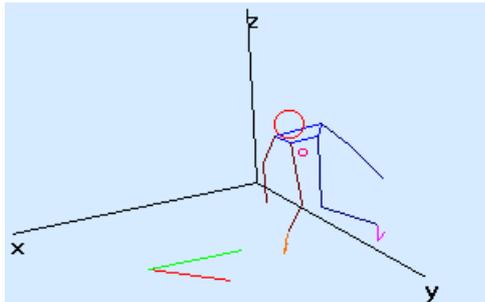


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

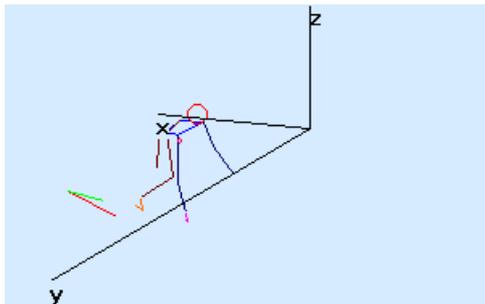


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

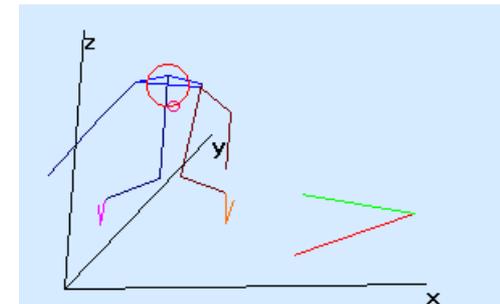


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung liegt noch immer auf den Fußballen und daher ist das Innenrail, die vordere Kante des Surfboards, auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die vordere Kante reduzieren muss, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Das Board muss wieder etwas gerader gestellt werden. Das geschieht durch Aufrichten des Körpers, zu erkennen an den größer gewordenen Hüftwinkeln und durch Verlagern des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt, so dass der KSP auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüfte.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 12° zueinander. Hier wird wieder die wichtige Aufgabe der Vorrotation für die folgende Drehung deutlich. Die Schulterachse dreht um 12° vor der Hüftachse und leitet somit die Rotation ein. Es handelt sich um eine horizontale Achsenverschiebung. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in der selben Größenordnung bewegen.

Beide Knie sind etwa gleich stark gebeugt. Der Surfer befindet sich wieder in der Abwärtsfahrt und legt somit mehr Gewicht auf das vordere Bein als in der Parallelfahrt. Da er sich aber auch noch in der Drehung befindet, ist das Gewicht immer noch stark auf dem hinteren, also rechten Bein. Daher sind die Kniewinkel hier beinahe gleich groß. Der Druck auf das hintere Bein und somit auch auf die Finnen wird verstärkt. Gleichzeitig schiebt der Surfer mit dem rechten Fuß das Board nach hinten. Das linke Bein unterstützt diese Drehung, indem es das Board nach vorne schiebt.

Teilphase VI:

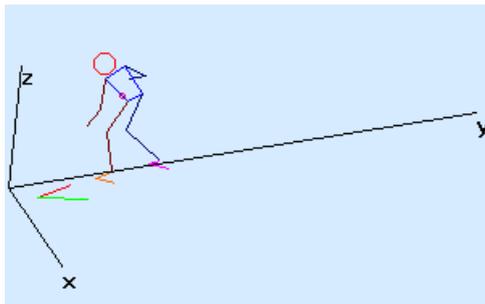


Abb. 118a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

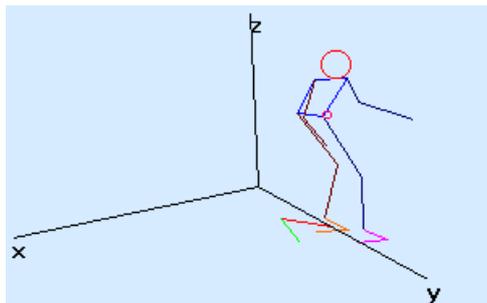


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

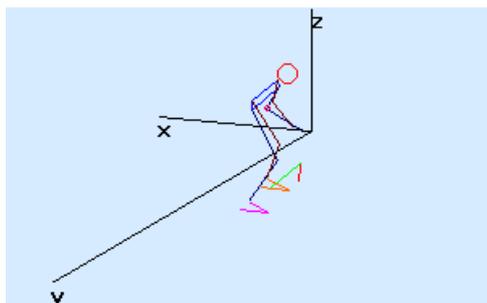


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

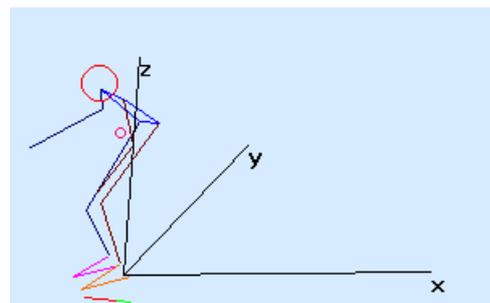


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt an der Wellenwand entlang. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und noch immer in der Drehung befindet.

Die beiden Kniegelenke sind in dieser Phase beide gleich stark gestreckt, wobei der Hauptteil der Belastung noch immer auf dem hinteren Bein liegt. Der Surfer verstärkt den Druck auf das Tail und schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach hinten. So beginnt es zu drehen. Das linke Bein beginnt schon hier die Spitze des Boards nach vorne zu schieben und unterstützt somit die Drehung in die Waagerechte.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes, als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fußballen erreicht wird. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb, vor dem Körper auf Höhe der Hüfte. Der Surfer würde eigentlich ins Kurveninnere kippen, was jedoch durch die Beugung in den Knie- und Hüftgelenken verhindert wird. Dadurch erreicht der Surfer zum einen eine tiefe Körperhaltung und senkt seinen KSP. Gleichzeitig verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft zusätzlich ein Umfallen des Surfers ins Kurveninnere.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel, was bedeutet, dass die Hüftachse die Vorrotation der Schulterachse aufgeholt und nachgedreht hat. Der Blick ist zur Wellenwand und zum Wellenkamm gerichtet, eine Vorrotation findet hier nur so weit statt, dass in die Fahrtrichtung leicht vorgedreht wird. Die beiden Achsen drehen jedoch beide horizontal in diese Richtung und daher gibt es keine Differenzen.

Teilphase VII:

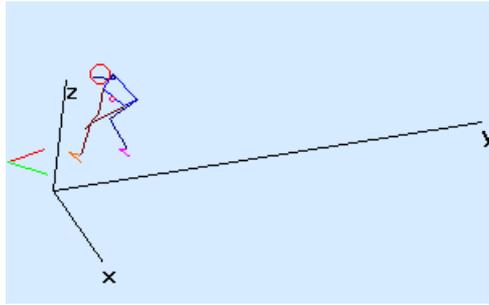


Abb. 119a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

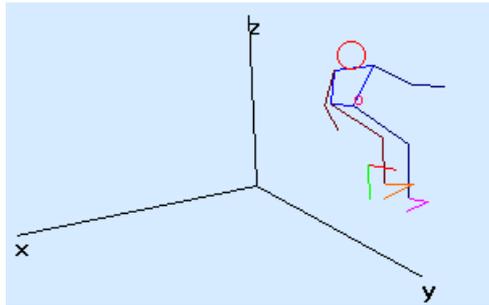


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

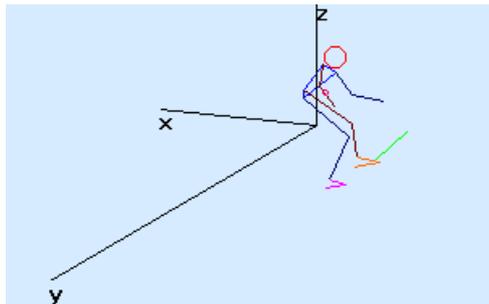


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

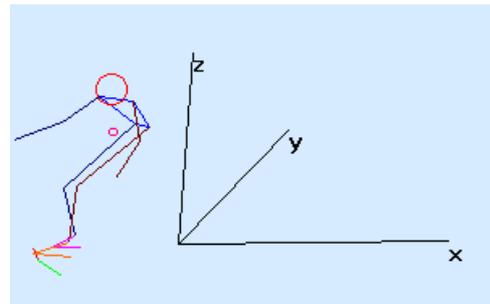


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfboard befindet sich in senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung Wellenkamm. Die Belastung geht in dieser Teilphase von den Fußballen auf die Fersen über. Ohne diese Gewichtsverlagerung würde der Surfer immer weiter in die begonnene Richtung drehen und so zu einem 360° Turn kommen. Da dies hier jedoch nicht erwünscht ist, muss zunächst im Beginn der Drehung, hinein in die Senkrechte, die Kurveninnenlage zurückgenommen werden, indem die Belastung auf den Fußballen reduziert wird. Im weiteren Verlauf wird das Brett zunächst wieder flach gestellt, so dass die vordere Kante des Surfboards sich nicht mehr in die Wellenwand eingräbt. Nach dieser Geradestellung muss jedoch ein Impuls in eine andere Richtung folgen, denn ohne diesen würde der Surfer gerade über den Wellenkamm aus der Welle hinausfahren. In diesem Punkt beginnt die Umkehrung der Belastung.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine wichtige vorbereitende Funktion für die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards. Sie leiten durch

ihre Vorrotation die Drehbewegung ein. Die beiden Achsen erreichen daher wieder eine Differenz von ca. 16° zueinander. Sie kommt dadurch zustande, dass die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert. Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es sich nur um eine horizontale Drehung der Achsen zueinander handelt, da im Vergleich der vertikalen Winkel keine Differenz auffällt.

Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers sind ebenso wie auch die leichte Kurveninnenlage des Surfers dafür verantwortlich, dass der KSP auch hier wieder außerhalb des Körpers liegt. Trotz der Einleitung eines Backsideturns, bei dem sich der Surfer mit dem Rücken zur Kurveninnenlage neigt, befindet sich der KSP vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse. Die Belastung, die oben bereits angesprochen wurde, ist nun von den Fußballen auf die Fersen und somit auf das Backsiderail des Surfboards übergegangen.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt ; sein Winkel müsste daher kleiner sein. Da aber die Belastung sehr stark auf das hintere, rechte Bein übergeht, ist nur dieser Winkel erheblich kleiner. Diese Voraussetzung benötigt der Surfer, damit er das Brett in der nächsten Teilphase aus der Senkrechten in die Waagerechte, also parallel zum Wellenkamm, drehen kann. Das Gewicht muss dazu verstärkt auf dem hinteren Bein liegen. Bereits in dieser Teilphase wird der Druck verstärkt und somit die Drehung für die nächste Phase vorbereitet.

Teilphase VIII:

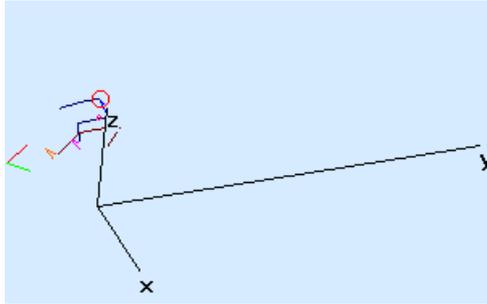


Abb. 120a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

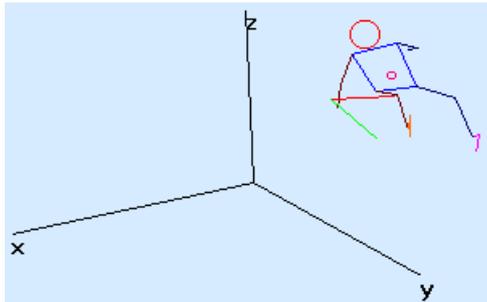


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

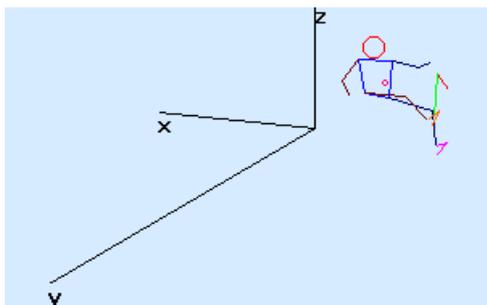


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

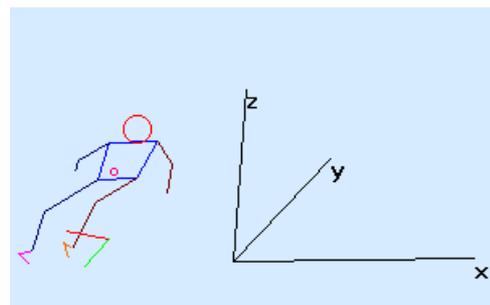


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt entlang der Wellenwand. Die Belastung liegt verstärkt auf den Fersen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage (rückwärtig) und in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel bleiben in ihrem Verhältnis gesehen relativ gleich, wobei beide im gleichen Maße etwas größer werden. Dies liegt daran, dass der Surfer in dieser Phase schon den Wellenkamm erreicht und seine tiefe Haltung aufgibt. Das hintere Kniegelenk bleibt aber weiterhin wesentlich gebeugter als das vordere, da auch mehr Belastung auf diesem Bein ruht. Durch diesen verstärkten Druck auf das Tail kann die Drehung überhaupt erst erfolgen. Der Surfer verstärkt nicht nur seinen Druck auf das Tail, er schiebt es gleichzeitig mit dem rechten Fuß nach vorne weg. Das vordere linke Bein zieht das Board nach hinten.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes, als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch weiter auf die Fersen erfolgt. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb vor dem Körper auf Höhe der Hüfte. Der Surfer würde eigentlich ins Kurveninnere kippen, was jedoch durch die Beugung in den Knie- und Hüftgelenken verhindert wird. Dadurch erreicht der Surfer zum einen eine tiefe Körperhaltung und senkt somit seinen KSP. Zudem verhindert die durch die Geschwindigkeit der Fahrt entstandene Zentrifugalkraft, dass der Surfer ins Kurveninnere fällt.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander auf, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. Das bedeutet hier, dass er über seine linke Schulter bereits in Wellental blicken muss. Der linke Hüftwinkel ist etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht. Das Beobachten des Verlaufs der Welle ist hier entscheidend, da der Surfer mit dem Cutback versucht, wieder in den energiereicheren, gerade brechenden Teil der Welle zu gelangen. Dabei muss er zum einen nah genug an den brechenden Teil herankommen, zum anderen aber nicht zu tief in diesen Bereich fahren, weil er sonst von der Kraft der Welle von seinem Surfboard geworfen werden könnte.

Schulter- und Hüftachse verlaufen in dieser Phase parallel, was bedeutet, dass die Hüftachse die Vorrotation der Schulterachse durch Nachdrehen aufgeholt hat. Würde nur ein Druck auf das Tail des Boardes in Verbindung mit dem Nach-vorne-Schieben des rechten und dem Nach-hinten-Ziehen des linken Beines durchgeführt, würde der Surfer selbst nicht mitdrehen.

Teilphase IX:

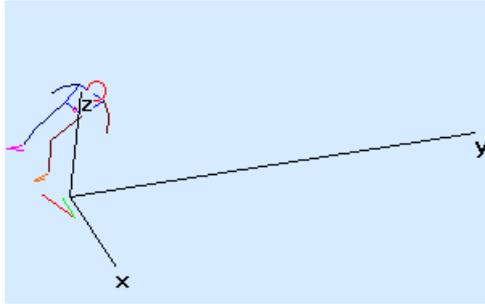


Abb. 121a) Cutback backside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

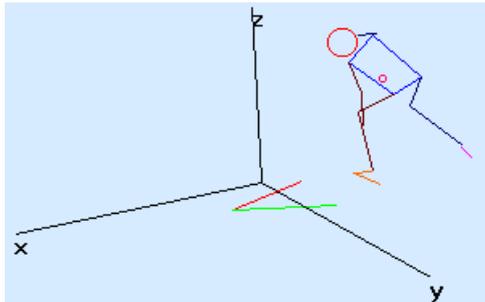


Abb. c) Cutback backside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

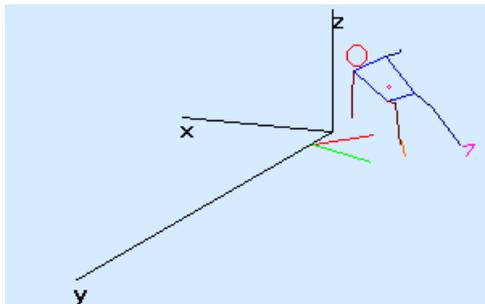


Abb. e) Cutback backside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

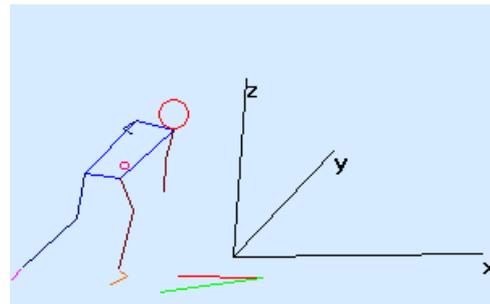


Abb. f) Cutback backside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Diese Phase endet, wie die Teilphase I begonnen hat. Sie wird hier noch einmal zur Vervollständigung eingefügt, da der Cutback in diese Richtung weiter gehen muss. Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Diagonal-Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung ist noch immer auf den Fersen und daher ist das Außenrail auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die hintere Kante reduzieren muss, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Das Board muss wieder etwas gerader gestellt werden. Das geschieht durch Aufrichten des Körpers und Verlagern des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt, so dass der Körperschwerpunkt auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe des Nabels.

Nach dieser Geradestellung muss jedoch ein Impuls in eine andere Richtung folgen, denn ohne diesen würde der Surfer gerade nach vorne weiter in Richtung Strand und somit weg von der brechenden Welle fahren.

Schulter- und Hüftachse leiten in dieser Teilphase wieder die in der nächsten Phase folgende Drehung des Surfboards ein. Die Schulterachse dreht um 10° vor der Hüftachse vor. Es handelt sich um eine horizontale Achsenverschiebung.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es sich nur um geringe Differenzen in der vertikalen Ebene handelt, welche von der Vordrehung des Oberkörpers in die Fahrtrichtung hervorgerufen werden. Die Fahrt geht wieder vom Curl weg und in die Brechungsrichtung der Welle weiter, was bedeutet, dass der Surfer über seine linke Schulter blicken muss, um die Welle beobachten zu können. So entsteht in dieser Situation ein kleinerer linker als rechter Hüftwinkel. Durch das Beobachten der Welle an dieser Stelle kann der Surfer frühzeitig entscheiden, welchen Turn er als nächsten vornehmen will.

Beide Knie sind gebeugt, wobei der Kniewinkel links kleiner als der Kniewinkel rechts ist, da sich der Surfer wieder in der Abwärtsfahrt befindet. Da er sich aber immer noch in der Drehung befindet, bleibt die Belastung verstärkt auf dem rechten Bein erhalten.

5.4 Take off frontside (Fallstudie)

Da es sich bei dem Take off um die erste Technik handelt, die ein Surfer ausführt, um eine Welle im Stehen surfen zu können, muss er bereits beim Paddeln genau beobachten, wie die Welle bricht. Durch kraftvolles Anpaddeln muss der Surfer zunächst seine Geschwindigkeit an die der Welle anpassen, damit er von ihr im weiteren Verlauf mitgenommen wird. Erst dann beginnt die eigentliche Aufstehbewegung, welche hier als Fallbeispiel mit der Bewegungsanalyse eines Take off frontside beschrieben werden soll.

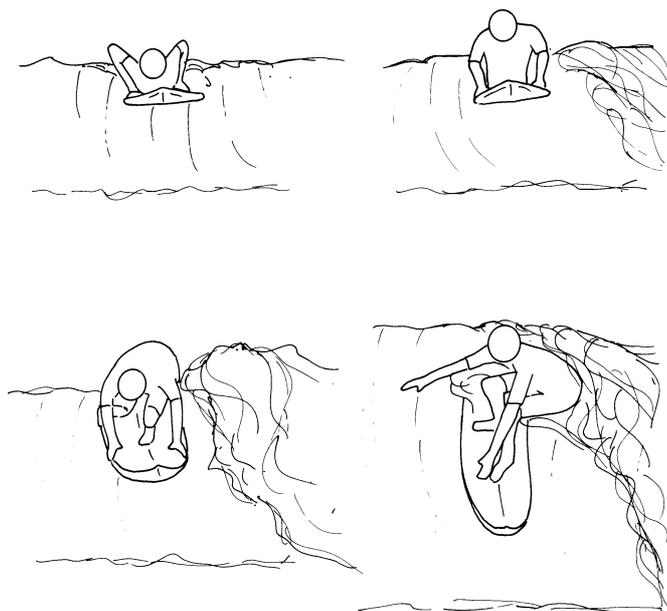


Abb. 122 Take off

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung zu liefern, geben wieder zunächst Abbildungen mit allen Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte der Gesamtbewegung.

Teilphasen I – IX

(inklusive Verbindungsüberlagerung):

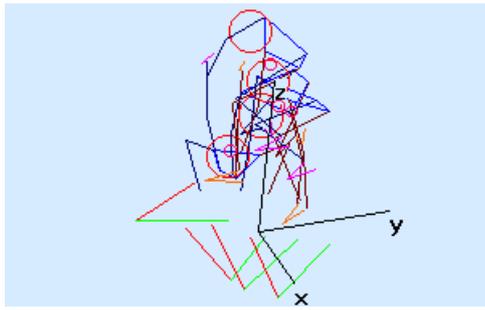


Abb. 123a) Take off frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

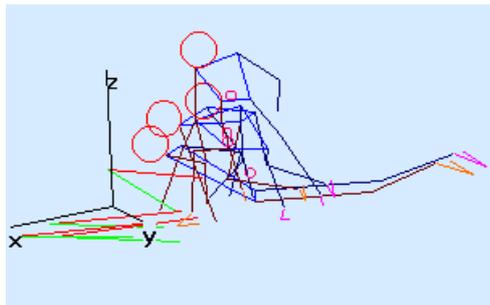


Abb. c) Take off frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)

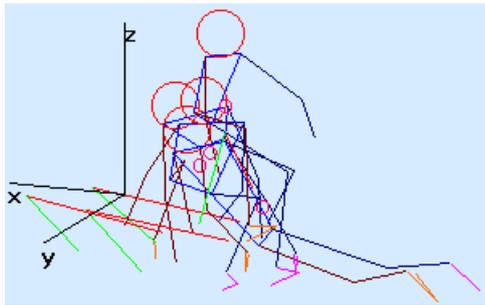


Abb. e) Take off frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

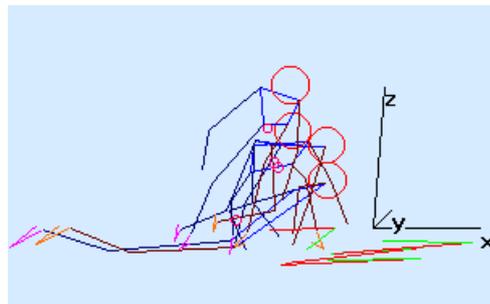


Abb. g) Take off backside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Nur Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und Fuß links):

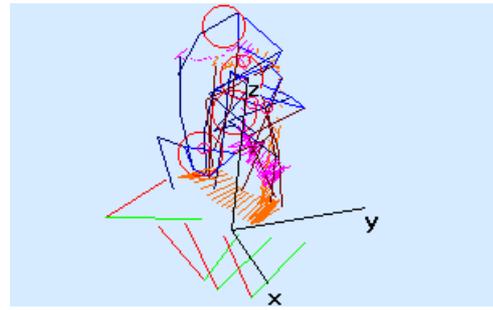


Abb. b) Take off frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

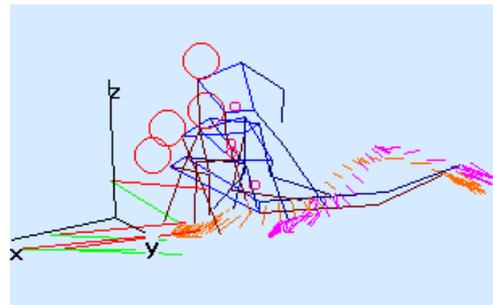


Abb. d) Take off frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)

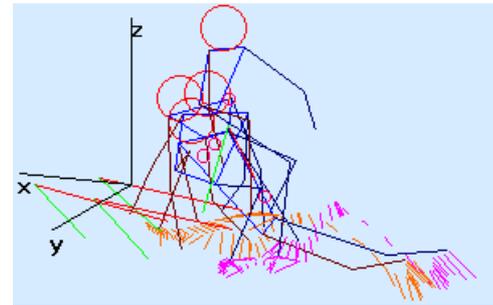


Abb. f) Take off frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)



Abb. h) Take off backside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

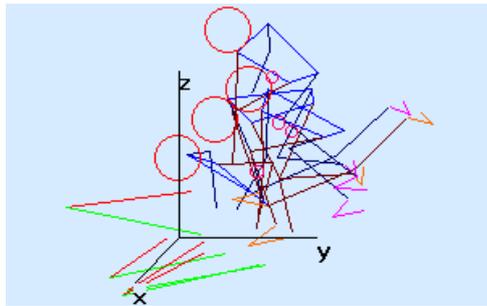


Abb. i) Take off frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

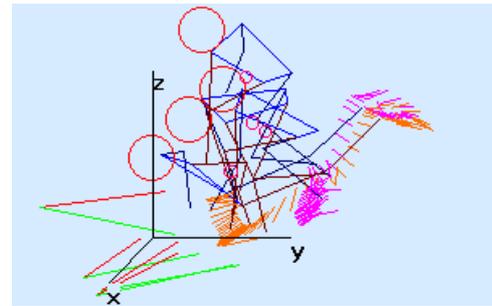


Abb. j) Take off frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

Die Messung des einen untersuchten Take offs frontside hat folgendes Ergebnis erbracht (siehe auch die Tabelle im Anhang 9).

Take off frontside					
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV	TPh V
<u>Knie-Hüftwinkel</u>	0,04	0,26	0,50	0,78	1,30
Kniewinkel li X	158,67	154,70	83,87	77,03	108,49
Kniewinkel re X	161,07	149,29	103,37	64,68	104,94
Hüftwinkel li X	145,71	161,88	74,60	34,86	75,05
Hüftwinkel re X	145,31	151,55	77,62	56,64	94,60
<u>Schulter-Hüftachsen</u>					
Schulter_zu_YZ(in °)	34,89	42,09	48,32	75,16	69,77
Hüfte_zu_YZ(in °)	27,47	45,82	59,14	77,99	59,26
Differenz_S-H-Winkel(in °)	7,42	-3,73	-10,82	-2,83	10,51
<u>Körperschwerpunkt</u>					
KSP(zu Z in cm)	0,05	0,22	0,42	0,38	0,68

Tab. 16 Take off frontside eine Fahrt alle Phasen

Nachfolgend wird nun der Take off frontside in seine fünf Teilphasen unterteilt und somit genauer betrachtet.

Teilphase I:

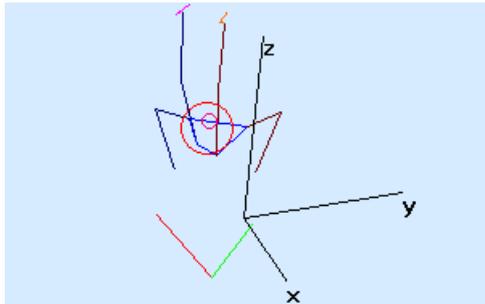


Abb. 124a) Take off frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

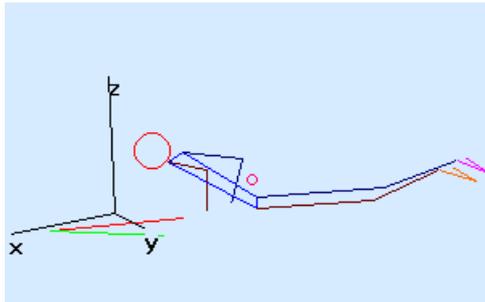


Abb. c) Take off frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

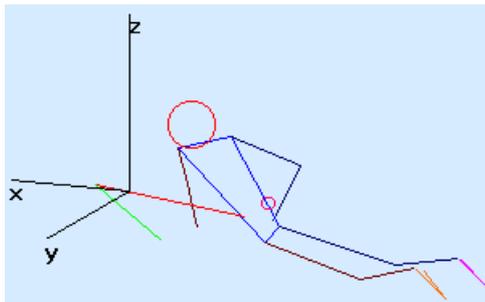


Abb. e) Take off frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

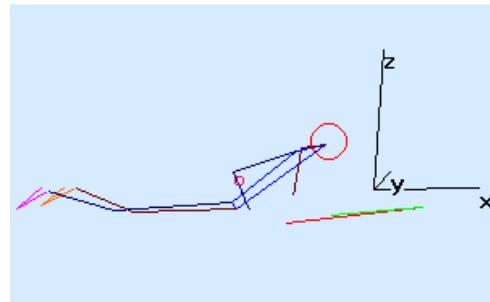


Abb. f) Take off frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Nachdem der Surfer durch kräftiges Anpaddeln in diese Gleitlage gelangt ist, setzt er seine Hände rechts und links neben den Rippenbögen auf der Brettoberfläche auf. Die Hände umgreifen dabei nicht die Rails des Brettes, sondern liegen flach auf dem Brett auf. Ein Umgreifen könnte zu einer Instabilität des Boardes in der Gleitlage führen.

Die Hüfte liegt in dieser Stellung auf dem Board auf, wobei die Schultern vom Brett abgehoben sind. Die beiden Hüftwinkel sind dabei genau gleich groß, woraus man ersieht, dass es keine vertikale Abweichung gibt. Die Schulter- und Hüftachsen verlaufen nicht ganz parallel, sie haben eine Differenz von 7° . Dies kann damit erklärt werden, dass sich der Surfer bereits leicht in die Richtung neigt und dreht, in die nach erfolgtem Take off weitergefahren werden soll.

Die Kniewinkel haben den gleichen Wert, sind leicht angewinkelt, und da die Oberschenkel aufgrund des Brettkontaktes mit der Hüfte beide auf dem Brett aufliegen, heben sich die Unterschenkel vom Surfboard ab.

Der Surfer befindet sich aufgrund dieser Voraussetzungen in einer Bogenspannung, welche zur Folge hat, dass sich der KSP hinter dem Körper des Surfers auf dem Rücken auf Höhe der Lendenwirbelsäule befindet. Er ist durch die starke Bogenspannung von dem Körper des Surfers weit abgehoben.

Teilphase II:



Abb. 125a) Take off frontside von oben
($X= 352^\circ$; $Y= 6^\circ$; $Z= 37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

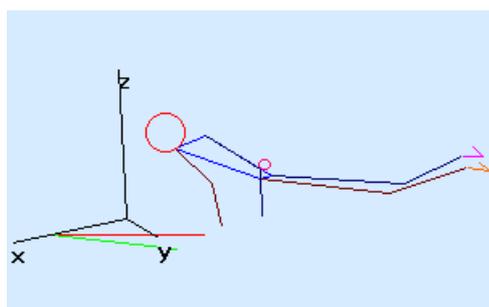


Abb. c) Take off frontside von der Seite
($X= 5^\circ$; $Y= 354^\circ$; $Z= 305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

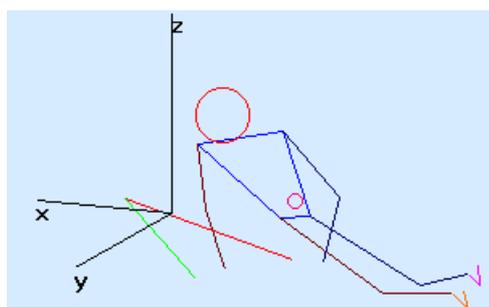


Abb. e) Take off frontside von hinten
($X= 0^\circ$; $Y= 0^\circ$; $Z= 256^\circ$)

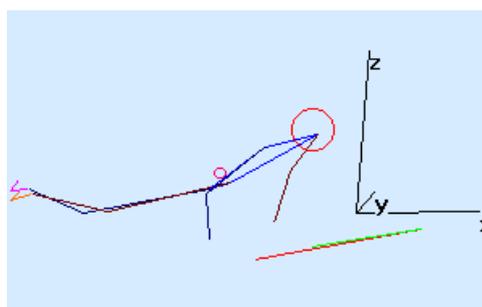


Abb. f) Take off frontside von vorne
($X= 359^\circ$; $Y= 350^\circ$; $Z= 100^\circ$)

Die Hände des Surfers bleiben an der zuvor festgelegten Position auf der Brettoberfläche. Es geht jedoch im weiteren Verlauf dieser Teilphase mehr Gewicht auf die Arme über, da nun auch die Hüfte explosiv von der Brettoberfläche abgehoben wird. Die Schultern gehen dabei automatisch etwas weiter nach vorne. Die beiden Hüftwinkel zeigen eine kleine Abweichung voneinander auf, welche daher kommt, dass nun auch in der Hüfte schon mit der Drehung in

die neue Fahrtrichtung begonnen wird. Zu erkennen ist das an dem kleineren rechten Hüftwinkel im Vergleich zum linken, da die Belastung schon auf die rechte Seite und somit auf das Frontsiderail, die vordere Kante des Surfbrettes, verstärkt wird.

Auch die Schulterachse zeigt die Tendenz zur Drehung in die künftige Fahrtrichtung, da die beiden Achsen der Schulter und Hüfte eine geringe Differenz aufweisen.

Die Kniewinkel haben wieder etwa den gleichen Wert, wobei die Kniegelenke dabei schon ein wenig mehr angewinkelt sind als zuvor. Die Oberschenkel liegen durch das Abheben der Hüfte nicht mehr auf dem Brett auf. Dadurch heben sich die Unterschenkel noch weiter an.

Der Surfer befindet sich noch immer in einer leichten Bogenspannung. Für den KSP bedeutet das Zurückgehen dieser Bogenspannung jedoch, dass er zwar noch immer hinter dem Surfer liegt, jedoch nicht mehr so weit außerhalb des Körpers wie in der vorhergehenden Phase. Er sitzt nun genau auf der Hüfte am Rücken des Surfers und seine Position ist etwas gestiegen.

Teilphase III:

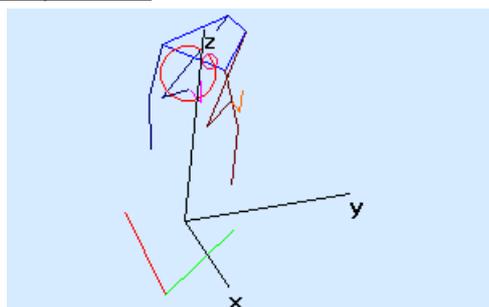


Abb. 126a) Take off frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

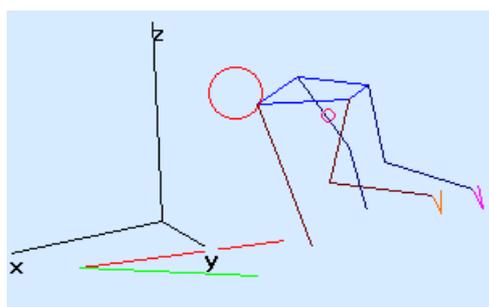


Abb. c) Take off frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

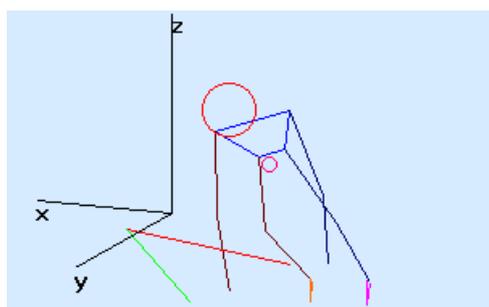


Abb. e) Take off frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

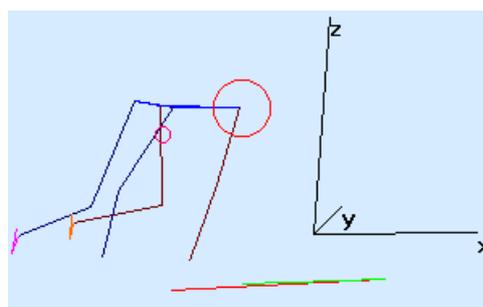


Abb. f) Take off frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Beide Hände bleiben weiter auf der Brettoberfläche. Das Gewicht geht noch weiter auf die Arme über, da nun die Hüftwinkel sehr schnell verkleinert werden, was zur Folge hat, dass die Hüfte weiter angehoben wird und dadurch die Beine näher zum Körper gebracht werden.

Die Schultern gehen durch die Gewichtsverlagerung und die hochschnellende Hüfte noch weiter nach vorne. Es entsteht eine Differenz von ca. 11° zwischen Schulter- und Hüftachse. Der Grund dafür liegt hier bei der Hüfte. Sie beginnt bereits damit, sich seitwärts zu drehen, um in der nächsten Phase unter den Oberkörper des Surfers pendeln zu können. Daher ist der linke Hüftwinkel kleiner als der rechte, da die Hüfte mit der linken Seite nach vorne unter den Oberkörper gebracht wird. Auch die Schulterachse dreht bereits leicht in diese Richtung, da sie auch in der nächsten Phase dorthin drehen wird. Die Belastung geht dabei weiter leicht auf die Frontsidekante über.

Auch die Kniegelenke sind gebeugter als in der Phase zuvor, da sie sich bereits darauf vorbereiten, dass die Beine in der nächsten Phase unter dem Oberkörper des Surfers nach vorne durchgezogen werden. Dadurch müssen sie stärker angewinkelt sein, da sonst die Füße an der Brettoberfläche hängen bleiben würden.

Der Surfer befindet sich nicht mehr in der Bogenspannung, sondern in einer gebückten Haltung. Dadurch ist der KSP auch von der hinteren auf die vordere Körperhälfte gewandert. Durch die hohe Hüfte, die Belastung auf den Händen und damit die weit nach vorne gebeugten Schultern sowie die angewinkelten Knie befindet er sich auf Nabelhöhe weit vor dem Körper des Surfers.

Teilphase IV:

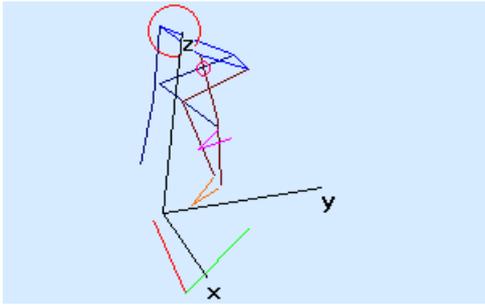


Abb. 127a) Take off frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

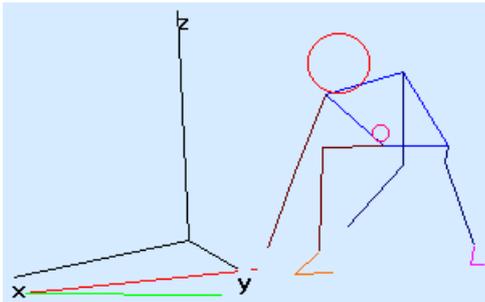


Abb. c) Take off frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

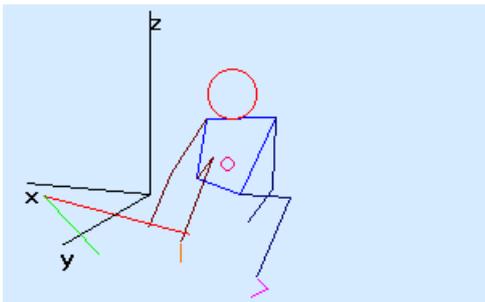


Abb. e) Take off frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

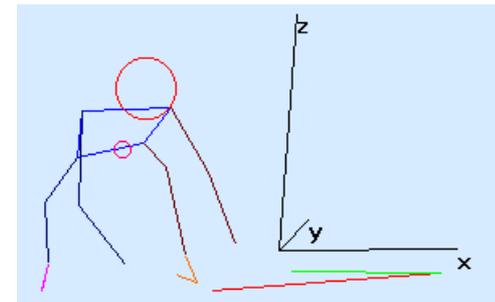


Abb. f) Take off frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Die beiden Hände werden in dieser Phase von der Brettoberfläche abgehoben. Sie sind zwar noch immer sehr tief unten, berühren aber das Brett nicht mehr. Durch das Lösen der Hände ist nun der nötige Platz geschaffen, damit der Surfer seinen Unterkörper unter den Oberkörper bringen kann.

Die Hüftwinkel werden sehr schnell noch weiter verkleinert, was zur Folge hat, dass die Beine jetzt explosiv unter den Oberkörper herangezogen werden.

Die Schultern gehen durch das Lösen der Hände weiter nach oben und auch nach hinten. Der Surfer befindet sich daher nicht mehr in einer so extremen Vorlage wie in der vorhergehenden Phase. Er richtet sich weiter nach oben auf. Da Schulter- und Hüftachse beide gleichzeitig und vor allem in die gleiche Richtung mit dem gleichen Winkel drehen, ist wieder eine Parallelstellung der beiden Achsen zu erkennen. Zuvor waren sie verdreht, da die Hüfte bereits begonnen hatte sich einzudrehen, während die Schulterachse noch unverändert war.

Die beiden Achsen drehen den Surfer gemeinsam in die Position der Grundstellung auf dem Board hinein.

Die Kniegelenke sind in dieser Phase in der gebeugtesten Stellung des ganzen Take off. Grund dafür ist die Tatsache, dass trotz des Anhebens der Arme von der Brettoberfläche noch sehr wenig Raum für die Beine ist, um unter den Oberkörper zu pendeln. Durch das extreme Anwinkeln der Knie, natürlich in Verbindung mit dem Verkleinern des Hüftwinkels, ist der Raum unter dem Surfer nun groß genug geworden, um die Beine nach vorne in Richtung Grundstellung pendeln zu lassen.

Durch das Drehen in Richtung Grundstellung frontside, ist der KSP auch weiterhin vor dem Körper des Surfers zu finden. Er befindet sich auf Höhe des Nabels. Durch die kleinen Hüft- und Kniewinkel sowie den nach vorne gebeugten Oberkörper ist der KSP sehr niedrig, damit der Surfer möglichst viel Stabilität in dieser Phase des Take off hat und nicht noch vor dem endgültigen Stand umfällt.

Teilphase V:

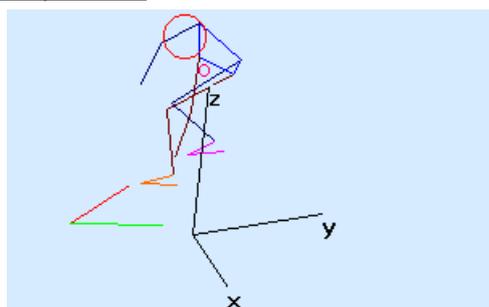


Abb. 128a) Take off frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

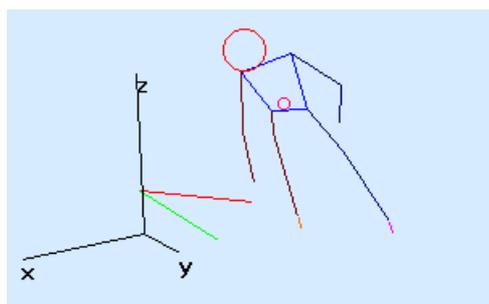


Abb. c) Take off frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

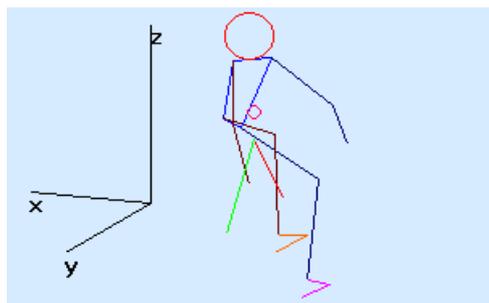


Abb. e) Take off frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

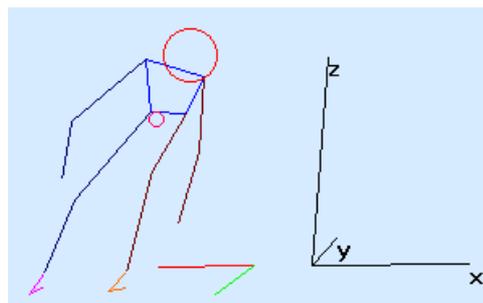


Abb. f) Take off frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Die Hüftwinkel werden nun wieder vergrößert und die Schultern gehen weiter nach oben, was zur Folge hat, dass sich der Surfer weiter aufrichtet. Der linke Hüftwinkel ist dabei kleiner als der rechte, was damit zusammenhängt, dass der Surfer sich in einer Abwärtsfahrt befindet und noch keine stärkere Belastung auf dem hinteren rechten Bein hat, wie normalerweise bei den Turns üblich (siehe Ausführungen zu den Turns). Der Surfer hat daher einen kleinen Hüftknick, der aber sofort wieder ausgeglichen wird, sobald die Belastung auf das hintere Bein übergeht.

Schulter- und Hüftachse weisen wieder eine Differenz von 11° auf, welche damit zusammenhängt, dass sich der Surfer nun in die Fahrtrichtung vordreht. Die Schulterachse leitet, wie schon bei den Turns zuvor beschrieben, die Drehung ein. Da nach dem Take off frontside normalerweise ein Bottom Turn frontside folgt, bereitet sich der Surfer frühzeitig auf die Drehung vor. Daher beginnt die Schulterachse bereits hier mit der Vorrotation.

Die Kniewinkel werden auch wieder größer, wobei der Surfer sich aber nicht gleich zu stark aufrichten wird, weil dadurch der KSP mit nach oben gehen würde und somit eine instabilere Position auf dem Surfbrett für ihn gegeben wäre, aus der er leicht umfallen könnte. Der Surfer überträgt schon mehr Belastung auf seine Fußballen, damit das Board frühzeitig mit dem vorderen Rail in die Wellenwand einschneiden kann. Um diese Drehung in die Fahrtrichtung vorzubereiten, wird der Surfer den KSP weiter möglichst tief halten. Er ist noch immer vor dem Körper des Surfers zu finden, auf Höhe der Hüfte.

5.5 360° Turn frontside (Fallstudie)

Bei dem 360° Turn handelt es sich um eine komplette Drehung des Surfers mitsamt seinem Surfboard um die eigene Achse. Es wurde nur eine Fahrt mit diesem Turn aufgezeichnet, da sie aber anschaulich zeigt, wie ein 360° Turn aussieht, soll sie trotzdem in dieser Dissertation näher betrachtet und beschrieben werden. Diese Fahrt zeigt einen 360° Turn frontside, was bedeutet, dass der Surfer während der gesamten Fahrt die Welle immer vor seiner Körperfront hat und deren Verlauf daher ständig beobachten kann.

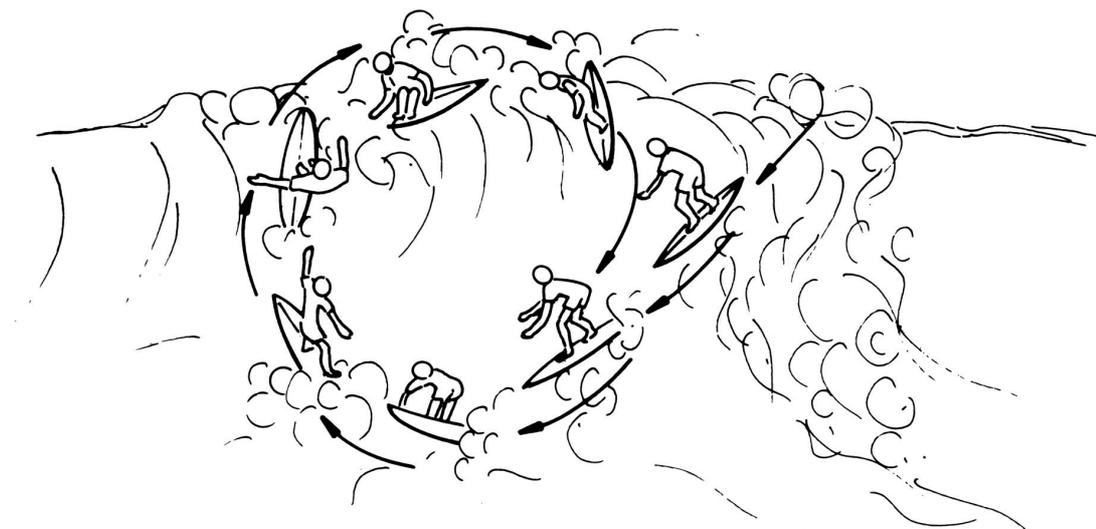


Abb. 129 360° Turn frontside

Die folgenden Bilder aus Simi°Motion sollen dabei aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet die Körperhaltung und die Position des Surfers im jeweiligen Teilabschnitt der Bewegung verdeutlichen. Um eine erste Vorstellung über den zu betrachtenden Turn zu liefern, geben zunächst Abbildungen mit allen sieben Teilphasen einen Gesamtüberblick. Erst danach folgt die Aufspaltung in die jeweiligen Teilabschnitte der Turns.

Teilphasen I – IX

(inklusive Verbindungsüberlagerung):

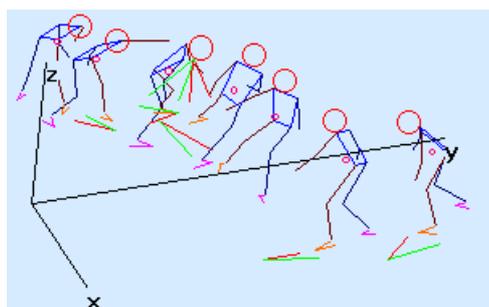


Abb. 130a) 360° frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)

Nur Verbindungsüberlagerung

(Fuß rechts und Fuß links):

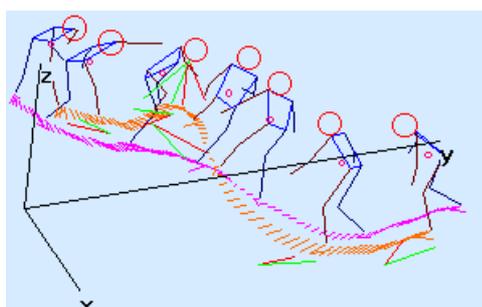


Abb. b) 360° frontside von oben
(X= 352° ; Y = 6° ; Z= 37°)

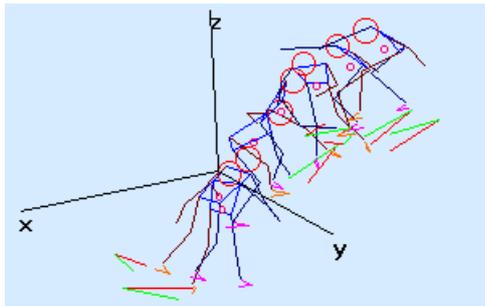


Abb. c) 360° frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) 360° frontside von der Seite
(X= 5° ; Y = 354° ; Z= 305°)

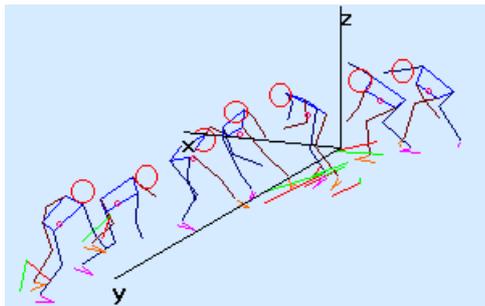


Abb. e) 360° frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

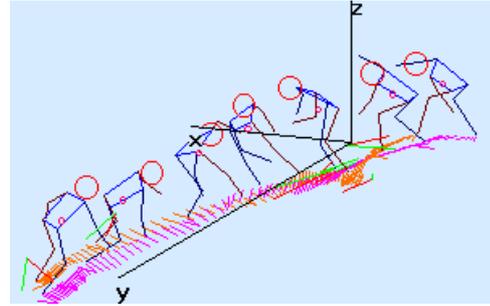


Abb. b) 360° frontside von hinten
(X= 0° ; Y = 0° ; Z= 256°)

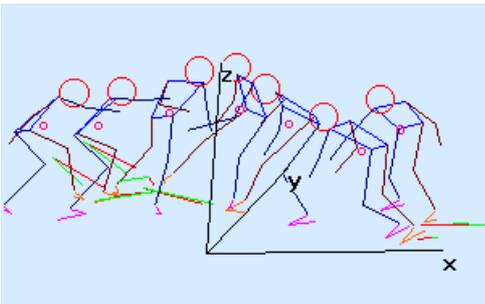


Abb. e) 360° frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

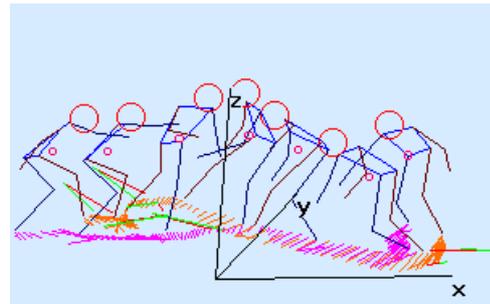


Abb. b) 360° frontside von vorne
(X= 359° ; Y = 350° ; Z= 100°)

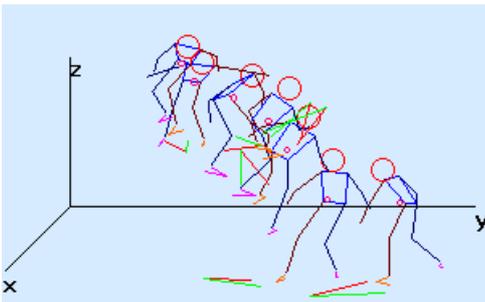


Abb. e) 360° frontside von oben
(X= 0°; Y= 0°; Z= 0°)

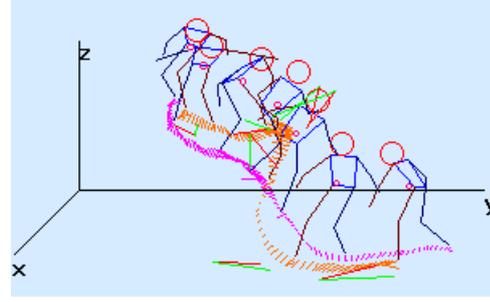


Abb. b) 360° frontside von oben
(X= 0° ; Y = 0° ; Z= 0°)

Die Messung des einen untersuchten 360° Turns frontside hat folgendes Ergebnis erbracht (siehe auch die Tabelle im Anhang 10).

360° Turn frontside							
	TPh I	TPh II	TPh III	TPh IV	TPh V	TPh VI	TPh VII
Knie-Hüftwinkel	0,00	0,42	0,70	0,88	1,20	1,60	1,80
Kniewinkel li X	132,95	127,57	149,38	153,48	123,90	100,19	113,44
Kniewinkel re X	111,45	100,22	109,91	122,15	123,76	93,22	84,63
Hüftwinkel li X	103,71	108,82	76,83	94,23	91,83	73,77	85,47
Hüftwinkel re X	113,13	109,83	80,94	104,24	108,32	86,48	84,18
Schulter-Hüftachsen							
Schulter_zu_YZ (in °)	70,66	41,05	-4,19	-19,68	-68,66	-18,00	-18,59
Hüfte_zu_YZ (in °)	64,95	40,85	-7,71	-36,78	-64,48	-1,37	-26,83
Differenz_S-H-Winkel (in °)	5,70	0,20	3,52	17,09	-4,19	-16,63	8,24
Körperschwerpunkt							
KSP (zu Z in cm)	0,41	0,37	0,74	0,94	1,01	1,01	1,06

Tab. 17 360°Turn frontside eine Fahrt alle Phasen

Im Folgenden wird nun der 360° Turn frontside in seine sieben Teilphasen unterteilt und somit genauer betrachtet.

Teilphase I:

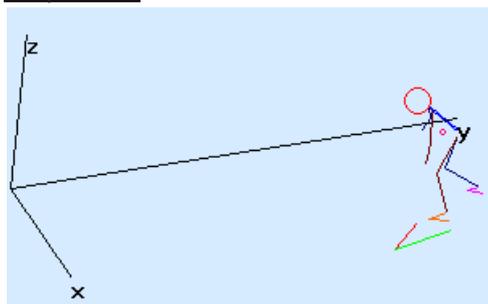


Abb.131a) 360° frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

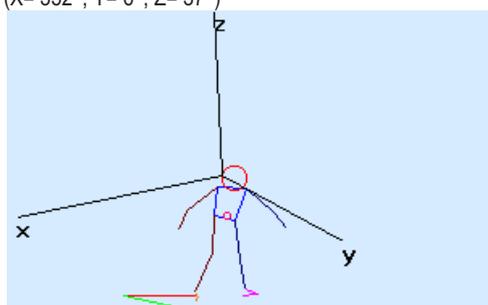


Abb. c) 360° frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

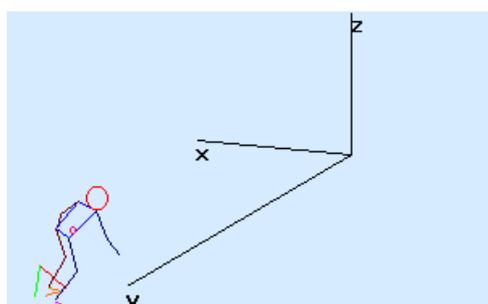


Abb. e) 360° frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

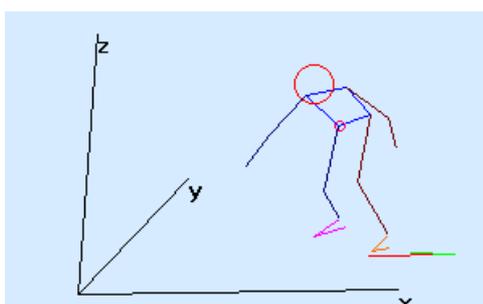


Abb. f) 360° frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Die Körperfront des Surfers ist zur Welle hin ausgerichtet, und das Surfboard befindet sich in senkrechter Position zur Wellenwand mit Richtung Wellental. Die Belastung liegt mehr auf den Fußballen, da sich der Surfer bereits auf die folgende Drehung vorbereitet und eine leichte Kurveninnenlage einnimmt.

Die Schulter und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 6° zueinander. Die Differenz kommt jedoch durch eine Verschiebung der beiden Achsen auf horizontaler Ebene zustande, da die Schulterachse bereits leicht vorrotiert ist, um die nachfolgende Drehung einzuleiten. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich nur geringfügig unterscheiden.

Beide Knie sind gebeugt, wobei der Kniewinkel rechts kleiner ist als der linke. Obwohl sich der Surfer in der Abwärtsfahrt befindet und somit mehr Gewicht auf dem vorderen, also linken Fuß sein müsste, ist dies hier nicht der Fall. Das Hauptgewicht bleibt auf dem hinteren rechten Fuß, da er bereits in dieser frühen Phase des Turns mit der Drehvorbereitung beginnt. Er kann dies nur tun, indem er mehr Druck auf das Tail des Brettes und somit auf die darunterliegenden Finnen ausübt. Der kleinere Kniewinkel macht deutlich, dass die Belastung bereits auf dem hinteren Bein liegt.

Die Belastung liegt auf den Fußballen und überträgt sich somit auf die Frontsiderail, die vordere Kante des Surfboards, wodurch dieses leicht kippt und somit eine Kurveninnenlage erreicht wird. Der gesamte Körper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel in Verbindung mit der Neigung des Körpers zum Kurveninneren hin leicht nach vorne gebeugt. So ergibt sich, dass der Körperschwerpunkt außerhalb des Körpers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

Teilphase II:

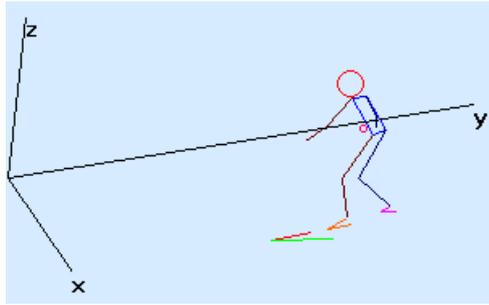


Abb. 132a) 360° frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

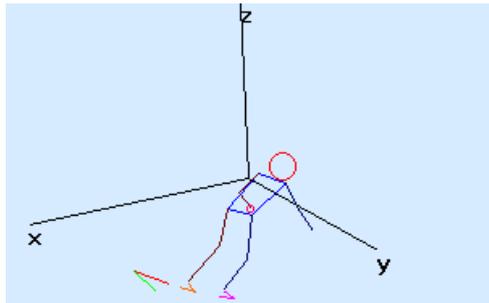


Abb. c) 360° frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

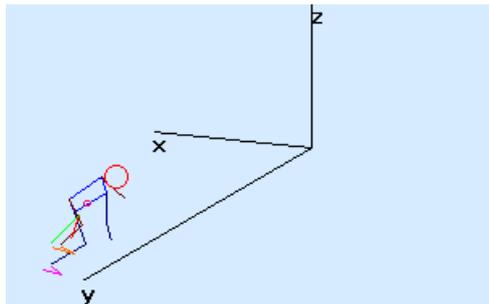


Abb. e) 360° frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

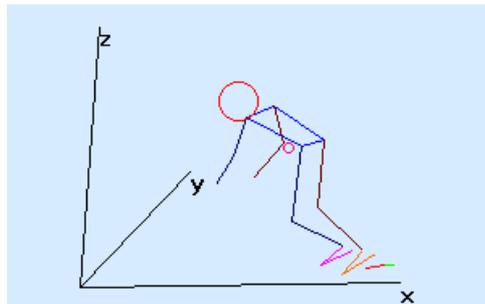


Abb. f) 360° frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der diagonal-senkrechten Fahrt Richtung Wellental hin zu einer Parallelfahrt an der Wellenwand entlang. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und in der Drehung befindet.

Die Kniewinkel gleichen sich in dieser Teilphase nicht, wie bei dem üblichen Bottom Turn frontside an, sondern bleiben unterschiedlich. Der rechte Kniewinkel ist dabei immer noch wesentlich kleiner als der linke. Grund dafür ist der bereits hier zu erkennende zusätzliche Druck auf das hintere Bein, ohne den eine 360° Drehung nicht erfolgen könnte. Auch hier ist es nur möglich, das Board zu drehen, wenn die Belastung, also der Druck, vom hinteren Bein kommt. Die Finnen befinden sich genau unterhalb des hinteren Fußes, und dadurch kann eine Druckveränderung nur hier zu einer Drehung des Brettes führen. Der 360° Turn wird daher genau um dieses Tail gedreht. Der Druck auf das Tail des Boardes wird nun durch das hintere Bein verstärkt. Der Surfer drückt jedoch nicht nur auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig mit dem Fuß nach hinten. So beginnt es zu drehen. Das vordere, linke Bein ist nur

unterstützend tätig. Es beginnt schon hier, die Spitze des Boardes, welche durch den Druck auf das Tail bereits zu drehen beginnt, nach vorne zu schieben.

Es wird eine noch stärkere Innenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch mehr auf die Fußballen erreicht wird. Der KSP liegt somit noch weiter außerhalb vor dem Körper auf Höhe der Hüfte.

Die Hüftwinkel zeigen eine sehr geringe vertikale Abweichung voneinander, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in die Fahrtrichtung hat. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase angeglichen und verlaufen parallel. Die Hüftachse hat nachgedreht und ist nun wieder parallel mit der in der vorigen Phase vorrotierten Schulterachse. Der Blick ist zur Wellenwand und zum Wellenkamm gerichtet und beobachtet genau den Verlauf der Welle.

Teilphase III:

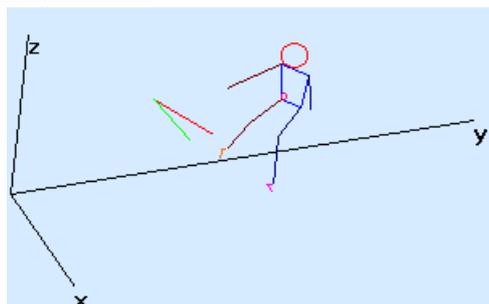


Abb. 133a) 360° frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

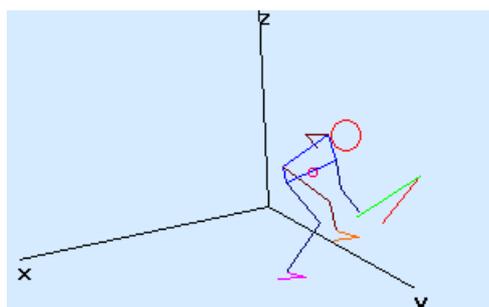


Abb. c) 360° frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

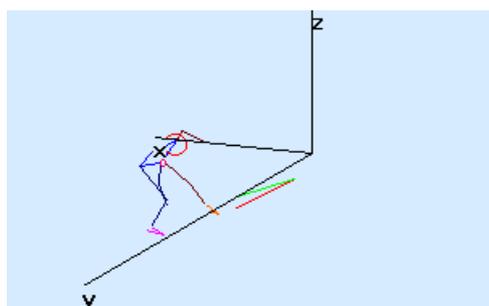


Abb. e) 360° frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

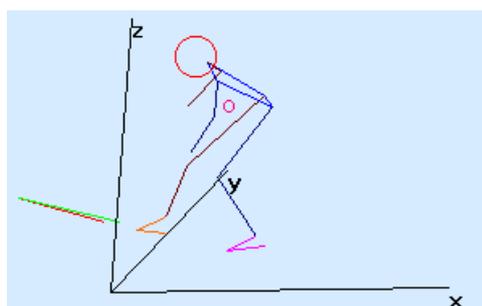


Abb. f) 360° frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Es geht in dieser Teilphase darum, das Board aus der parallelen Fahrt an der Wellenwand entlang wieder in eine diagonal-senkrechte Fahrt die Welle hoch zu drehen.

Die Belastung liegt noch immer mehr auf den Fußballen, die Kurveninnenlage wird beibehalten. Im Gegensatz zu einem Bottom Turn frontside, bei dem nun die Zeit gekommen wäre, die Kurveninnenlage zurückzunehmen um nicht zu überdrehen, ist dies hier genau erwünscht. Das bedeutet für den Körperschwerpunkt, dass er noch genauso weit vor dem Körper des Surfers liegt wie in der letzten Teilphase und auch immer noch außerhalb. Neben der Kurveninnenlage sorgen der Knie- und Hüftwinkel mit der dadurch entstehenden Vorbeugung des Oberkörpers dafür, dass der KSP vor dem Körper des Surfers auf Höhe der Hüftachse liegt.

Durch die Aufwärtsfahrt wird das linke Knie nach oben gedrückt, sein Winkel müsste daher kleiner werden. Da aber die Belastung jetzt aber ganz extrem auf dem hinteren Bein liegt, ist dies hier nicht der Fall. Diese Situation benötigt der Surfer, damit er das Surfbrett weiter in die bereits begonnene Rotationsrichtung drehen kann. Er muss sein Gewicht wieder sehr stark auf dem hinteren Bein haben, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann. Der Surfer drückt nun nicht nur mit dem hinteren Fuß auf das Tail, sondern schiebt es gleichzeitig nach hinten. Das vordere linke Bein zieht das vordere Drittel des Boardes nach vorne und unterstützt somit die Drehung.

Die Schulter- und Hüftachse haben in dieser Teilphase auch wieder einen wichtigen Anteil an der Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre Vorrotation die Drehbewegung ein, welche dann durch die Beine weiter umgesetzt wird. Die beiden Achsen verschieben sich daher wieder zueinander, da die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen auf, dass es sich hier auch wieder nur um eine kleine vertikale Abweichung handelt, die durch die Vorrotation der Achsen und durch die Aufwärtsfahrt erklärt werden kann.

Teilphase IV:

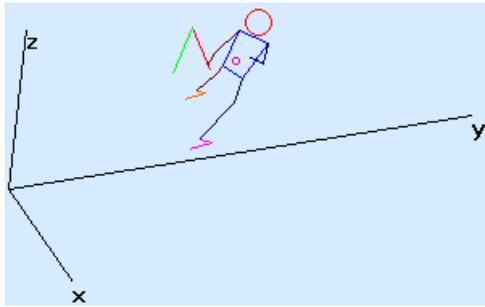


Abb. 134a) 360° frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

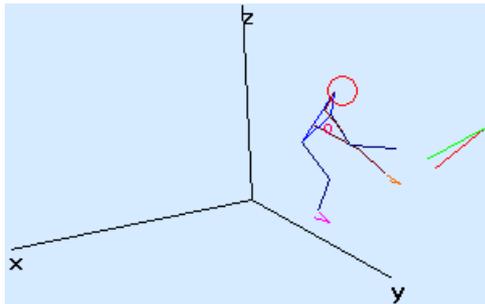


Abb. c) 360° frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

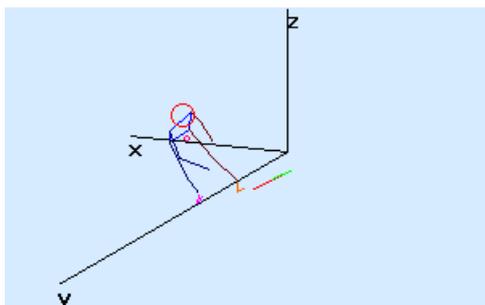


Abb. e) 360° frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

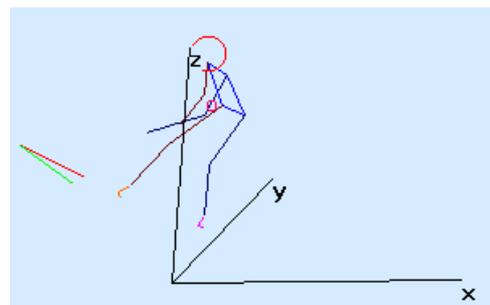


Abb. f) 360° frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Es geht in dieser Teilphase darum, das Board aus der diagonal-senkrechten, die Welle hochfahrenden Position weiter in die bereits begonnene Rotationsrichtung, bis über die Senkrechte hinaus zu drehen. Anders als beim Cutback frontside, bei dem an dieser Stelle eine Belastungsverschiebung von dem Frontside- auf das Backsiderail durchgeführt wurde, soll hier in dieselbe Richtung wie zuvor weitergedreht werden.

Die Belastung liegt noch immer mehr auf den Fußballen, die Kurveninnelage wird beibehalten. Das bedeutet für den Körperschwerpunkt, dass er noch genauso weit vor dem Körper des Surfers liegt wie in der letzten Teilphase und auch immer noch außerhalb. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse. Dafür, dass der Surfer nun nicht ins Kurveninnere kippt, sorgt ein tiefer Schwerpunkt, der sich nahe am Körper des Surfers befindet. Eine weitere Kraft, die den Surfer stabil auf dem Brett hält, ist die Zentrifugalkraft, die durch die Geschwindigkeit während der Fahrt entsteht.

Durch die weitere Aufwärtsfahrt wird das linke Bein noch mehr nach oben gedrückt, sein Kniewinkel wird aber größer, da sich der Surfer leicht aus seiner zuvor extrem gebückten Haltung erhebt. Er muss sein Gewicht wieder sehr stark auf dem hinteren Bein haben, damit der Druck auf diesen Fuß an die Finnen weitergegeben werden kann. Das ist auch im kleineren Kniewinkel des rechten Beines zu erkennen. Der Surfer drückt auf das Tail und schiebt es weiter mit dem Fuß nach hinten. Das vordere, linke Bein ist hier wieder nur unterstützend tätig. Es zieht das Board, das durch den Druck auf das Tail bereits zu drehen beginnt, nach vorne.

Die Schulter- und Hüftachse haben in dieser Teilphase auch wieder einen wichtigen Anteil an der Drehung des Surfboards. Sie leiten durch ihre Vorrotation die Drehbewegung ein, welche dann durch die Beine weiter umgesetzt wird. Die beiden Achsen verschieben sich daher mit ca. 17° zueinander, da die Schulterachse in der horizontalen Ebene vorrotiert.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen auf, dass es sich hier auch wieder nur um eine kleine vertikale Abweichung handelt, die durch die Vorrotation der Achsen und durch die Aufwärtsfahrt erklärt werden kann.

Teilphase V:

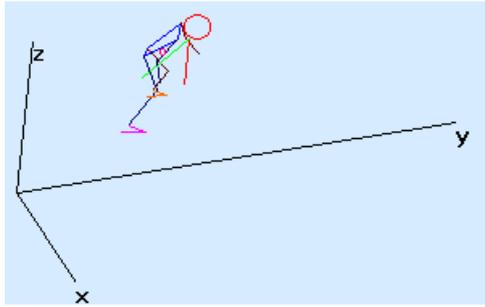


Abb. 135a) 360° frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

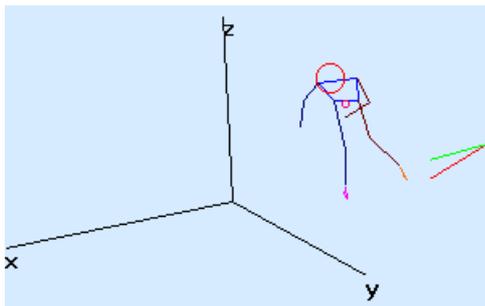


Abb. c) 360° frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

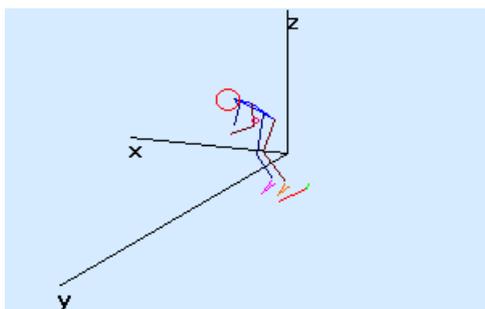


Abb. e) 360° frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

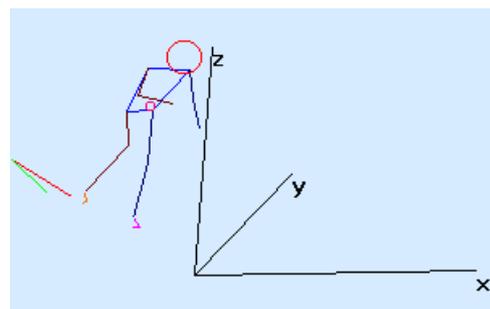


Abb. f) 360° frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Das Surfboard befindet sich in diagonaler Position zur Wellenwand mit Richtung Wellenkamm. Diagonal, weil in der vorherigen Teilphase das Board bereits über die Senkrechte hinaus gedreht worden ist. Die Belastung liegt mehr auf den Fußballen, da der Surfer noch immer in der extremen Kurveninnenlage ist.

Aufgrund der noch anhaltenden Aufwärtsfahrt wird das linke Kniegelenk gebeugt und der Kniewinkel wird daher kleiner. Beide Kniewinkel haben nun den selben Wert, wobei auf dem hinteren Bein immer noch mehr Gewicht liegt, was für die Weiterführung der Drehung erforderlich ist. Der Druck auf das Tail bleibt kontinuierlich erhalten, wobei gleichzeitig immer noch mit dem hinteren Bein das Tail nach hinten gedrückt und mit dem vorderen Bein die Nose des Brettes nach vorne geschoben wird. So dreht das Board in die gewünschte Richtung.

Ein wichtiger Teil der Drehung erfolgt jedoch aufgrund der Vordrehung der Schulterachse in der letzten Teilphase. Die Hüfte hat inzwischen diese Vorrotation wieder aufgeholt, indem sie nachgedreht hat. Die beiden Achsen sind nun fast wieder parallel, sie erreichen eine Differenz von ca. 4° zueinander. Ohne das Nachdrehen der Hüfte wäre eine Drehung nicht möglich.

Die Werte der beiden Hüftwinkel zeigen, dass es nur eine kleine vertikale Verschiebung der Hüftgelenke gibt. Diese ist durch die Aufwärtsfahrt und die leichte Vordrehung in die Fahrtrichtung zu erklären, die der Surfer benötigt, um die Welle immer im Auge zu haben.

Die Knie- und Hüftwinkel sowie die dadurch entstandene Vorbeugung des Oberkörpers sind ebenso wie die leichte Kurveninnenlage des Surfers dafür verantwortlich, dass der KSP außerhalb des Surfers liegt. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüftachse.

Teilphase VI:

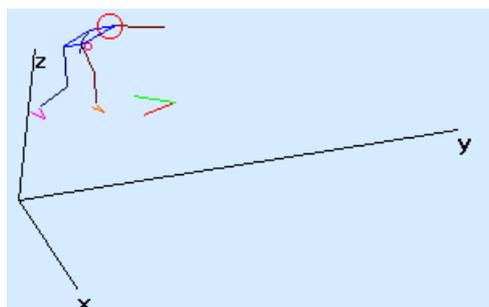


Abb. 136a) 360° frontside von oben
($X=352^\circ$; $Y=6^\circ$; $Z=37^\circ$)



Abb. b) Videobild von oben

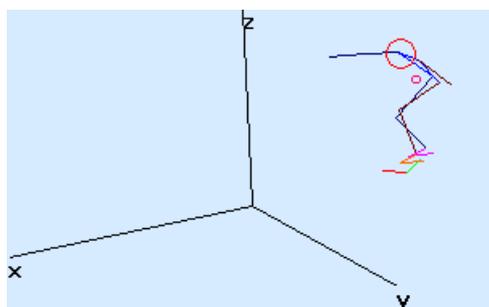


Abb. c) 360° frontside von der Seite
($X=5^\circ$; $Y=354^\circ$; $Z=305^\circ$)



Abb. d) Videobild von der Seite

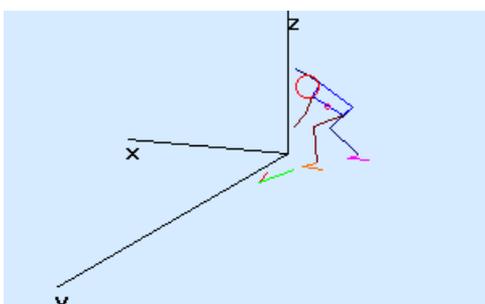


Abb. e) 360° frontside von hinten
($X=0^\circ$; $Y=0^\circ$; $Z=256^\circ$)

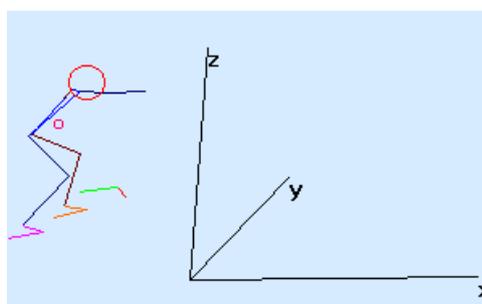


Abb. f) 360° frontside von vorne
($X=359^\circ$; $Y=350^\circ$; $Z=100^\circ$)

Das Surfbrett bewegt sich von der senkrechten Fahrt Richtung Wellenkamm zu einer Parallelfahrt entlang der Wellenwand. Die Belastung liegt immer noch verstärkt auf den Fußballen, da sich der Surfer in der Kurveninnenlage und in der Drehung befindet.

Der linke Kniewinkel vergrößert sich in der Position am Wellenkamm, während der rechte weiterhin klein bleibt. Grund für die Vergrößerung des linken Kniewinkels ist, dass sich das linke Bein nicht mehr in der Aufwärtsfahrt, sondern in der Parallelfahrt am Wellenkamm befindet. Das rechte Kniegelenk bleibt weiter in einer tiefen Position, da die Drehung noch immer andauert. Der Surfer verstärkt nochmals mit dem rechten Bein den Druck auf das Tail und schiebt es noch weiter nach hinten. Das vordere, linke Bein ist unterstützend tätig, indem es das vordere Drittel des Boardes nach vorne wegschiebt.

Es wird eine noch stärkere Kurveninnenlage eingenommen, die sowohl durch die Druckerhöhung des hinteren Fußes, als auch durch die Verlagerung des Gewichtes noch stärker auf die Fußballen erfolgt. Damit der Surfer nicht ins Kurveninnere kippt, sorgt ein tiefer Körperschwerpunkt der sich nahe am Körper des Surfers befindet. Eine weitere Kraft, die den Surfer stabil auf dem Brett hält, ist wieder die Zentrifugalkraft. Der KSP liegt noch immer außerhalb und vor dem Körper des Surfers auf Höhe des Nabels.

Die Hüftwinkel zeigen eine leichte vertikale Abweichung voneinander, welche damit zusammenhängt, dass der Surfer sich zwar in der Parallelfahrt befindet, aber trotzdem immer eine kleine Vordrehung in Fahrtrichtung hat. Das bedeutet hier, dass er über seine linke Schulter bereits ins Wellental blicken muss. So ist der linke Hüftwinkel etwas kleiner als der rechte, da die Fahrt nach links weitergeht. In dieser Situation muss der Surfer die Welle besonders gut im Auge behalten, da er sich mit seinem 360° Turn zurück zum Curl, dem brechenden Teil der Welle bewegt. Damit er nicht zu nahe an diesen herankommt und von dessen Kraft möglicherweise vom Brett gespült wird, beobachtet er den Verlauf der Welle ganz genau.

Die Schulter- und die Hüftachse haben sich in dieser Teilphase wieder angeglichen. Es besteht zwar eine Differenz von 16°, die jedoch nicht durch eine horizontale, sondern durch eine vertikale Tordierung entstanden ist. Die Werte der Hüftwinkel zeigen auch eine größere Differenz auf als in den anderen parallelen Teilphasen.

Teilphase VII:

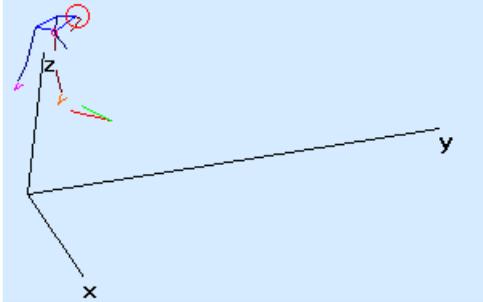


Abb. 137a) 360° frontside von oben
(X= 352°; Y= 6°; Z= 37°)



Abb. b) Videobild von oben

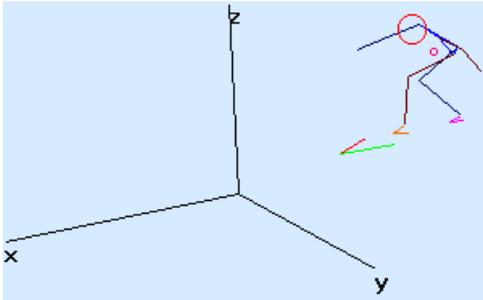


Abb. c) 360° frontside von der Seite
(X= 5°; Y= 354°; Z= 305°)



Abb. d) Videobild von der Seite

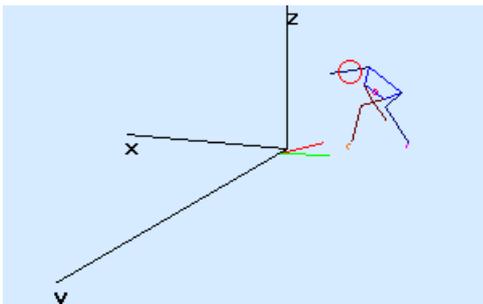


Abb. e) 360° frontside von hinten
(X= 0°; Y= 0°; Z= 256°)

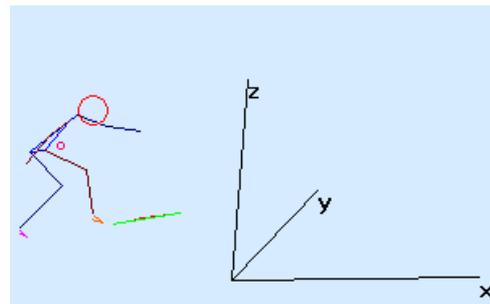


Abb. f) 360° frontside von vorne
(X= 359°; Y= 350°; Z= 100°)

Der Surfer befindet sich am Wellenkamm und wird in dieser Teilphase wieder in die Diagonal-Senkrechte mit Richtung Wellental drehen.

Die Belastung ist noch immer auf den Fußballen und daher ist das Innenrail, die vordere Kante des Surfboards, auch weiterhin in die Wellenwand gedrückt. Die dadurch entstandene Kurveninnenlage wird in diesem Teilabschnitt jedoch verringert, da der Surfer den Druck auf die vordere Kante reduziert, um nicht weiter als gewollt zu drehen. Er muss das Board wieder etwas gerader stellen. Das geschieht durch Aufrichten des Körpers, zu erkennen an den größer gewordenen Hüftwinkeln und durch Verlagern des KSP. Der Oberkörper des Surfers ist aufgrund der Hüft- und Kniewinkel nach vorne geneigt, so dass der Körperschwerpunkt auch weiterhin außerhalb des Körpers liegt, wobei er jedoch nicht mehr ganz so weit weg vom Körper des Surfers, wie noch in den Phasen mit der extremen Kurveninnenlage, ist. Er befindet sich vor dem Surfer auf Höhe der Hüfte.

Die Schulter- und die Hüftachse haben in dieser Teilphase eine Differenz von ca. 10° zueinander. Hier wird wieder die wichtige Aufgabe der Vorrotation für die folgende Drehung deutlich. Die Schulterachse dreht um 9° vor der Hüftachse vor und leitet somit die Rotation ein. Es handelt sich um eine horizontale Achsenverschiebung. Die Werte der beiden Hüftwinkel bestätigen, dass keine größere Abweichung in vertikaler Ebene vorliegt, da die Winkel sich mit kleineren Abweichungen immer in der selben Größenordnung bewegen.

Das Gewicht befindet sich immer noch sehr stark auf dem hinteren Bein, und daher ist auch der Winkel dieses Beines wesentlich kleiner als der des vorderen, obwohl sich der Surfer wieder in der Abwärtsfahrt befindet. Da die Drehbewegung noch andauert, liegt das Gewicht noch immer stark auf dem hinteren, also rechten Bein. Der Surfer verstärkt noch einmal den Druck auf das Tail, er schiebt es dabei mit dem rechten Fuß nach hinten. Das vordere, linke Bein schiebt das vordere Drittel des Boards nach vorne und unterstützt dadurch die Drehung. Die immer noch extrem starke Belastung des rechten Beines kommt auch daher, dass der Surfer während der letzten 6 Teilphasen sein Gewicht ständig auf diesem Bein hatte und in der Endphase erst wieder zur normalen Belastungsverteilung zurückfinden muss. Am Ende dieser letzten Phase des 360° Turns frontside ist die Belastungsverteilung wieder normal.

6 Diskussion der kinematischen und elektromyographischen Ergebnisse für ein Training im Surfen

Die nun folgenden Ausführungen beziehen sich alle auf die oben aufgeführten und analysierten Untersuchungsergebnisse. Im ersten Teil werden gemeinsam die Ergebnisse des Bottom Turn, Top Turn und Cutback diskutiert. Der 360° Turn sowie der Take off werden im Anschluss gesondert behandelt, da sie mit den anderen Turns wenig bis keine Gemeinsamkeiten haben. Zunächst werden die Ergebnisse interpretiert und Vorschläge geeigneter Übungen für ein Training an Land gegeben. Da es sich bei den Ergebnissen um Fahrten von Regularfootern handelt, müsste ein Goofyfooter die folgenden Trainingsempfehlungen genau umgekehrt ausführen, um eine Verbesserung seiner Muskulatur für das Surfen im Meer zu erreichen. Da jedoch sowieso besser immer beide Seiten gleich trainiert werden sollten (beim Training im Fitnessstudio), würden sich die Übungen zum Muskelaufbau nicht ändern. Bei der Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten, wie etwa bei der 360° Drehung, sollte jedoch lediglich in die spätere Drehungsrichtung trainiert werden.

Ein Training für das Wellenreiten wäre optimal, wenn es drei verschiedene Teile vereinen würde. Zum einen natürlich der wichtigste Teil des Trainings, das Surfen im Meer. Der zweite Bereich sollte sich mit dem Muskelaufbau im Fitnessstudio beschäftigen, und der dritte Teil könnte an einer stehenden Welle stattfinden. Falls jedoch keine Möglichkeit des Trainings an einer stehenden Welle besteht, können auch durch Skateboardfahren gute Erfolge erzielt werden.

Ein wichtiger Punkt, der einen besonders großen Erfolg bei der Verbesserung des Surfens erzielen kann, ist aber das Surfen an stehenden Wellen. Da jedoch, wie schon zu Beginn dieser Dissertation beschrieben, nicht jeder über eine natürliche stehende Welle in Form einer Flußwelle verfügt, wäre es für diese neue Art des Trainings nötig, künstliche stehende Wellen zu errichten. So könnten zum einen entweder Hindernisse in einen natürlichen Flusslauf hineingebaut werden, oder, falls kein Fluss vorhanden ist, mit einer Wasserumwälzanlage, wie im Fall der stehenden Wellen von *Waveloch* gearbeitet werden.

Nach Beendigung der Untersuchungen und Analysen scheint es noch mehr denn je ein geeignetes Konzept zu sein, ein exaktes, intensives und leistungsorientiertes Training für eine Verbesserung des Surfens im Meer durch die Kombination dieser drei Teile zu erreichen: Surfen im Meer, Training im Fitnessstudio und an einer stehenden Welle.

Anmerkung:

In einem persönlichen Gespräch mit Thomas J. Lochtefeld von *Waveloch* (siehe 2.2.4 „Ingenieurwesen und Surfen“) erfuhr ich zu Beginn der Studie, dass er gemeinsam mit mir auf der Basis meiner kinematischen und elektromyographischen Untersuchungen an stehenden Wellen ein neues Trainingskonzept erstellen und dessen Wirkungsweise wissenschaftlich belegen wollte. Das angedachte Konzept integriert stehende Wellen in bereits bestehende Fitnessstudios. Da das Interesse der aktiven und potentiellen Surfer an dieser neuen Idee erst getestet werden müsste, wären Fitnessclubs in Kalifornien als „Labor“ geeignet, da Surfen dort zum Lebensstil der Menschen gehört. Wie bereits in 2.3.3 „Training an stehenden Wellen“ erläutert, können Muskeln oder Muskelgruppen an stehenden Wellen wesentlich intensiver trainiert werden als im Meer, da eine stehende Welle nie endet und somit beliebig lange auf ihr trainiert werden kann.

6.1 Bottom Turn, Top Turn und Cutback

Die Diagramme bei den folgenden Ausführungen zum Bottom Turn, Top Turn und Cutback sollen einen ersten Eindruck vermitteln. Die übersichtlichen Diagramme befinden sich im Anhang 12.

6.1.1 Körperschwerpunkt

Aufgrund der oben einzeln aufgeführten Untersuchungsergebnisse hat sich herausgestellt, dass ein tiefer Körperschwerpunkt für das optimale Gelingen eines Turns unabdingbar ist. Alleine durch den ständig niedrig gehaltenen KSP (blaue Linie in Abb. 138, KSP zu Z) können zum einen Unebenheiten auf der Welle ausgeglichen werden, ohne dass der Surfer seine stabile Position auf dem Surfboard aufgeben muss. Zum anderen kann nur so die teils extrem starke Kurveninnenlage während der Turns gehalten werden. Wäre der KSP hier hoch, würde der Surfer trotz Zentrifugalkraft und nach vorne gebeugtem Oberkörper unweigerlich ins Kurveninnere stürzen.

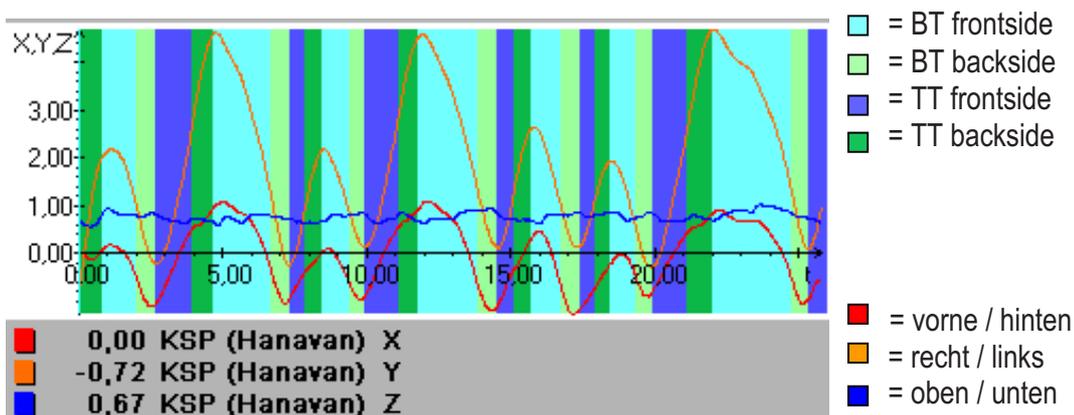


Abb. 138 KSP-Werte einer Fahrt

Für ein Training im Surfen ist dies von großer Bedeutung, da nun gezielt die Beinmuskulatur trainiert werden kann. Der Surfer braucht, um später während der Fahrt ständig eine tiefe Körperhaltung einnehmen zu können, eine starke austrainierte Beinmuskulatur. Dabei müssen sowohl die vordere als auch die hintere Oberschenkelmuskulatur im Fitnessstudio trainiert werden. Die Beinpresse wäre hier die geeignete Station, die ein Surfer dabei benutzen könnte, da mit ihr die Muskulatur der unteren Extremität explosiv gegen Gewichte gestreckt und gebeugt werden kann.

Will ein Surfer trainieren, indem er zum Skateboardfahren geht, kann er eine Verbesserung seiner Muskulatur erreichen, indem er in einer Halfpipe pusht. Das bedeutet, dass er aus eigener Kraft, durch kräftiges, explosives Strecken und Beugen in den Knie- und Hüftgelenken erreicht, dass er die konkaven Wände einer Halfpipe hinauf, hinunter und wieder auf der anderen Seite nach oben fährt. Natürlich kann er auch an einer stehenden Welle trainieren.

6.1.2 Schulter-Hüftachsenvergleich

Grundlegend ist zunächst festzustellen, dass beide Ebenen, die Schulter- und die Hüftebene, sehr viele Gemeinsamkeiten aufweisen. Das bedeutet, dass sie zwischen den Phasen (der Drehung), in denen sie voneinander abweichen, extrem parallel verlaufen. Dies ist in der Abb. 139 a + b zu erkennen, wobei a) dabei die beiden Achsen im Verlauf der Bewegung zeigt, b) die Differenz ihrer beiden Werte angibt. Je näher hierbei die blaue Kurve in b) an der 0°-Achse liegt, umso paralleler verlaufen Schulter- und Hüftachse. In den abweichenden Phasen handelt es sich vor allem um eine horizontale Abweichung, die dadurch entsteht, dass eine Achse, nämlich die Schulterachse, die Drehung einleitet und vorrotiert. Vertikale Achsenverschiebungen tauchen in nur sehr geringem Maße auf und sind immer ein Anzeichen dafür, dass die Schulterebene wieder vorrotiert hat oder eine Auf- oder Abwärtsfahrt ansteht.

Die Arme, welche eine sehr große Rolle bei der Rotation, hier vor allem bei der Vorrotation der Schulterachse einnehmen, wurden nicht elektromyographisch untersucht. Sie machen aber in der jeweiligen Teilphase deutlich, dass sie durch ihre starke Schwungeinleitung und die rotatorischen Kräfte, die dadurch auf sie selbst einwirken und die sie wiederum an die Schulter- und Hüftachse und schließlich an den gesamten Körper weitergeben, ausschlaggebend für die Drehung sind. So sind beispielsweise bei der Vorrotation in der Teilphase III des Top Turn frontside beide Arme weit vom Körper gestreckt, um die Drehung über die Backsidekante zu unterstützen. Beim Top Turn backside in der Teilphase III sind sie dagegen näher am Körper, da die Drehung über die Frontsidekante erfolgt.

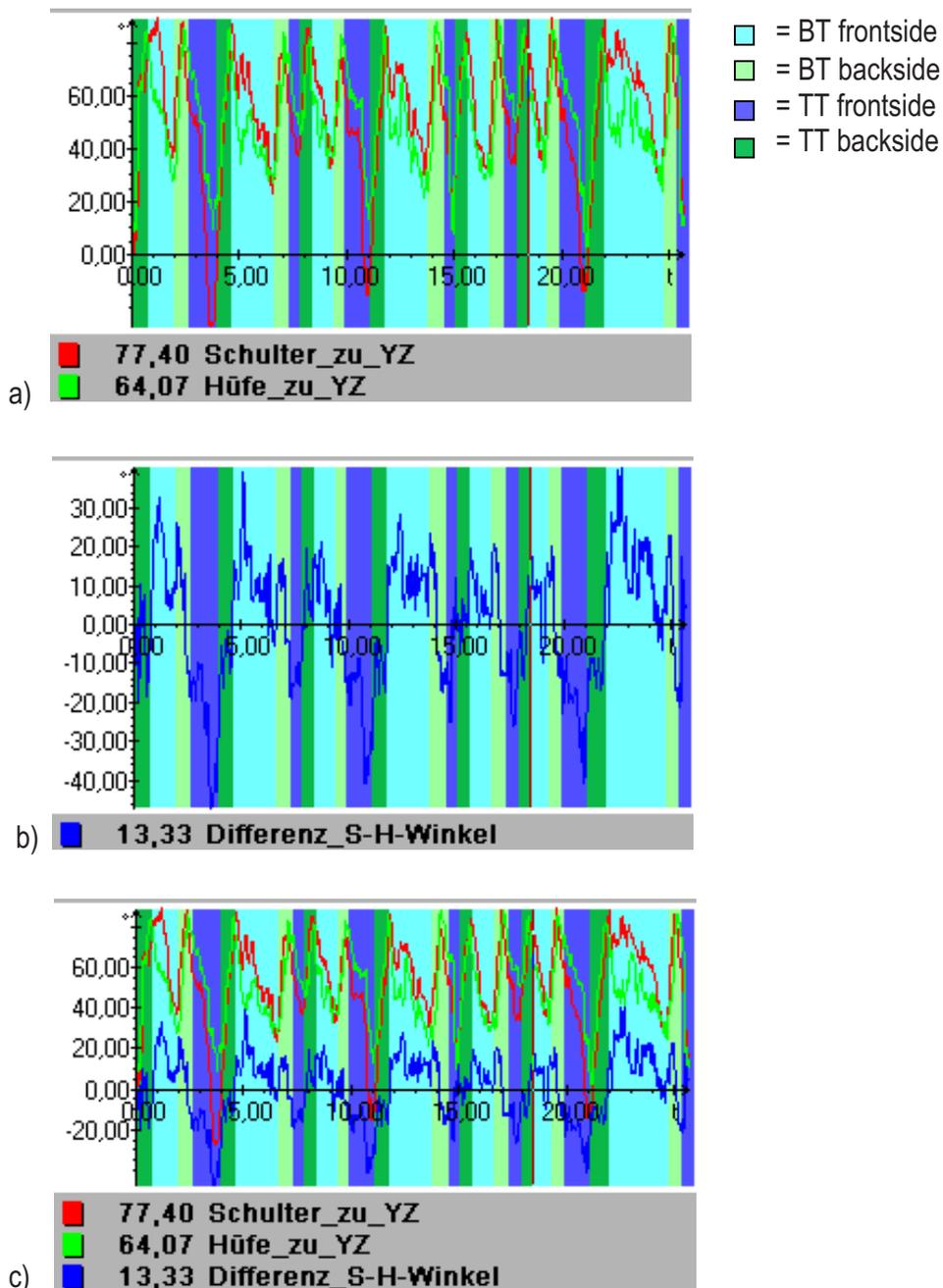


Abb. 139 Schulter-Hüftachsen (a), Differenz der Achsen (b), alle Werte zum Vergleich in einem Diagramm (c)

Bei der Analyse der Turns wurde ebenfalls festgestellt, dass die linke Schulter bzw. die gesamte linke Seite flexibler als die rechte ist. Zu erkennen ist das daran, dass sich die Winkel der linken Seite mehr verändern. Es ist also mehr Bewegung auf dieser Seite des Körpers vorhanden. Grund dafür ist, dass der Surfer Regularfoot ist, das heisst, dass er das linke Bein vorne auf dem Brett stehen hat. Die Welle des Eisbaches ist für ihn daher eine rechte Welle, was bedeutet, dass hier die Körperfront des Surfers zur Welle gerichtet ist. Die Einleitung und Ausführung der Drehbewegung bei diesen Wellen führt ein Regularfooter somit über die rechte Seite aus. Das rechte Bein ist die Drehachse, und so ist seine linke Körperseite diejenige, die vom Drehpunkt am weitesten entfernt liegt. Eine Vordrehung hier hat einen großen Effekt auf die Gesamtbewegung, da hier die größten Kräfte und somit auch die meisten Bewegungen auftreten.

Die Schulterachse rotiert vor und beginnt somit die Dreheinleitung. Erst durch das Nachdrehen der Hüfte, wieder zur parallelen Stellung der beiden Achsen zueinander, werden die Voraussetzungen für die Beine geschaffen. So können nun die Beine, hier vor allem das hintere Bein die Drehung des Brettes durchführen, indem es sich je nach Situation konzentrisch streckt und somit das Surfboard nach vorne wegdrückt oder sich konzentrisch beugt, wodurch das Board nach hinten gedrückt wird. Nur das hintere Bein kann diese Wirkung auf das Brett haben, da sich genau unter dem hinteren Fuß die Finnen befinden. Durch Druck auf das Tail des Boardes und somit auf die Finnen wird das Surfboard gedreht. Das vordere Bein ist bei der Drehung unterstützend tätig, indem es sich entweder konzentrisch beugt und das Board nach hinten wegdrückt; somit ist es dem hinteren Bein, welches sich in dieser Situation konzentrisch streckt und das Brett nach vorne wegdrückt, bei der Drehung des Brettes behilflich. Streckt sich das vordere Bein dagegen konzentrisch, schiebt es das Brett nach vorne weg und unterstützt damit die Drehung in die durch das hintere Bein begonnene Richtung (dieses beugt sich und drückt das Brett daher nach hinten weg).

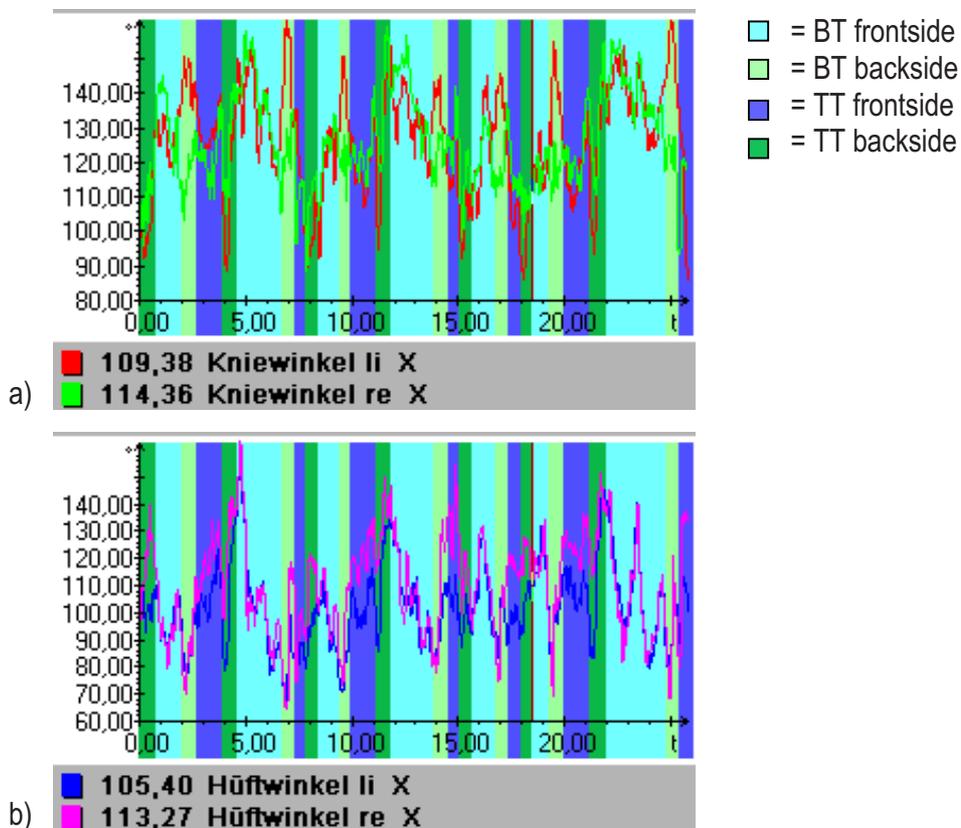
Für ein Surfraining ist die Kenntnis über diese Vordrehung sehr wichtig. So kann nun im Fitnessstudio zielgerecht daraufhin trainiert werden, damit der Surfer später im Wasser explosiver und somit effektiver die Kraft aus der Vorrotation seines Oberkörpers auf seinen Unterkörper übertragen kann. Eine geeignete Übung zum Aufbau und zur Weiterentwicklung der schrägen Bauchmuskeln wären dabei schräge Bauchcurls. In Fitnessstudios gibt es Wirbelsäulen-Rotationsmaschinen, mit denen die schrägen Bauchmuskeln im Stehen oder Sitzen mit Gewichten trainiert werden können. Dabei rotiert der Oberkörper in eine Richtung gegen die Widerstände vor und geht mit ihnen wieder in die Ausgangsposition zurück. Diese Übung ist am effizientesten, weil sie die Situation im Wasser widerspiegelt und zusätzlich noch die Rückenmuskeln und selbst die Arm- und Schultermuskeln mittrainiert. Es wird somit nicht nur eine explosive Drehung der Schulterebene, sondern auch ein explosives Drehen der Hüftachse trainiert. Die Bewegung wird im Fitnessstudio zwar parallel ausgeführt, also ohne Vorrotation und Nachdrehen, aber der Effekt für die beim Surfen gefragte Muskulatur ist der selbe.

Um mit verwandten Sportarten zu trainieren, wäre hier ein Training der Kickturns front- und backside (sie sind von der Technik gleich wie die Topturns beim Surfen) in der Halfpipe geeignet, da die Vordrehung der Schulterachse dort genauso funktioniert wie beim Surfen. Das Üben auf der stehenden Welle würde durch seine hohe Trainingsintensität einen sehr guten Erfolg für das Surfen im Meer erzielen.

6.1.3 Knie-Hüftwinkel

Wie schon beim Körperschwerpunkt angesprochen, ist es sehr wichtig, dass der Surfer eine tiefe Körperhaltung auf dem Surfboard einnimmt. Dieser tiefe KSP wird erreicht, indem die Knie- und auch die Hüftgelenke stark gebeugt werden. Diese Beugung hat aber nicht nur für den tiefen KSP Vorteile, sondern auch für die Ausführung der Turns. Der Surfer befindet sich ständig in tiefer Position, doch sobald er eine Drehung ansetzt, geht er noch tiefer nach unten. Besonders der rechte Kniewinkel verringert sich dabei extrem. Wie bei den Untersuchungsergebnissen schon erklärt, ist das rechte, also das hintere Bein, für die Drehung verantwortlich. Ist der Surfer nun tief in den Knien, kann er wesentlich mehr Druck auf die Brettkante ausüben als wenn er gestreckt auf dem Brett stehen würde. Die Kraftübertragung ist in der tieferen Position wesentlich effektiver. Die elektromyographischen Messungen zeigen deutlich auf, dass gerade durch diese tiefe Körperhaltung eine ständige Grundanspannung in der Muskulatur der unteren Extremitäten vorhanden ist.

An den Abbildungen 140 kann man gut erkennen, wie die Kniewinkel zwischen großen Werten bei der Drehung und kleineren Werten bei der Parallelfahrt schwanken. Desweiteren ist in Abb. 144 c) sehr gut erkennbar, dass die beiden Kniewinkel und die beiden Hüftwinkel relativ parallel verlaufen. Eine Beugung im Kniegelenk hat also immer auch eine Beugung im Hüftgelenk zur Folge und umgekehrt.



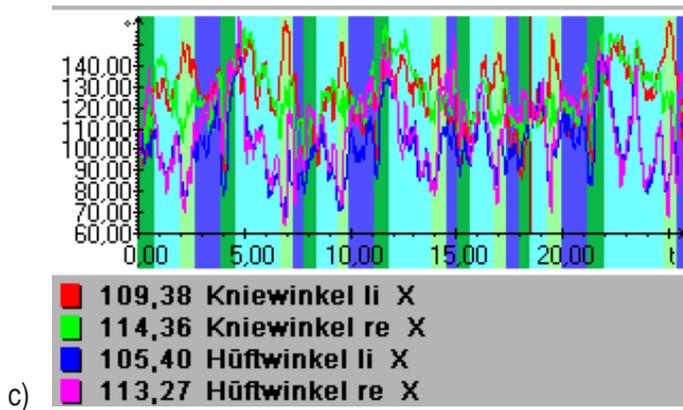


Abb. 140 Kniewinkel (a), Hüftwinkel (b), Alle Winkel zum Vergleich in einem Diagramm (c)

Für ein Training im Surfen bedeutet das, dass der Surfer, wie schon beim KSP besprochen, immer in der tiefen Hocke trainieren sollte, um die Muskulatur auf das Arbeiten in dieser Position vorzubereiten. Da es kein Gerät im Fitnessstudio gibt, bei dem man gleichzeitig das Heranbringen des linken und das Nachvornebringen des rechten Beines in einer Art Drehbewegung trainieren kann, ist das geeigneteste Gerät der Beincurl, bei dem zunächst die vordere und später die hintere Oberschenkel- und Gesäßmuskulatur trainiert wird. Hier wird vor allem für den Zug auf das Board nach hinten mit dem rechten Bein und den Druck nach vorne mit dem linken Bein und umgekehrt trainiert (siehe 5. „Darstellung der Ergebnisse“). Für die Muskulatur der Unterschenkel, aber auch in Kombination mit der Oberschenkelmuskulatur, bieten sich auch Kniebeugen mit leichten Gewichten an. So wird das explosive Strecken und Beugen trainiert.

Ein Gerät, das genau diese gegengleich ziehend-drehende Bewegung fordert, ist das Snakeboard. Es wurde vor einigen Jahren entwickelt und ist eine Art Skateboard mit zwei verschiedenen, sich voneinander unabhängig bewegenden Teilen. Unter den beiden Teilen, Platten, sind die Achsen mit je zwei Rollen angebracht. Das Snakeboard kann aus eigener Kraft nur bewegt werden, indem sich die beiden Füße, die sich auf den Platten befinden entgegengesetzt zueinander bewegen. Das entspricht genau der Bewegung der Beine während eines Turns im Wellenreiten. Sehr viele Surfer fahren allerdings nicht Snakeboard sondern Skateboard. Skatet ein Skateboardfahrer nicht in der Halfpipe oder an Ramps (Rampen), an denen er Tricks ausführen kann, sondern einfach nur auf der geraden Straße, wird diese gegengleiche Zug-Druck-Dreh-Bewegung ebenso gefordert, wenn sich der Skater nur durch seine eigene Kraft vorwärtsbewegen will. In diesem Fall könnte so die Beincoordination für die Turns im Surfen trainiert werden.

6.2 360° Turn

Für den 360° Turn lässt sich ergänzend zu den obigen Ausführungen der anderen Turns sagen, dass er durch seine extreme Belastung des rechten, hinteren Beines einer noch stärkeren Vorbereitung der Muskulatur bedarf. Dies wird auch sehr gut in Abb. 141 a) deutlich, wo der rechte Kniewinkel, hier grün dargestellt, immer mit einem großen Unterschied unterhalb des Wertes des linken Kniewinkels liegt.

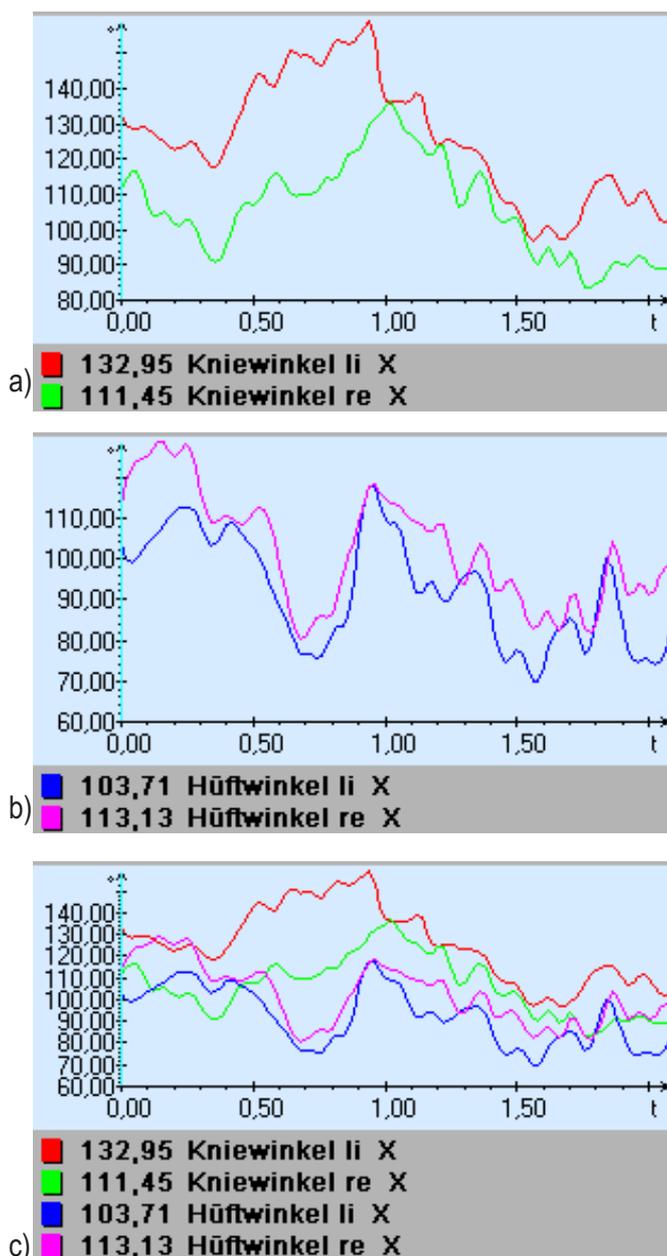


Abb. 141 Kniewinkel während des 360° Turn (a), Hüftwinkel (b), zum Vergleich alle Winkel in einem Diagramm (c)

Die Schulter- und Hüftachse laufen hier nur zu Beginn des Turns relativ parallel. In diesem Bereich ist der Surfer noch im Wellental und die vertikale Abweichung der Hüftachse zur Schulterachse kommt hier noch nicht zum Tragen. Erst in den folgenden Teilphasen befindet

sich der Surfer in der Aufwärtsfahrt, und wie bereits oben in den Verlaufsanalysen beschrieben, entsteht hier eine vertikale Differenz der beiden Achsen zueinander. Des Weiteren muss der Körper des Surfers sehr stark vorrotieren, damit die 360° Drehung vollendet werden kann. Die Differenzen der Schulter- und Hüftachsen sind in Abb. 142 zu sehen.

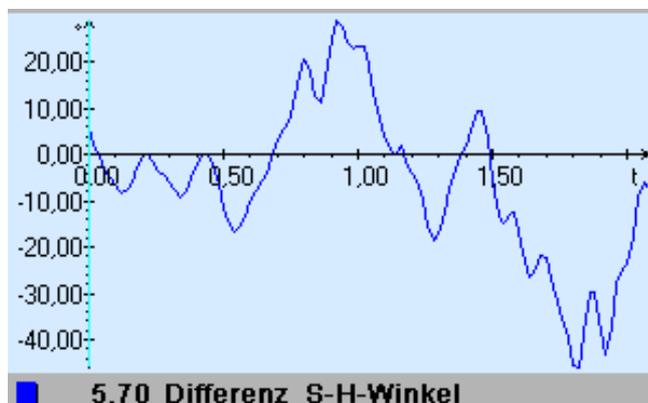


Abb. 142 Differenz zwischen Schulter- und Hüftachse während des 360° Turns

Eine sehr gut geeignete Übung an Land für den 360° Turn stellt das Werfen mit dem Schleuderball dar. Auch hier dreht die Schulterachse zunächst vor und die Hüftachse muss explosiv nachdrehen. Auch wird hierbei um eine feste Achse gedreht. Im Fall des 360° Turns ist es die rechte Körperhälfte, um die sich der gesamte Körper des Surfers samt Brett dreht. Auch der Blick muss bei dieser schnellen Drehung mit dem Schleuderball stets die Bewegung anführen, da der Sportler sonst zu weit dreht oder gar die Orientierung verliert und stürzt. Diese Orientierungsfähigkeit ist bei der Ausführung einer 360° Drehung beim Surfen ebenfalls von enormer Bedeutung. Dreht der Surfer zu weit, kann er keinen neuen Turn anhängen und seine Fahrt auf der Welle ist somit beendet. Verliert er die Orientierung, stürzt er vom Brett.

Für das Training der Koordination bei der Bewegungsausführung kann hier natürlich auch wieder beim Skateboardfahren und auch durch Surfen an einer stehenden Welle trainiert werden, da auch dort die 360° Drehung nur über die hintere Achse erfolgt.

6.3 Take off

Diese Technik muss gesondert von den anderen Turns betrachtet werden, da es sich hierbei nicht um einen Turn handelt, sondern um eine Technik, um von der liegenden Position auf dem Surfbrett in die stehende Grundstellung zu gelangen.

Der Körperschwerpunkt befindet sich beim Take off zu Beginn hinter, später wieder vor dem Körper des Surfers. Am Ende des Take off ist seine Position natürlich am höchsten. Wie in Abb. 143 zu erkennen, handelt es sich um einen kontinuierlichen Anstieg des KSP mit einem kleinen Rückgang während des Vorschwingens der Hüfte unter den Oberkörper.

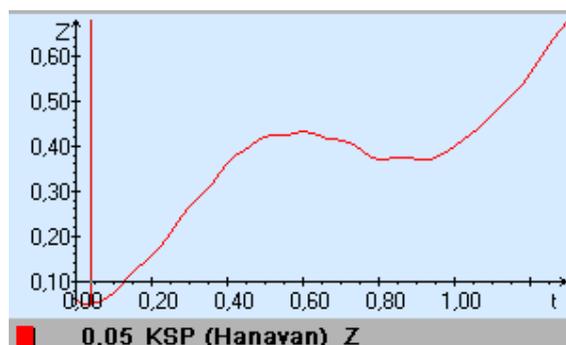


Abb. 143 KSP während des Take off

Will der Surfer aus der liegenden Position seinen Körper anheben und nach vorne bringen, muss eine explosive Kontraktion erfolgen. Dies erfolgt, indem der Surfer seine Hüfte explosionsartig kontrahiert. Um das zu trainieren, übt der Surfer an Land das Hüpfen aus der liegenden Position bäuchlings in die Hocke: ‚Häschen hüpf!‘. Dadurch wird zum einen die explosive Kontraktion im Hüftgelenk trainiert, zum anderen werden gleichzeitig noch die Arm- und Schultermuskeln auf die erhöhte Belastung in dieser Phase des Take off vorbereitet.

Die beiden Achsen verlaufen während der ersten und letzten Phase parallel (siehe Abb. 144), daher ist das ‚Häschen hüpf‘ auch für ihre Koordination gut geeignet. Um die Arm- und Schultermuskulatur weiter auf die Belastung vorzubereiten, sind Liegestütze sehr gut geeignet. Sie helfen auch zusätzlich noch die Muskulatur für das Anpaddeln, den Part vor dem Take off, zu trainieren. Es gibt im Fitnessstudio für das Anpaddeln auch ein Gerät, eine Art Überzugsmaschine bei dem der rechte Arm den Kabelzug nach unten zieht während der linke Arm nach oben geht und umgekehrt. So wird die Zugkraft beim Paddeln noch weiter trainiert. Schwimmen, vor allem Brustkraulschwimmen, ist die beste Methode, sich auf das Paddeln vorzubereiten.

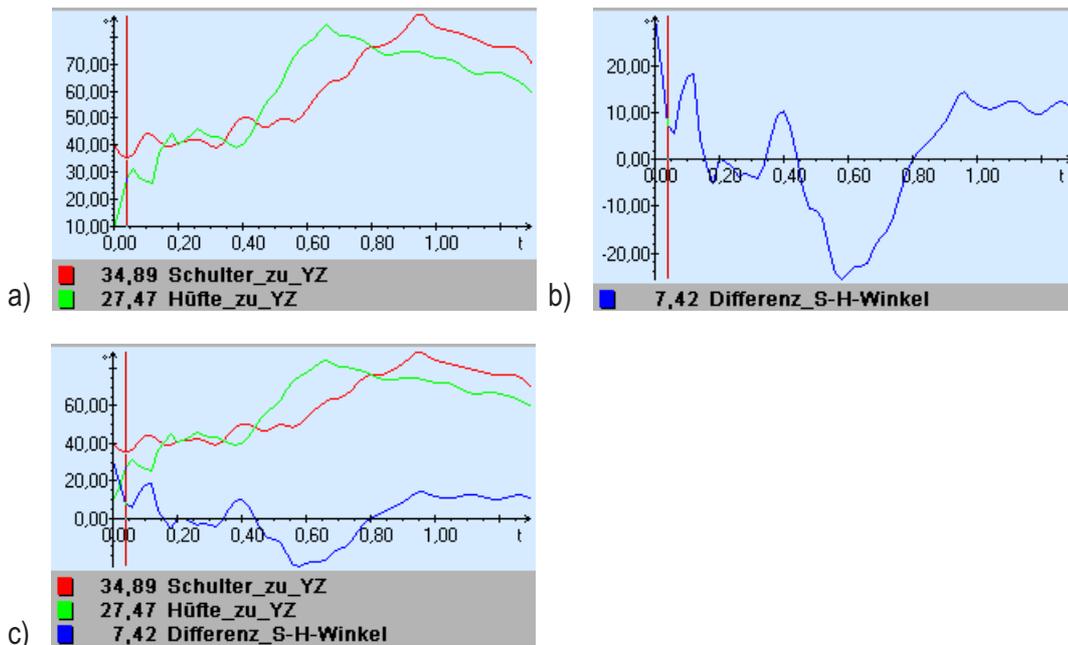


Abb. 144 a – c Schulter-Hüftachsen während des Take off

Um die Phase zu trainieren, in der der Surfer seine Hände vom Brett löst und sich zu strecken beginnt (vgl. Abb. 145), können an Land kleine Strecksprünge aus der tiefen Hocke gemacht werden. Da der Surfer sich aber nicht explosiv vom Brett abdrücken soll, da er sonst das Gleichgewicht verliert und stürzen würde, ist es sinnvoller, im Fitnessstudio die Hüftstreckung zu üben. Dort gibt es ein Gerät, die Lower-back-Press, mit dem man die Rückenmuskeln und die Hüftstrecker trainiert, indem man den Oberkörper gegen einen Widerstand nach hinten wegdrücken muss.

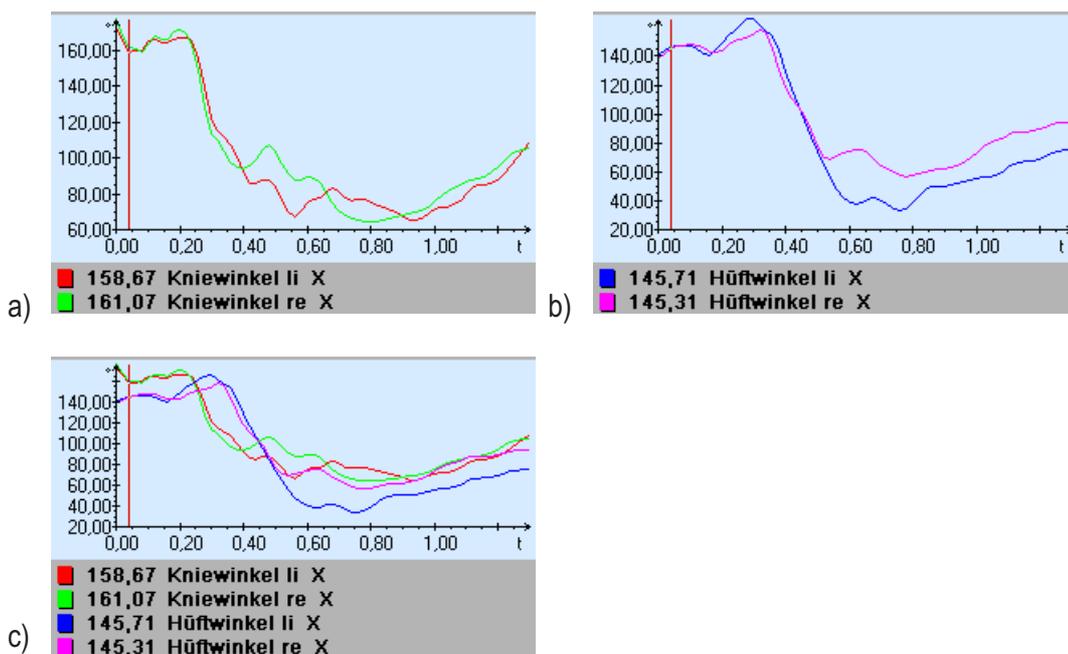


Abb. 145 a – c Knie- und Hüftwinkel während des Take off

7 Ausblick für weitere Untersuchungen im Surfen

Da sich diese Dissertation mit der grundlegenden Erfassung und Analyse kinematischer und elektromyographischer Messungen beschäftigt, liegt noch ein weites Spektrum an möglichen Themen offen. In den folgenden Ausführungen wird zunächst auf die Weiterführung dieser Studie im sportwissenschaftlichen Sinne eingegangen. Der darauffolgende Teil beschäftigt sich mit einem Überblick über mögliche neue Themenbereiche, die zwar teilweise in dieser Dissertation schon angesprochen, aber noch nicht ausführlich untersucht wurden. Ihre Untersuchung ist von großer Bedeutung für die sportwissenschaftliche Analyse des Wellenreitens.

7.1 Weiterführung der kinematischen und elektromyographischen Analyse des Wellenreitens

Das Ziel dieser Dissertation ist es, sich zum ersten Mal mit der bisher noch nicht sportwissenschaftlich erfassten Sportart Wellenreiten zu beschäftigen. Es sollte zunächst aufgezeigt werden, dass überhaupt gemessen werden kann und wie dies ablaufen sollte. Für weitere wissenschaftliche Arbeiten wäre daher eine direkte Weiterführung der hier durchgeführten Untersuchungen von großem Interesse. Es könnte nun begonnen werden, statistische Erhebungen zu machen, indem eine große Anzahl von Surfern verschiedener Könnerebenen, männlich und weiblich, Regular- oder Goofyfooter, in einer Studie zusammengebracht werden. Nur durch eine große Anzahl verschiedener Surfer kann später eine eindeutige Aussage über den Bewegungsverlauf und vor allem auch über die Muskelaktivität während der Bewegung gemacht werden. So könnte am Ende einer solchen Arbeit eine Ausarbeitung eines effektiven Trainingsplanes für das Wellenreit-Training an Land stehen.

Da diese Untersuchungen vor allem an stehenden Wellen stattfinden können, ist auch hier weiterhin eine geringe Fehlerquote, durch die etwas andere Bewegung als im Meer, gegeben. Sie wirkt sich jedoch nicht sehr groß aus und kann daher in Kauf genommen werden. Eine Messung am Meer wäre zwar auch denkbar, doch müsste für die dreidimensionale Bewegungsanalyse entweder ein Passpunktsystem konstruiert werden, das an einem Boot zu seiner Aufzeichnung durch die Welle fährt, auf der später die Surfer gefilmt werden sollen. Hier entstehen jedoch große Fehlerquellen, da die Meerwellen sich nicht wie eine stehende Welle immer am selben Fleck befinden, sondern mal näher am Strand, mal weiter draußen, mal weiter rechts und mal weiter links brechen. Da aber die Bewegungsanalysesoftware Simi°Motion kaum Abweichungen von der zuvor festgelegten Größe des Messausschnitts zulässt, wäre jede Abweichung von mehr als 30% aus diesem Ausschnitt eine potentielle Fehlerquelle, die die Messergebnisse verfälschen oder gar fragwürdig machen könnten.

Eine weitere Möglichkeit, ein Passpunktsystem zu entwickeln, bei dem es nicht ganz so viele Fehlerquellen gibt wie bei dem gerade beschriebenen, wäre eine mathematische Berechnung des dreidimensionalen Koordinatensystems. Doch auch diese Berechnung geht nicht überall, da bestimmte Fixpunkte an Land nötig wären, um sie durchzuführen. So wäre beispielsweise ein Pointbreak, der in eine Bucht übergeht, ein geeigneter Ort für diese Berechnungen. Die Landkoordinaten der Bucht könnten für die Berechnung herangezogen werden. Da dies jedoch mit großem Aufwand verbunden ist und selbst dann immer noch das Problem mit den nicht an einem fixen Ort brechenden Wellen gegeben ist, scheint es doch am nächsten zu liegen, weitere Untersuchungen an stehenden Wellen durchzuführen.

7.2 Neue Themen für eine wissenschaftliche Analyse des Wellenreitens

Da die weiteren Themen teils von Sportwissenschaftlern, teils von Medizinern ausgearbeitet werden können, werden sie in diese zwei Gruppen unterteilt.

7.2.1 Rein sportwissenschaftliche Untersuchungen

Ein mögliches Thema wäre die Untersuchung der Druckverhältnisse auf beiden Füßen während der Fahrt im Gesamtzusammenhang der Dynamometrie. Es ist zwar schon bei dieser Dissertation deutlich herausgekommen, dass der hintere Fuß, der vor allem für die Drehung des Brettes verantwortlich ist, wesentlich mehr Belastung trägt. Diese Plausibilitätsklärung wurde aber nur aufgrund der Analyse dreidimensionaler und elektromyographischer Messungen aufgestellt. Um eine exakte Druckverteilung bestimmen zu können, wäre es sinnvoll, piezoelektrische Geber als Mittel zur Druckmessung einzusetzen. Es könnten Druckmesssohlen in den Neoprenschuhen verwendet werden. Fraglich ist jedoch, ob exakte Messergebnisse erzielt werden können, da die Füße sich immer wieder teilweise unter Wasser befinden und sich somit die Druckvoraussetzungen ständig verändern könnten.

Ein sehr interessanter Vergleich wäre ein Thema für eine weitere sportwissenschaftliche Abhandlung. Hierbei handelt es sich um einen kinemetrisch-elektromyographischen Vergleich zwischen den verwandten Sportarten: Surfen, Skateboarden und Snowboarden. Zuerst gab es das Surfen; daraus entwickelte sich das Skateboarden, da die Surfer in der wellenlosen Zeit dieselben Tricks auch an Land wie sonst im Meer üben wollten. Als letzte Sportart gesellte sich das Snowboarden zu dieser Familie hinzu. Es wurde von Surfern entwickelt, die in den Bergen lebten und das Gefälle in Verbindung mit Schnee als gute Gleitunterlage für einen wellenreitähnlichen Sport nutzten. In dieser Dissertation wurde zu Beginn bereits ihre nahe Verwandtschaft angesprochen. Anhand von kinemetrischen Bewegungs- und

elektromyographischen Muskelanalysen könnten einzelne Aspekte dieser Verwandtschaft wissenschaftlich detaillierter und fundierter belegt werden.

Ein weiteres Thema wäre die Bestimmung von anthropometrischen Merkmalen, um herauszufinden, was einen guten Surfer ausmacht. Bei der biomechanischen Anthropometrie werden mechanische Eigenschaften des menschlichen Körpers gemessen. Diese mechanischen Eigenschaften unterteilen sich in eine Längen- und Größenmessung des Körpers oder Körperteils, in die geometrische Verteilung der Körpermasse, welche beispielsweise den Körperschwerpunkt beschreiben, den Gelenkaufbau sowie die Lage-, und schließlich noch die Festigkeitseigenschaften verschiedener Gewebe. Die Kenntnis der Lage des Körperschwerpunkts wurde bereits in dieser Dissertation untersucht und es ist dabei herausgekommen, dass ein tiefer KSP entscheidend für die Ausführung der Turns ist. Da seine Lage abhängig ist von den individuell unterschiedlichen Körpermerkmalen der Surfer, wie Größe- und Massenverteilung, wäre es interessant, die besten Surfer der Welt einmal genauer unter die anthropometrische Lupe zu nehmen, um herauszufinden, welche die optimalen körperlichen Voraussetzungen sind, um ein sehr guter Wellenreiter zu werden. Diese Untersuchung könnte vor allem bei Auswahl und Training zu fördernder jugendlicher Surfer von Bedeutung sein.

7.2.2 Sportwissenschaftlich-medizinische Untersuchungen

Die Untersuchung der Funktion und Arbeitsweise des Gleichgewichtsorgans wäre beim Wellenreiten sehr interessant. Das Gleichgewichtsorgan ist - wie schon in dieser Dissertation angesprochen - von enormer Bedeutung beim Wellenreiten. Nicht nur, weil sich der Surfer in einem anderen als dem natürlichen Element, dem Wasser, bewegt, sondern auch, weil er sich beim Surfen ständig um die eigene Achse dreht und wendet. Des Weiteren wäre es sehr wichtig, herauszufinden, was während eines „Waschganges“ mit dem Surfer passiert, wenn also der Surfer gestürzt ist und von der Kraft der Welle unter Wasser herumgewirbelt wird. Bei einem Versagen der vestibulären Analysatoren in einer solchen Situation weiß der Surfer nicht mehr, wo oben und unten ist. Er verliert die Orientierung und könnte daher sogar in relativ seichtem Wasser ertrinken, da er den Weg an die Wasseroberfläche nicht mehr finden kann.

Die Untersuchung eines anderen Analysators wäre ebenfalls sehr interessant für die weitere Bewegungsanalyse des Surfens. Die Bedeutung des optischen-visuellen Analysators wurde ebenfalls in dieser Dissertation schon angesprochen, jedoch nicht genauer untersucht. Die Augen in Verbindung mit dem Gehirn spielen nicht nur bei der Wellenauswahl, sondern auch bei der zeitlichen Aufeinanderfolge der Turns und ihres Bewegungsumfanges eine entscheidende Rolle. Die Augen erfassen die Umgebung und leiten diese Informationen dem Gehirn zu. Blicken sie in eine andere als die erforderliche Richtung, gelangen falsche

Informationen zum Gehirn, und der Surfer kann keine richtige Entscheidung bezüglich des nächsten Turns treffen. Hier liegt der große Unterschied zwischen Anfänger und erfahrenem Surfer. Ein Anfänger ist mit der Situation im Wasser überfordert, und seine Augen erfassen dadurch nicht gezielt genug die notwendigen Umgebungsinformationen. Ein erfahrener Surfer richtet seinen Blick jedoch immer auf die entscheidenden Stellen, sendet somit die richtigen Signale zum Gehirn und kann sich daher in der jeweiligen Situation immer richtig entscheiden.

Ein Thema, das sich eher in den rehabilitativen Bereich einreicht, wäre eine Untersuchung zur Verbesserung von Rückenbeschwerden durch das Surfen. Da gerade Rückenbeschwerden die Volkskrankheit Nummer 1 sind, wäre es eine Möglichkeit, alternative Therapien zu entwickeln. Natürlich würde die Nachfrage in Surfländern wie den USA oder Australien sehr viel größer sein, aber auch in Deutschland gibt es Fälle, in denen durch das Wellenreiten Bandscheibenvorfälle geheilt oder die Beschwerden stark verringert wurden. Grund dafür ist die starke Beanspruchung der Rücken- und Bauchmuskeln während des Surfens. Dies beginnt schon während des Paddelns, da der Surfer eine leichte Bogenspannung einnimmt, indem er den Oberkörper und teilweise die Unterschenkel vom Brett abhebt und durch das Halten dieser Position über einen gewissen Zeitraum hin die Rückenmuskeln stärkt. Beim Surfen selbst wird aufgrund der Tordierung in die Fahrtrichtung und in die jeweilige Richtung des Turns, die Rücken- wie auch die Bauchmuskulatur ständig beansprucht, ohne dass dabei im ungesunden Bereich trainiert wird. Der Rücken wird in der Bogenspannung nicht zu stark ins Hohlkreuz genommen, und bei der Tordierung entstehen auch keine Belastungen, weder auf den knöchernen Apparat der Wirbelsäule noch auf ihre Bandscheiben, Sehnen und Bänder. So könnte Surfen zu einer Verbesserung der Rücken- und Bauchmuskulatur (Rumpfmuskulatur) und damit zu einer Verbesserung von Rückenbeschwerden führen.

Ein weiteres Thema würde eher in den medizinisch-psychologischen Bereich fallen. Es geht dabei zum einen um die Adrenalinausschüttung beim Surfen, vor allem beim Big Wave Surfen, beim Surfen von sehr großen Wellen, zum anderen um die psychologische Belastung dieser Surfer in Gefahrensituationen. Beim Big-Wave-Surfen muss der Wellenreiter sehr viel Erfahrung in der Sportart mit sich bringen, aber auch ein besonderes psychologisches Profil aufweisen. Er muss besonders gut mit Stresssituationen umgehen und in diesen vor allem klare Entscheidungen treffen können, da davon sein Leben abhängen kann. Ein Grund für diese Extremsurfer, den Reiz in riesigen Wellen zu suchen, ist möglicherweise gerade die Adrenalinausschüttung dabei. So wäre es zum einen interessant zu erfahren, wie sie bei einer erfolgreichen Fahrt aussieht, aber eben gerade auch bei einer nicht erfolgreichen. Denn dann befindet sich der Surfer in einer extremen Stresssituation, da er von den riesigen Wellen bis zu 20 Meter unter Wasser gedrückt und herumgewirbelt werden kann. In diesen Tiefen ist es nachtschwarz, und die Adrenalinausschüttung müsste ganz erheblich gestiegen sein. Die Erstellung von psychologischen Profilen dieser Big Wave Surfer wäre zusätzlich zu diesen medizinischen Messungen noch ein sehr interessantes und noch völlig unerforschtes Gebiet.

8 Zusammenfassung

Allgemeiner Überblick über die geschichtliche und wissenschaftliche Entwicklung des Surfens
Diese sportwissenschaftliche Untersuchung des Wellenreitens beginnt zunächst mit einem historischen, gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Überblick über die Sportart Surfen. Die Geschichte und der Ursprung des Wellenreitens auf Hawaii durch die Polynesier bildet dabei den Anfang und geht über die Missionierung der Inseln und das damit verbundene Verbot des „heidnischen“ Surfens bis zu den Entwicklungen im Surfbrettbau nach dem Zweiten Weltkrieg und schließlich zur Entstehung eines professionell betriebenen Wettkampfsportes und zur Diskussion über die Aufnahme des Surfens in den Kreis der olympischen Sportarten für Athen 2004.

In der Zusammenfassung wissenschaftlicher Arbeiten zum Thema Surfen werden verschiedene Bereiche der Forschung angesprochen. Es beginnt mit einer medizinischen Untersuchung zum Thema Verletzungen beim Surfen. Ein Überblick über die gesellschaftliche Stellung und die Entwicklung einer Surf-Subkultur wird in der Betrachtung einiger soziologischer Arbeiten gegeben. Physikalische Formeln werden im nächsten Unterpunkt behandelt, welche beschreiben, warum ein Surfer auf dem Wasser stehend nicht untergeht und welche Kräfte auf ihn während des Surfens einwirken. Praktische Beispiele künstlicher stehender Wellen sowie die Untersuchung bestimmter Größen wie etwa der Kräfte, die auf ein Modell-Surfboard während der Fahrt auf einer Modell-Welle einwirken, werden im Abschnitt über Ingenieurswesen und Surfen betrachtet. Den letzten Punkt bildet eine sportwissenschaftliche Arbeit über das Wellenreiten. Dabei wird nicht nur auf den geschichtlichen Hintergrund, sondern vor allem auf die Anfängerschulung eingegangen. In dem Lehrplan werden die Schritte vom Gleiten in Bauchlage auf dem Surfbrett bis hin zum Abreiten einer ungebrochenen Welle dargestellt. Des Weiteren wird damit begonnen, Bewegungsbeschreibungen im Surfen zu erstellen, welche allerdings aufgrund zweidimensionaler Aufzeichnungen erfolgen. Ein Exkurs beschäftigt sich zusätzlich noch mit der Wellenentstehung, der Wellenbrechung, den Strömungen und den Gezeiten, um die theoretische Anfängerschulung zu komplettieren.

Den letzten Punkt dieses allgemeinen Teils über das Wellenreiten bildet ein Überblick über die bisherige Vorgehensweise beim Training im Surfen. Dabei wird auf die wichtige Stellung des Surfens im Meer eingegangen, da nur dort bestimmte Fähigkeiten wie etwa das Wellenlesen gelernt und perfektioniert werden können. Ein Training im ruhigen Gewässer wie etwa ein Paddeltraining oder auch Schwimmtraining kann die Arm-, Schulter- und Rückenmuskulatur auf die Belastung im Meer für das Hinauspaddeln durch die Brandung und für das Anpaddeln einer Welle vorbereiten. Eine Besonderheit, die für ein Training im Wellenreiten herangezogen werden kann, birgt das Training an stehenden Wellen. Hier können dieselben Manöver wie im Meer trainiert werden, nur mit wesentlich höherer Intensität, da eine stehende Welle beliebig

lange gesurft werden kann. Dadurch kann zum einen wesentlich intensiver an der Technik-Verbesserung bestimmter Turns gearbeitet werden, zum anderen werden auch die Muskeln stärker beansprucht und dadurch trainiert. Eine weitere Möglichkeit, Muskulatur aufzubauen und Techniken zu verbessern, besteht bei einem Training durch verwandte Sportarten: Skateboardfahren und Snowboarden, bei denen die Muskulatur im selben Maße beansprucht wird wie beim Surfen. Auf diese verschiedenen Möglichkeiten eines Trainings wird später im Punkt 6 „Diskussion der kinematischen und elektromyographischen Ergebnisse für ein Training im Surfen“ aufgrund der dann vorliegenden Ergebnisse aus den Untersuchungen nochmals und genauer eingegangen.

Theorie zu Kinemetrie und Elektromyographie

Den Hauptteil der Dissertation bilden die biomechanischen Untersuchungen, die sich mit der kinematischen und elektromyographischen Analyse des Surfens beschäftigen. Ein theoretischer Überblick beschreibt zunächst, worauf es bei den folgenden Untersuchungen ankommt und wo die Besonderheiten im Bezug auf das Surfen liegen. Die Beschreibung der Bewegungsmerkmale schafft dabei zunächst ein Grundraster, an das sich die Kinemetrie mit ihrer dreidimensionalen Analyse von sportlichen Bewegungen anschließt. Des Weiteren wird auf den Zusammenhang der elektromyographischen Messungen und der Bewegungssteuerung eingegangen, da in dieser Studie die Messung der Muskelaktivität im Rahmen der Bewegungssteuerung mit ihrer Wahrnehmung, Bewegungsprogrammierung, Steuerung und Regelung sowie Bewertung der Bewegung erfolgt.

Planung, Durchführung und Auswertung der Messungen

Im Abschnitt über die Planung der Messungen werden nicht nur die Anzahl und die Auswahl der Surfer und der zu untersuchenden Muskulatur, die Synchronisation und Kalibrierung sowie die verwendeten Geräte und deren Aufbau vor Ort dargelegt, sondern auch die Bewältigung von besonderen Aufgaben bei der Messung der elektromyographischen Werte in Verbindung mit der dreidimensionalen Videoanalyse.

Ausgewählt wurden 4 Surfer der gleichen Könnertstufe. Es handelt sich hierbei um sehr gute und in der Bewegungsausführung sehr präzise Flußsurfer. Alle Surfer haben die gleiche Stellung auf dem Surfboard, sie stehen mit dem linken Bein vorne und dem rechten hinten (regularfoot Surfer). Die zu betrachtende Muskulatur wird aufgrund der beschränkten Anzahl von 7 EMG-Kabel auf die selbe Anzahl festgelegt. Es handelt sich dabei um die Oberschenkelmuskulatur hinten: Musculus biceps femoris rechts und links, die Oberschenkelmuskulatur vorne: Musculus rectus femoris rechts und links sowie die Unterschenkelmuskulatur hinten: Musculus gastrocnemius rechts und links und die Unterschenkelmuskulatur vorne: Musculus tibialis anterior rechts.

Für die Messungen benötigt man zwei synchronisierte digitale Videokameras sowie Marker, um die für die dreidimensionale Bewegungsanalyse nötigen 20 Abtastpunkte hervorzuheben. Des Weiteren werden Oberflächenelektroden inklusive ihrer Verkabelung, Speicherkarten und Datenlogger mit Anschlusskasten für Kabel und Stromversorgung für die elektromyographische Untersuchung und eine Triggerlampe inklusive Stromverkabelung, Antennenkabel und Fernbedienung für die Synchronisation verwendet. Zusätzlich sind noch ein Computer und ein Stromgenerator für die Überprüfung der aufgezeichneten EMG-Messungen vor Ort vorhanden. Eine besondere Herausforderung stellt sich durch die Notwendigkeit des Messens direkt am Körper des Surfers. Für die wasserempfindlichen Geräte muss dabei zunächst eine trockene Umgebung geschaffen werden. Mit Hilfe einer wasserfesten Tauchertasche, einer speziellen Verschraubung am Taschenausgang und einer Konstruktion von zwei mit Kabelschlitzen versehenen Plastikscheiben zur wasserdichten Abdichtung des Kabelausgangs wird diese trockene Umgebung erreicht. Die Tauchertasche wird dann in einer Neoprentasche eingelegt, die an einem Neoprengurt befestigt ist. So können die Geräte während des Surfens an einer für den Surfer relativ wenig störenden Stelle, auf dem Rücken in Höhe der Lendenwirbelsäule, angebracht werden.

Die Raumkalibrierung erfolgt mit einem dreidimensionalen Passpunktsystem, welches aus Aluminiumstangen besteht und inklusive der Verbindungsstücke die Maße 1,50 m x 1,50 m x 1,50 m hat. Es wird von den beiden synchronisierten Videokameras an der selben Stelle aufgezeichnet, an der sich zuvor der Surfer bewegt hat. Die Bildpunkte des Passpunktsystems werden dann mit der dreidimensionalen Bewegungsanalysesoftware der Firma „Simi°Motion“ abgetastet und ergeben so ein dreidimensionales Koordinatensystem für die spätere dreidimensionale Bewegungsanalyse.

Synchronisiert wird mit Hilfe einer Triggerlampe, welche durch das Auslösen einer Fernbedienung zu leuchten beginnt und so eindeutig den Startpunkt für die kinematischen Aufzeichnungen liefert. Die Messung der elektromyographischen Werte wird gleichzeitig mit dem Einschalten der Triggerlampe gestartet. Die Videobilder beider Kameras und die elektromyographischen Daten sind somit synchronisiert.

Im weiteren Verlauf kommt es nun zur Beschreibung der Situation am Münchner Eisbach, der stehenden Welle, an der die Untersuchungen vorgenommen werden. Da sehr schnell fließendes Wasser aus den Bergen durch ein begradigtes Flußbett fließt, muss es an bestimmten Stellen im Kanal immer wieder abgebremst werden, damit es nicht zu Erosionen kommt. An diesen Stellen soll Energie aus dem Wasser genommen werden, damit es danach langsamer weiterfließen kann. Durch bestimmte bauliche Maßnahmen, wie etwa das Einsetzen von Störkörpern - im Fall des Eisbachs sind es Betonpfeiler - wird die Welle abgebremst und Energie geht verloren. Es entstehen Verwirbelungen, zu erkennen an dem Weißwasser, das sich durch den Aufprall auf die Störkörper bildet. Die Besonderheit am

Eisbach stellt die im vorderen Teil der so entstandenen Welle offene Schulter dar. Das bedeutet, dass sich in diesem Teil der Welle kein Weisswasser befindet. Es tritt erst hinter der stehenden Welle auf. Dadurch kann man auf dieser so entstandenen offenen Welle surfen. Die Kamerapositionen für die Aufzeichnungen befinden sich zum einen auf der linken Seite des Surfers und zum anderen vor ihm, oben auf der Brücke „Prinzregentenstraße“. Beide Kameras stehen in einer erhöhten Position, was zur Folge hat, dass die aufzuzeichnenden Körperpunkte auf den beiden Videobildern sehr gut zu erkennen sind. Der Computer sowie der Stromgenerator befinden sich auf der rechten Seite der Welle in sicherer Entfernung von etwaigem Spritzwasser. Ein Seilzugsystem bringt das Passpunktsystem am Ende der Videoaufzeichnungen in die gewünschte Position auf der Welle. Dazu wird es an zwei Bäumen rechts und links der Welle befestigt und mit Hilfe eines Führungsseils in die richtige Position gebracht.

Messdurchführung

Begonnen wird mit der Befestigung der Oberflächenelektroden an der Muskulatur des Surfers, danach werden die Marker am Neoprenanzug über den Körperpunkten angebracht. Die Aufzeichnung der Messungen beginnt mit den Fahrten der verschiedenen Surfer und endet mit der Erfassung des Passpunktsystems in der Welle. Eine Zwischenauswertung der Speicherkarte für die elektromyographischen Messungen erfolgt zwischen den einzelnen Fahrten. Am Ende der Aufzeichnungen werden die Geräte zur Auswertung zurück in die Universität gebracht.

Auswertung der Messungen

Danach folgt die Ausarbeitung zur Auswertung der Messungen am Computer mit der Beschreibung der verwendeten Bewegungsanalyse-Software Simi°Motion. Die Ungenauigkeiten, die beim Abtasten der Körperpunkte auf dem Videobild bei den Aufzeichnungen durch Spritzwasser (Füße unter Wasser) oder die Bewegung an sich (Ellbogen gerade vom Oberkörper verdeckt) entstanden sind werden mit Hilfe des Lückenfüll-Programms in Simi°Motion beseitigt. Durch ein zusätzliches Glätten der Werte mit dem „Moving Average“ Filter (auch in Simi°Motion) werden diese Ungenauigkeiten noch weiter verringert. Das Passpunktsystem wird groß genug gewählt (siehe oben), so dass sich während der Aufzeichnungen die einzelnen Körperpunkte weniger als 30% ausserhalb dieses Systems befinden. Dadurch wird eine ungenaue Auswertung der dreidimensionalen Bilder verhindert. Des Weiteren sind die Kameras fix befestigt, so dass sich der von ihnen aufgezeichnete Bildausschnitt nie ändert. Durch die Synchronisation der beiden Kameras wird weiter sichergestellt, dass es zu keinen Verzögerungsfehlern kommen kann, ebenso wie durch das feste Anbringen wasserfester Marker an den Gelenken und Körperpunkten, damit es dort nicht zu einem Verrutschen und somit zu einer Verfälschung des Gesamtergebnisses kommen kann. Ebenfalls in Simi°Motion werden die elektromyographischen Messungen mit Hilfe eines gleichgerichteten EMGs dargestellt und bearbeitet.

Die erhobenen Parameter werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Für die Verlaufsbeschreibung muss zunächst eine Einteilung in die einzelnen Phasen der Bewegung erfolgen, dabei wird ein Phasenmodell mit 4 Phasen unterschieden: Bottom Turn frontside, Bottom Turn backside, Top Turn frontside und Top Turn backside. Ein weiteres Phasenmodell ergibt sich aus der Kombination dieser Phasen plus einiger Zwischenphasen. Sie beschreiben dann den Cutback frontside und backside. Bei dem ersten Phasenmodell wird in den einzelnen Phasen nochmals in 3 Teilphasen unterschieden. Sie beschreiben den Ablauf eines einzelnen Turns mit Dreheinleitung, Drehausführung und Vollendung der Drehung. Bei dem Phasenmodell des Cutbacks ergibt sich durch die Kombination verschiedener Teilturms eine Einteilung in 9 Teilphasen, welche auch hier wieder den Ablauf eines einzigen Cutbacks beschreiben. Am Ende der Auswertung kann man alle Phasen miteinander vergleichen, um Gemeinsamkeiten oder Unterschiede besser feststellen zu können. Diese Diagramme werden mit Hilfe der Phasenerlegung in Simi°Motion erstellt.

Nach dieser Einteilung werden die Körperschwerpunktlage, die Körperwinkel und die Körperachsen, sowie die muskuläre Aktivität genauer erklärt, da sie für die im nächsten Punkt folgenden Ergebnisse von Bedeutung sind. Die Kenntnis des Körperschwerpunkts ist deswegen so wichtig, weil er für die Bewegungsausführung des Turns entscheidend ist. Durch kleinste Veränderung in der Körperhaltung kann dieser KSP verändert werden. Die Körperwinkel werden wie der KSP auch mit Hilfe von Simi°Motion berechnet. Ihre Betrachtung soll zeigen, wie sich die Knie- und Hüftwinkel im Verlauf der Bewegung verändern. Der Achsenvergleich der Schulter- und Hüftachse dient dazu aufzuzeigen, inwieweit sie für die Bewegungsausführung verantwortlich sind und wie sie sich in der Bewegung verhalten. Auch dies erfasst man mit Simi°Motion. Die Betrachtung der Muskelaktivität rundet die Analyse der Bewegung ab. Sie soll aufzeigen, wann die jeweiligen Muskeln aktiv sind, wann sie konzentrisch, exzentrisch oder isometrisch arbeiten. Durch die Kenntnis dieser Aktivität und der daraus folgenden muskulären Koordination kann man ein zeitliches Aktivitätsmuster erstellen und sehen, wie die Muskeln alleine und in der Zusammenarbeit während der Bewegung arbeiten.

Ergebnisse

Bei den Resultaten werden die einzelnen Turns Bottom Turn, Top Turn und Cutback jeweils front- und backside sowie der Take off und der 360° Turn frontside (hier nur als Fallstudie), nach den zuvor aufgestellten Parametern analysiert. Es werden genaue Verlaufsbeschreibungen der einzelnen Turns in ihren verschiedenen Teilphasen erstellt. Bei den Bottom Turns und den Top Turns wird zusätzlich noch die Muskelaktivität während der Bewegung detailliert beschrieben. Es kann festgestellt werden, dass der Körperschwerpunkt immer vor dem Körper des Surfers etwa auf Höhe der Hüfte zu finden ist. Die Stärke der Kurveninnenlage entscheidet dabei wie weit er vom Körper entfernt ist. Bei der Schulter- und Hüftachse hat sich herausgestellt, dass sie in der Dreheinleitung, in der Abwärts-/

Aufwärtsfahrt voneinander abweichen, da sich die Schulterachse vordreht. In der nächsten Teilphase, im Wellental / am Wellenkamm dreht jedoch die Hüfte nach, und beide Achsen verlaufen wieder parallel. Im weiteren Verlauf dreht die Schulterachse wieder vor, da sich der Surfer wieder in die Aufwärts- / Abwärtsfahrt begibt. Dadurch wird die entscheidende Rolle dieser Achsen für die Dreheinleitung sowie für die Ausführung der Drehung deutlich. Natürlich arbeitet vor allem auch der hintere Fuß entscheidend an der Drehung mit. Er kann jedoch erst dadurch richtig aktiv eingreifen, dass er durch die Vorrotation der Schulterachse bzw. das Nachdrehen der Hüftachse den entscheidenden Impuls bekommt. Die Knie- und Hüftwinkel spiegeln diese Impulsübertragung auch wider, indem sie eine unterschiedliche Beugung aufweisen können, wenn sich der Surfer gerade in der Vorbereitung der Drehung befindet (hinteres Knie und Hüfte gebeugter als vordere). Ihre Winkel können aber auch auf beiden Seiten fast identisch sein, befindet sich der Surfer beispielsweise gerade in der Parallelfahrt im Wellental bzw. am Wellenkamm.

Die elektromyographische Untersuchung hat ergeben, dass die Muskeln der unteren Extremität sehr gut miteinander arbeiten. Sie leisten sowohl isometrische Haltearbeit, um den Surfer stabil in der Kurveninnenlage zu halten, ohne dass er vom Brett ins Kurveninnere stürzt. Sie arbeiten aber auch konzentrisch, wenn sie beispielsweise durch eine konzentrische Kontraktion des Musculus rectus femoris (am hinteren Bein) das Kniegelenk strecken und den Unterschenkel somit nach vorne drücken, damit dieser seinerseits wieder Druck auf die hintere Kante des Surfboards ausüben kann. Des Weiteren kommt es auch zu exzentrischen Kontraktionen, wenn etwa der Musculus biceps femoris des vorderen Beines durch die Aufwärtsfahrt (vorderes Bein wird von der Welle nach oben gedrückt, der Kniewinkel verkleinert sich) exzentrisch kontrahiert wird.

Diskussion der kinematischen und elektromyographischen Ergebnisse für ein Training im Surfen

Die Diskussion der Ergebnisse erklärt jetzt die zuvor lediglich festgestellten Sachverhalte, warum sich die Schulter- und Hüftachse, außer in der Vordrehphase, parallel bewegen, warum ein niedriger Körperschwerpunkt beim Wellenreiten ebenso wichtig ist wie die Tatsache, dass immer das hintere Bein für die Drehung verantwortlich ist. Die Schulter- und Hüftachse sind wie schon im vorhergehenden Abschnitt beschrieben für die Dreheinleitung sowie die Drehausführung hauptverantwortlich. Eigentlich müsste man hier verstärkt auf die Bedeutung der Arme vor allem bei der Vorrotation eingehen. Durch die Schwungeinleitung, bei der sie starke rotatorische Kräfte an die Schulter- und Hüftachse und indirekt an den ganzen Körper weitergeben, sind sie ausschlaggebend für die Drehung. Da aber die Arm- / Schulter-muskulatur nicht elektromyographisch vermessen wurde, kann nicht durch Messungen nachgewiesen werden, dass sie wirklich der Auslöser für die Drehung sind.

Die Schulterachse rotiert vor und beginnt somit die Dreheinleitung. Erst durch das Nachdrehen der Hüfte, wieder zur parallelen Stellung der beiden Achsen zueinander, werden die Voraussetzungen für die Bewegung der Beine geschaffen. So können nun die Beine, hier vor allem das hintere Bein die Drehung des Brettes durchführen, indem es sich je nach Situation konzentrisch streckt und somit das Surfboard nach vorne wegdrückt oder indem es sich konzentrisch beugt und dabei das Board nach hinten drückt. Nur das hintere Bein kann diese Wirkung auf das Brett haben, da sich genau unter dem hinteren Fuß die Finnen befinden. Durch Druck auf das Tail des Boardes und somit auf die Finnen wird das Surfboard gedreht. Das vordere Bein ist bei der Drehung unterstützend tätig, indem es sich entweder konzentrisch beugt und das Board nach hinten wegdrückt, oder sich konzentrisch streckt und damit das Brett nach vorne wegschiebt.

Der niedrige Körperschwerpunkt macht es dem Surfer erst möglich, die mehr oder weniger starke Kurveninnenlage bei den Turns einzunehmen, ohne dabei ins Kurveninnere zu stürzen. Auch beim Take-off, der Aufstehbewegung auf dem Board, ist es wichtig, den KSP niedrig zu halten, vor allem in der letzten Teilphase, da der Surfer sonst in eine instabile Lage kommen würde, aus der ein Sturz resultieren würde.

Aufgrund dieser Interpretationen werden zu den jeweiligen Abschnitten Vorschläge für geeignete Übungen zum Training der Muskelgruppen gegeben. Es wird ebenfalls die Situation eines optimalen Trainings geschildert, wobei sich die drei Teile: Surfen im Meer, Training im Fitnessstudio und Arbeit an einer stehenden Welle optimal ergänzen und daher einen leistungssteigernden Erfolg für das Surfen im Meer erzielen können.

Ausblick für weitere Untersuchungen im Surfen

Der letzte Abschnitt beschäftigt sich mit dem Ausblick für weitere Untersuchungen im Surfen, wobei sich diese in rein sportwissenschaftliche und sportwissenschaftlich-medizinische Themen unterteilen lassen. Bei den sportwissenschaftlichen Themen könnte zunächst mit der Weiterführung dieser Studie begonnen werden, wobei nun eine statistische Erhebung durch die Untersuchung vieler Surfer unternommen werden könnte. Nur dadurch wäre es möglich, einen präzisen Trainingsplan zu erstellen. Des Weiteren könnte mit Hilfe von piezoelektrischen Gebern die Druckverhältnisse an den beiden Füßen während des Surfens untersucht werden, um eindeutige Beiwiese dafür zu liefern, dass und in wieweit das hintere Bein bei der Drehung des Boardes die Hauptarbeit übernimmt. Ein Vergleich zwischen den verwandten Sportarten Surfen, Skateboarden und Snowboarden aus kinematischer und elektromyographischer Sicht wäre ein weiterer interessanter Themenbereich, um den Grad der Verwandtschaft festzustellen und auf ein effektives Training durch Ausübung verwandter Sportarten stärker eingehen zu können. Die Bestimmung anthropometrischer Merkmale könnte dazu führen, herauszufinden, was einen sehr guten Surfer körperlich von einem

schlechteren Surfer unterscheidet. Diese Untersuchung könnte für den Bereich des Begabentrainings von großem Interesse sein.

Bei den sportwissenschaftlich-medizinischen Themen wäre die Untersuchung der Funktion und Arbeitsweise des Gleichgewichtsorgans während des Surfens und während eines „Waschgangs“ möglich, wobei der Surfer unter Wasser herumgewirbelt wird. Die Bedeutung der Augen in Verbindung mit dem Gehirn wäre ein weiterer interessanter Untersuchungsgegenstand, da die optisch-visuellen Analysatoren beim Surfen sehr wichtig sind, beispielsweise bei der Entscheidung, wann welcher Turn wo in der Welle ausgeführt wird. Ein Thema für den rehabilitativen Bereich wäre eine Untersuchung zur Verbesserung von Rückenbeschwerden durch das Surfen, da gerade beim Surfen die Bauch- und Rückenmuskeln sehr stark trainiert werden, ohne dabei eine Schädigung des knöchernen Apparates sowie der Sehnen, Bänder und Bandscheiben hervorzurufen. Die Adrenalinausschüttung beim Surfen sehr grosser Wellen (Big-Wave-Surfen) bildet den letzten Themenbereich für weitere Untersuchungen, der hier angesprochen werden soll. Hierbei sollte jedoch nicht nur auf die Adrenalinausschüttung während der Fahrt auf diesen riesigen Wellen (über 20 Meter) eingegangen werden, sondern auch auf die Ausschüttung des Adrenalins nach einem Sturz, wobei die Surfer bis zu 20 Meter tief unter Wasser gedrückt werden und lebensgefährlichen Belastungen ausgesetzt sind.

Abbildungsverzeichnis:

- Abb. 1 Hawaiianische Felszeichnung; <http://coffeetimes.com/surf.htm>; S. 2.
- Abb. 2 James Cook`s Ankunft auf Hawaii; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 32.
- Abb. 3 Hawaiianische Surferinnen; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 33.
- Abb. 4 George Freeth; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 44.
- Abb. 5 Beach Boys von Hawaii; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 42.
- Abb. 6 Duke Kahanamoku; Lueras, Leonard; Surfing; S. 90.
- Abb. 7 Surfer mit Hund; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 42.
- Abb. 8 Duke in der Bucht von Freshwater; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 47.
- Abb. 9 Hohles Brett; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 50.
- Abb. 10 Spulseil; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 69
- Abb. 11 Erstes industriell gefertigtes Surfboard; Young, Nat; The History of Surfing; 1983; S. 45.
- Abb. 12 Filmplakat aus den 60-zigern; Lueras, Leonard; Surfing; 1984; S. 123.
- Abb. 13 Neoprenanzug; Conway, John; Adventure Sports Surfing; 1988; S. 20.
- Abb. 14 Greg Noll; <http://www.glendale.cc.ca.us/geo/thesis.htm>; S. 190.
- Abb. 15 Noserider - Hang Ten; Hamilton, Billy; in: The Surfers Journal; Volume 4; N° 4; S. 123.
- Abb. 16 Gerry Lopez, Pipeline, Oahu Hawaii; Lopez, Gerry; in: The Surfers Journal; Volume 4; N° 4; S. 93.
- Abb. 17 Short- / Longboard; Conway, John; Adventure Sports Surfing; 1988; S.14.
- Abb. 18 Slater, Kelly; in: Wave 2/97; S. 98.
- Abb. 19 a) Jetski zieht Tow-in-Surfer in die Welle; Surfing Magazine; Volume 37, N°6; S. 78.
- Abb. 19 b) Tow-in-Surfen; O`Neill Werbung in: Surfing Magazine; Volume 37, N°6; Coverinnenseite.
- Abb. 20 Verletzungen durch Kontakt mit dem eigenen / fremden Surfboard; <http://www.surfstudy.sitehosting.net>; S. 6.
- Abb. 21 Verletzungen während des Surfens; <http://www.surfstudy.sitehosting.net>; S. 7.
- Abb. 22 Querschnitt einer Laborwelle; Killen, Peter, Dr; <http://www4.tpg.com.au/users/mpaine/thesis.html>; S. 5.
- Abb. 23 Laborwelle mit einem Modellsurfboard; Killen, Peter, Dr; <http://www4.tpg.com.au/users/mpaine/thesis.html>; S. 6.
- Abb. 24 Draufsicht auf den Pool mit seinen beiden Wellen; <http://molasar.blackmagic.com/ses/wrest/surf/gabrek.html>; S. 2.

- Abb. 25 a) Beckendesign für eine Wave Loch Welle;
<http://www.waveloch.com/index2.html>
- Abb. 25 b) Wave Loch Welle ohne Wasser; <http://www.waveloch.com/index2.html>
- Abb. 25 c) Hohl brechende Wave-Loch-Welle mit Surfer;
<http://www.waveloch.com/index2.html>
- Abb. 26 a) bildliche Darstellung der Durchbrechungsmethode: Eskimorolle; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 48.
- Abb. 26 b) bildliche Darstellung der Durchbrechungsmethode: Eskimorolle; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 78.
- Abb. 27 a) Verlaufsbeschreibung eines Top Turns; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 92.
- Abb. 27 b) Photo eines Top Turns; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 92.
- Abb. 28 Dünung entsteht; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 103.
- Abb. 29 Beachbreak; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 104.
- Abb. 30 Darstellung der lokalen Strömungen in Ufernähe, zur Erläuterung der Strömungen in Richtung Strand; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 82.
- Abb. 31 Perfekte Dünung zur Veranschaulichung des „Wellenlesens“; Indonesien; Surfing Europe; Sommer 1999, Episode 2; S. 70 f.
- Abb. 32 Brustkraul im Schwimmen; Brandherm, Boris; www.schwimmstil.de.
- Abb. 33 Paddeln im Surfen; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 42.
- Abb. 34 Rotierende Wasserteilchen in einer Welle; Zeichnung von Phil Roberts in : The Book of Waves; Robert Rinehart Publishers; Boulder/Colorado USA; 1997; S. 40f.
- Abb. 35 Weißwasser bei der stehenden Welle Eisbach -> hinter der Welle; Matschkur, Tina; eigenes Video.
- Abb. 36 Profil einer brechenden Meer-Welle -> Weißwasser vor der Welle; Warren Jacobi/CORBIS, Image ID:CB010123; <http://store.corbis.com>.
- Abb. 37 a) Schnittbild der Welle von Rincon, Kalifornien, USA; Zeichnung von Phil Roberts in: The Book of Waves, Robert Rinehart Publishers; Boulder/Colorado USA; 1997; S. 48.
- Abb. 37 b) Rincon Welle; Surfing Girl; Volume 4, N° 2; S. 34.
- Abb. 38 Turn an der Coping beim Poolskaten; Orton, George; International Longboarder Magazine; Summer/Fall 2000, Volume 2 Issue 1; S. 15.
- Abb. 39 a) Top Turn beim Surfen; Brooke, Serena; Wahine; Volume 7, N° 4; S. 76.
- Abb. 39 b) Top Turn; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; 1998; S. 94

- Abb. 40 a) Snowboarden; Dunn, Shannon; Wahine, Volume 4, N°4; S. 37
- Abb. 40 b) Skateboarden; Ettl, Julian; privat Photo.
- Abb. 40 c) Surfen im Meer;
http://www.surfermag.com/pics/index.shtml?section=pics&subsection=ateam&content=servaistavirights_thumbsrip_curl_cup/media_gallery.html
- Abb. 40 d) Surfen an einer stehenden Welle; Wann, Barrett, J.; privat Photo.
- Abb. 41 Optisches Messprinzip der Videographie; eigene Zeichnung aus dem Seminar für Biomechanik am Lehrstuhl für Bewegungs- und Trainingslehre der Technischen Universität München.
- Abb. 42 Modell des sportmotorischen Handlungsvollzugs; Grosser, Manfred u.a.; Die sportliche Bewegung; BLV Sportwissen, München 1987; S. 172.
- Abb. 43 Wellenlesen mit Hilfe der optisch-visuellen Analysatoren; Burns, Ronnie; in: The Surfers Journal; Volume 4; N° 4; S. 58.
- Abb. 44 Oberschenkelmuskulatur von vorne und von hinten; Weineck, Jürgen, Dr. med.; Sportanatomie; 1993, 8. Auflage; S. 149.
- Abb. 45 a) Musculus gastrocnemius; Weineck, Jürgen, Dr. med.; Sportanatomie, 8. Auflage; 1993; S. 164.
- Abb. 45 b) Musculus tibialis anterior; Weineck, Jürgen, Dr. med.; Sportanatomie, 8. Auflage; 1993; S. 173.
- Abb. 46 Position der vorderen Oberflächenelektroden vorne; eigene Zeichnung.
- Abb. 47 Position der vorderen Oberflächenelektroden hinten; eigene Zeichnung.
- Abb. 48 a) Plastikscheiben mit Einkerbungen; eigene Zeichnung.
- Abb. 48 b) Photo Plastikscheibe mit Verschraubung; eigenes Photo.
- Abb. 49 Photo wasserfeste Tasche inklusive EMG-Kabel; eigenes Photo.
- Abb. 50 Spezielle Verschraubung am Taschenausgang; eigenes Photo.
- Abb. 51a) Neoprengurt mit Tasche; eigenes Photo.
- Abb. 51b) Öffnungen an der Taschenunterseite; eigenes Photo.
- Abb. 52 a – d Neoprentasche inklusive aller elektrischer Geräte an der Testperson; eigenes Video.
- Abb. 53 a) Koordinatenberechnung des Passpunktsystems aufgrund der zuvor ermittelten 10 Kalibrierungspunkte; eigene Zeichnung.
- Abb. 53 b) Koordinatenberechnung des Passpunktsystems in Simi°Motion; eigenes Video.
- Abb. 54 a) Passpunktsystem von der Seite (rechts); eigenes Video.
- Abb. 54 b) Passpunktsystem von oben; eigenes Video.
- Abb. 55 Leuchten der Triggerlampe für die Synchronisation; Matschkur, Tina; eigenes Video.
- Abb. 56 Die 4 Kräfte, die auf die Welle einwirken; eigene Zeichnung.
- Abb. 57 Plan des Münchner Eisbach in der Seitenansicht; Unterlagen vom Wasser- und Brückenbauamt München.

- Abb. 58 Plan des Münchner Eisbach in der Draufsicht; Unterlagen vom Wasser- und Brückenbauamt München.
- Abb. 59 Eisbach – Plan vor Ort; eigene Zeichnung.
- Abb. 60 a) Bild Surfer von oben; Matschkur, Tina; eigenes Video.
- Abb. 60 b) Bild Surfer von der Seite rechts; Matschkur, Tina; eigenes Video.
- Abb. 60 c) Bild Surfer von der Seite links; Lapenna-Brakus, Marco; eigenes Video.
- Abb. 61 a) Passpunktsystem von oben; Matschkur, Tina; eigenes Video und Simi-Motion.
- Abb. 61 b) Passpunktsystem von der Seite rechts; Matschkur, Tina; eigenes Video und Simi-Motion.
- Abb. 62 a) Videobild mit den abgetasteten 20 Körperpunkten von oben; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 62 b) Videobild mit den abgetasteten 20 Körperpunkten von der Seite; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 63 a) Fuß unter Wasser und Bild sehr dunkel; Lapenna-Brakus, Marko; eigenes Video.
- Abb. 63 b) Unterkörper vom Spritzwasser verdeckt; Matschkur, Tina; eigenes Video.
- Abb. 64 Diagramm des EMGs vom Musculus rectus femoris rechts; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 65 Phasenmodell; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 66 a) Bottom Turn frontside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 66 b) Bottom Turn backside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 67 a) Top Turn frontside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 67 b) Top Turn backside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 68 a) Cutback frontside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 68 b) Cutback backside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 69 Take off frontside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 70 360° Turn frontside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 71 a – f Phasen; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 72 KSP in der Strichmännchendarstellung; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 73 KSP als Diagramm; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 74 Diagramm Schulter-Hüftachsen Vergleich; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 75 Diagramm Kniewinkel; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 76 Grundstellung frontside; eigene Zeichnung.
- Abb. 77 a – f Grundstellung frontside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 78 Grundstellung backside; eigene Zeichnung.
- Abb. 79 a – f Grundstellung backside; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 80 a) Bottom Turn frontside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 90.

- Abb. 80 b) Bottom Turn frontside; Anderson, Lisa; Surfers Magazine; Volume 38, N° 2; S. 73
- Abb. 81 – 84 Bottom Turn frontside (I – III); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 85 Bottom Turn backside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 91.
- Abb. 86 – 89 Bottom Turn backside (I – III); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 90 a) Top Turn frontside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 92.
- Abb. 90 b) Photo Top Turn frontside; Trip Surf; Volume 8/97, N° 22; S. 88.
- Abb. 91 – 94 Top Turn frontside (I – III); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 95 Top Turn backside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 93.
- Abb. 96 – 99 Top Turn backside (I – III); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 100 Cutback frontside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 95.
- Abb. 101 – 110 Cutback frontside (I – IX); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 111 Cutback backside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 95.
- Abb. 112 – 121 Cutback backside (I – IX); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 122 Take off frontside; Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; S. 89.
- Abb. 123 – 128 Take off frontside (I – V); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 129 360° Turn frontside; eigene Zeichnung.
- Abb. 130 – 137 360° Turn frontside (I – VII); eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 138 KSP-Werte einer Fahrt; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 139 a – c Schulter-Hüftachsen; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 140 a – c Kniewinkel; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 141 a – c Kniewinkel während des 360° Turn; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 142 Differenz zwischen Schulter- und Hüftachse während des 360° Turns; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 143 KSP während des Take off; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 144 a – c Schulter- und Hüftachsen während des Take off; eigene Daten aus Simi°Motion.
- Abb. 145 a – c Knie- und Hüftwinkel während des Take off; eigene Daten aus Simi°Motion.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Kalibrierungspunkte bei der Koordinatenberechnung; eigene Tabelle.
Tab. 2	Phaseneinteilung (Teilphase I – III) Bottom Turn front- und backside; eigene Tabelle.
Tab. 3	Phaseneinteilung (Teilphase I – III) Top Turn front- und backside; eigene Tabelle.
Tab. 4	Phaseneinteilung (Teilphase I – IX) Cutback frontside; eigene Tabelle.
Tab. 5	Phaseneinteilung (Teilphase I – IX) Cutback backside eigene Tabelle.
Tab. 6	Phaseneinteilung (Teilphase I – V) Take off frontside; eigene Tabelle.
Tab. 7	Phaseneinteilung (Teilphase I – VII) 360° frontside; eigene Tabelle.
Tab. 8	Grundstellung frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 9	Grundstellung backside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 10	Bottom Turn frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 11	Zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Bottom Turn frontside; eigene Tabelle.
Tab. 12	Bottom Turn backside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 13	Zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Bottom Turn backside; eigene Tabelle.
Tab. 14	Top Turn frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 15	Zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Top Turn frontside; eigene Tabelle.
Tab. 16	Top Turn backside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 17	Zeitliches Aktivitätsmuster der untersuchten Muskeln beim Top Turn backside; eigene Tabelle.
Tab. 18 a)	Cutback frontside: Gesamt aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 18 b)	Cutback frontside: Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 19 a)	Cutback backside: Gesamt aller Fahrten eigene Tabelle aus Simi°Motion
Tab. 19 b)	Cutback backside: Mittelwert aller Fahrten; eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 20	Take off frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten eigene Tabelle aus Simi°Motion.
Tab. 21	360° turn frontside: Gesamt und Mittelwert aller Fahrten eigene Tabelle aus Simi°Motion.

Literaturverzeichnis

1. Ballreich, Rainer & Baumann, Wolfgang; Grundlagen der Biomechanik des Sports; 2. Auflage; Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1996.
2. Baumann, Wolfgang; Grundlagen der Biomechanik; Trainerakademie Köln e.V.; Verlag Karl Hofmann, Schorndorf 1989.
3. Brooks, Leslie; The physics behind surfing; San Diego University, USA 1999; <http://molasar.blackmagic.com/ses/surf/papers/physicsofsurf2.html>.
4. Carroll, Nick; The Next Wave - The World of Surfing; Abbeville Press; New York, USA 1991.
5. Conway, John; Adventure Sports Surfing; Salamander Books Limited; London, United Kingdom 1988.
6. Crawford, Carin; Waves of Transformation; University of California, San Diego, USA 1993; <http://www.facs.scripps.edu/surf/wavesof/html>.
7. Gabrielson, Bruce; Gabriels Break – A new approach to wave pool designs; Chesapeake Beach, Maryland, USA 1995; <http://molasar.blackmagic.com/ses/wrest/surf/gabrek.html>.
8. Grimley, Erin A.; The physics of surfing; San Diego University, USA 1998; <http://molasar.blackmagic.com/ses/surf/papers/physicsgrm.html>.
9. Grosser, Manfred u.a.; Die sportliche Bewegung; BLV Sportwissen, München 1987.
10. Grosser, Manfred; Strarischka, Stephan; Das neue Konditionstraining; BLV Sportwissen, München 1998.
11. Höfer, Hans; Hawaii - Apaguides; RV-Reise- und Verkehrsverlag GmbH; München 1992.
12. Hull, Stephen Wayne; A sociological study of the surfing subculture in the Santa Cruz area; University of San Jose State, USA 1976; http://www.facs.scripps.edu/surf/srf_thes.html.
13. Kampion, Drew & Brown, Bruce; Stoked – Die Geschichte des Surfens; Benedikt Taschen Verlag GmbH, Köln 1998.
14. Killen, Peter; A stationary oblique breaking wave for laboratory testing surfboards; School of General Studies; Australian National University of Canberra, Australien 1976, Privatunterlagen.
15. Lopez, Gerry; Interview Video: 25 Jahre Pipeline Classics; Windsurfing Chiemsee; Grabenstätt 1996.
16. Lueras, Leonard; Surfing - The ultimate Pleasure; Workman Publishing; New York, USA 1984.
17. Ludin, Hans-Peter; Praktische Elektromyographie; 5. Auflage; Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1997.
18. Matschkur, Tina; Betrachtungen zum Wellenreiten; Technische Universität München 1998.
19. Meinel, Kurt & Schnabel, Günter; Bewegungslehre – Sportmotorik; 9. Auflage; Sportverlag Berlin; Berlin 1998.

20. Nathanson, Andrew, M.D.; Surfing injuries: an internet-based survey; Department of Emergency Medicine of Rhode Island Hospital & Brown University School of Medicine; USA 1985; <http://www.surfstudy.sitehosting.net>.
21. Nigg, Benno M & Herzog, Walter; Biomechanics of the Musculo-skeletal System; Verlag John Wiley & Sons, Ltd.Chichester, Great Britain 1994.
22. Paine, Michael; Hydrodynamics of surfboards; Sydney University, Australien 1974; <http://www1.tpgi.com.au/user/mpaine/thesis.html#pitot>.
23. Reed, Michael Alan; Waves of Commodification: A critical investigation into surfing subculture; San Diego University, USA 1999; <http://www.glendale.cc.ca.us/geo/thesis.htm>.
24. Richter, Ulrich; Surfing - Wellenreiten, Das faszinierende Spiel mit der Brandung; Bussesche Verlagshandlung GmbH; Herford 1995.
25. Röthig, Peter; Sportwissenschaftliches Lexikon; 6. Auflage; Verlag Karl Hofmann, Schorndorf 1992.
26. Schmidt, Richard A. & Lee, Timothy D.; Motor Control and Learning – A Behavioral Emphasis; 3rd. Edition; Human Kinetics; USA 1999.
27. Weineck, Jürgen; Sportanatomie; 8. Auflage; Perimed-spitta Medizinische Verlagsgesellschaft; Nürnberg 1993.
28. Young, Nat; The History of Surfing; Palm Beach Press; New South Wales, Australien 1983.

Grundstellung frontside										
	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP
	KnieW li X	KnieW re X	Diff KnieW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HüftW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) S-H-W	KSP zu Z (in cm)
M1-2_1	139,94	127,60	12,34	117,79	124,18	-6,39	35,75	25,51	10,24	0,72
M1-2_2	129,20	149,78	-20,58	118,58	127,85	-9,27	39,67	27,88	11,79	0,72
M1-2_3	140,96	119,03	21,93	108,01	109,77	-1,76	36,71	25,04	11,67	0,66
M1-2_4	125,34	113,91	11,43	122,57	123,72	-1,15	44,90	33,05	11,85	0,83
M1-3_1	131,54	127,44	4,10	110,42	118,07	-7,65	39,02	34,36	4,66	0,77
M1-3_2	131,37	124,69	6,68	129,39	133,74	-4,35	46,79	40,40	6,39	0,70
M1-3_3	118,95	118,85	0,10	101,89	113,34	-11,45	33,33	37,20	-3,87	0,68
M1-3_4	118,76	130,73	-11,97	109,02	115,44	-6,42	44,33	42,52	1,81	0,83
M2-1_1	131,12	140,48	-9,36	88,68	96,06	-7,38	43,33	38,98	4,35	0,79
M2-1_2	130,25	129,30	0,95	101,34	116,01	-14,67	22,32	30,62	-8,31	0,73
M2-1_3	123,27	117,01	6,26	100,43	111,17	-10,74	48,03	42,78	5,25	0,71
M2-1_4	127,73	128,75	-1,02	100,33	109,97	-9,64	28,42	29,77	-1,36	0,70
M2-1_5	116,17	127,82	-11,65	94,25	97,73	-3,48	34,05	28,63	5,42	0,79
M2-1_6	126,82	139,79	-12,97	99,54	104,25	-4,71	47,79	40,08	7,71	0,84
M3-1_1	133,58	114,11	19,47	99,83	97,51	2,32	37,80	29,62	8,18	0,82
M3-1_2	138,68	136,89	1,79	101,59	103,98	-2,39	43,64	37,54	6,10	0,78
M3-1_3	127,03	123,15	3,88	86,00	91,42	-5,42	53,33	50,54	2,79	0,80
M3-1_4	126,50	122,09	4,41	86,40	96,61	-10,21	34,16	31,53	2,63	0,91
M3-1_5	130,20	130,60	-0,40	106,90	111,64	-4,74	33,09	30,51	2,58	0,80
M3-1_6	117,96	123,05	-5,09	115,67	119,30	-3,63	38,65	39,14	-0,49	0,69
M3-1_7	144,31	118,26	26,05	85,26	93,90	-8,64	42,06	39,45	2,62	0,83
M4-1_1	131,63	139,28	-7,65	89,14	104,72	-15,58	32,11	32,92	-0,81	0,81
M4-1_2	127,82	129,65	-1,83	92,14	101,76	-9,62	37,57	39,45	-1,87	0,79
M4-1_3	118,11	125,05	-6,94	102,05	99,79	2,26	28,95	28,03	0,92	0,79
M4-1_4	125,32	132,82	-7,50	111,33	121,61	-10,28	35,86	36,49	-0,63	0,87
M4-1_5	118,55	131,15	-12,60	99,35	99,70	-0,35	38,26	38,91	-0,65	0,75
M4-1_6	132,84	145,94	-13,10	109,99	119,99	-10,00	35,33	32,59	2,74	0,83
M4-1_7	138,51	131,74	6,77	91,81	101,01	-9,20	41,53	41,51	0,02	0,80
M5-1_1	129,59	129,22	0,37	80,91	87,18	-6,27	44,09	47,64	-3,55	0,81
M5-1_2	138,52	129,95	8,57	96,49	103,16	-6,67	23,93	24,23	0,30	0,70
M5-1_3	136,03	140,41	-4,38	99,34	107,03	-7,69	35,93	36,00	-0,07	0,79
M5-1_4	140,41	128,25	12,16	92,99	92,65	0,34	25,02	25,20	-0,18	0,75
M5-1_5	127,67	129,81	-2,14	81,74	93,75	-12,01	52,31	51,56	0,75	0,77
M5-1_6	125,80	142,07	-16,27	82,61	91,07	-8,46	32,63	32,05	0,58	0,80
M5-1_7	136,28	134,58	1,70	121,47	131,36	-9,89	47,59	47,67	-0,08	0,80
Gesamt	4272,81	4268,86	3,95	3332,04	3545,33	-213,29	1238,38	1150,17	88,81	25,59
Mittelwert	129,48	129,36	0,12	100,97	107,43	-6,46	37,53	34,85	2,69	0,78

Grundstellung frontside										
	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP
	KnieW li X	KnieW re X	Diff KnieW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HüftW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) S-H-W	KSP zu Z (in cm)
M1-2_1	139,94	127,60	12,34	117,79	124,18	-6,39	35,75	25,51	10,24	0,72
M1-2_2	129,20	149,78	-20,58	118,58	127,85	-9,27	39,67	27,88	11,79	0,72
M1-2_3	140,96	119,03	21,93	108,01	109,77	-1,76	36,71	25,04	11,67	0,66
M1-2_4	125,34	113,91	11,43	122,57	123,72	-1,15	44,90	33,05	11,85	0,83
M1-3_1	131,54	127,44	4,10	110,42	118,07	-7,65	39,02	34,36	4,66	0,77
M1-3_2	131,37	124,69	6,68	129,39	133,74	-4,35	46,79	40,40	6,39	0,70
M1-3_3	118,95	118,85	0,10	101,89	113,34	-11,45	33,33	37,20	-3,87	0,68
M1-3_4	118,76	130,73	-11,97	109,02	115,44	-6,42	44,33	42,52	1,81	0,83
M2-1_1	131,12	140,48	-9,36	88,68	96,06	-7,38	43,33	38,98	4,35	0,79
M2-1_2	130,25	129,30	0,95	101,34	116,01	-14,67	22,32	30,62	-8,31	0,73
M2-1_3	123,27	117,01	6,26	100,43	111,17	-10,74	48,03	42,78	5,25	0,71
M2-1_4	127,73	128,75	-1,02	100,33	109,97	-9,64	28,42	29,77	-1,36	0,70
M2-1_5	116,17	127,82	-11,65	94,25	97,73	-3,48	34,05	28,63	5,42	0,79
M2-1_6	126,82	139,79	-12,97	99,54	104,25	-4,71	47,79	40,08	7,71	0,84
M3-1_1	133,58	114,11	19,47	99,83	97,51	2,32	37,80	29,62	8,18	0,82
M3-1_2	138,68	136,89	1,79	101,59	103,98	-2,39	43,64	37,54	6,10	0,78
M3-1_3	127,03	123,15	3,88	86,00	91,42	-5,42	53,33	50,54	2,79	0,80
M3-1_4	126,50	122,09	4,41	86,40	96,61	-10,21	34,16	31,53	2,63	0,91
M3-1_5	130,20	130,60	-0,40	106,90	111,64	-4,74	33,09	30,51	2,58	0,80
M3-1_6	117,96	123,05	-5,09	115,67	119,30	-3,63	38,65	39,14	-0,49	0,69
M3-1_7	144,31	118,26	26,05	85,26	93,90	-8,64	42,06	39,45	2,62	0,83
M4-1_1	131,63	139,28	-7,65	89,14	104,72	-15,58	32,11	32,92	-0,81	0,81
M4-1_2	127,82	129,65	-1,83	92,14	101,76	-9,62	37,57	39,45	-1,87	0,79
M4-1_3	118,11	125,05	-6,94	102,05	99,79	2,26	28,95	28,03	0,92	0,79
M4-1_4	125,32	132,82	-7,50	111,33	121,61	-10,28	35,86	36,49	-0,63	0,87
M4-1_5	118,55	131,15	-12,60	99,35	99,70	-0,35	38,26	38,91	-0,65	0,75
M4-1_6	132,84	145,94	-13,10	109,99	119,99	-10,00	35,33	32,59	2,74	0,83
M4-1_7	138,51	131,74	6,77	91,81	101,01	-9,20	41,53	41,51	0,02	0,80
M5-1_1	129,59	129,22	0,37	80,91	87,18	-6,27	44,09	47,64	-3,55	0,81
M5-1_2	138,52	129,95	8,57	96,49	103,16	-6,67	23,93	24,23	0,30	0,70
M5-1_3	136,03	140,41	-4,38	99,34	107,03	-7,69	35,93	36,00	-0,07	0,79
M5-1_4	140,41	128,25	12,16	92,99	92,65	0,34	25,02	25,20	-0,18	0,75
M5-1_5	127,67	129,81	-2,14	81,74	93,75	-12,01	52,31	51,56	0,75	0,77
M5-1_6	125,80	142,07	-16,27	82,61	91,07	-8,46	32,63	32,05	0,58	0,80
M5-1_7	136,28	134,58	1,70	121,47	131,36	-9,89	47,59	47,67	-0,08	0,80
Gesamt	4272,81	4268,86	3,95	3332,04	3545,33	-213,29	1238,38	1150,17	88,81	25,59
Mittelwert	129,48	129,36	0,12	100,97	107,43	-6,46	37,53	34,85	2,69	0,78

BottomTurr frontside												
	Teil- phase	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP zu Z (cm)
			KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) _S-H-W	
M1-2_1	TPh I	0,50	117,82	108,27	9,55	97,09	101,11	-4,02	63,33	53,95	9,37	0,72
	TPh II	1,02	142,08	120,05	22,03	119,15	127,95	-8,80	36,50	32,25	4,25	0,71
	TPh III	1,26	139,15	107,15	32,00	88,24	90,03	-1,79	64,14	39,92	24,22	0,76
M1-2_2	TPh I	3,08	111,90	89,60	22,30	90,97	104,37	-13,40	72,11	79,33	-7,22	0,66
	TPh II	3,58	140,56	118,61	21,95	123,74	140,36	-16,62	44,04	43,10	0,95	0,65
	TPh III	3,90	140,58	103,20	37,38	84,08	89,16	-5,08	63,98	44,30	19,68	0,83
M1-2_3	TPh I	7,44	120,77	105,08	15,69	96,59	105,60	-9,01	59,89	52,23	7,65	0,56
	TPh II	8,00	129,10	110,15	18,95	112,77	123,14	-10,37	31,50	31,96	-0,46	0,60
	TPh III	8,30	144,99	115,80	29,19	87,66	80,93	6,73	53,23	33,69	19,54	0,68
M1-2_4	TPh I	10,48	126,89	127,81	-0,92	90,57	104,24	-13,67	68,04	52,19	15,85	0,92
	TPh II	11,16	129,85	115,59	14,26	114,32	118,98	-4,66	47,74	37,78	9,96	0,85
	TPh III	11,32	138,00	104,98	33,02	98,59	86,59	12,00	76,21	53,37	22,84	0,87
M1-3_1	TPh I	0,30	119,42	130,91	-11,49	113,84	108,94	4,90	62,97	50,33	12,64	0,82
	TPh II	0,62	128,17	126,72	1,45	109,61	119,34	-9,73	39,49	39,28	0,21	0,76
	TPh III	0,92	139,39	112,23	27,16	85,76	88,15	-2,39	50,26	33,20	17,06	0,80
M1-3_2	TPh I	2,80	117,90	117,29	0,61	107,33	122,57	-15,24	88,56	73,92	14,64	0,74
	TPh II	3,30	132,57	135,79	-3,22	124,49	134,40	-9,91	44,88	40,72	4,16	0,72
	TPh III	3,50	141,00	129,37	11,63	94,74	88,53	6,21	63,38	35,52	27,86	0,85
M1-3_3	TPh I	6,84	139,98	148,44	-8,46	111,08	106,23	4,85	62,11	45,41	16,71	0,76
	TPh II	7,60	118,08	116,11	1,97	100,12	108,56	-8,44	38,90	38,82	0,08	0,67
	TPh III	8,00	142,92	115,46	27,46	69,56	68,42	1,14	60,52	46,32	14,20	0,70
M1-3_4	TPh I	10,28	128,72	130,37	-1,65	98,58	90,61	7,97	74,54	58,10	16,44	0,96
	TPh II	10,84	123,26	123,69	-0,43	104,64	108,76	-4,12	47,00	43,98	3,02	0,85
	TPh III	11,00	142,72	105,35	37,37	93,04	78,93	14,11	74,65	58,41	16,24	0,85
M2-1_1	TPh I	0,94	117,04	132,41	-15,37	122,11	117,60	4,51	63,17	49,29	13,89	0,89
	TPh II	1,70	126,37	136,25	-9,88	83,11	94,79	-11,68	39,17	39,61	-0,44	0,82
	TPh III	2,02	136,11	129,25	6,86	82,55	81,24	1,31	55,26	38,28	16,98	0,83
M2-1_2	TPh I	4,90	142,42	151,13	-8,71	103,34	101,18	2,16	70,36	51,41	18,95	0,81
	TPh II	6,08	127,05	123,25	3,80	101,14	109,08	-7,94	30,62	30,97	-0,35	0,71
	TPh III	6,38	153,17	123,21	29,96	87,22	75,72	11,50	65,91	42,14	23,77	0,71
M2-1_3	TPh I	7,96	109,08	114,94	-5,86	96,01	102,29	-6,28	76,93	65,63	11,30	0,70
	TPh II	8,30	120,34	115,73	4,61	100,71	114,71	-14,00	45,19	45,61	-0,41	0,69
	TPh III	8,54	134,94	111,10	23,84	81,93	73,98	7,95	77,13	47,59	29,54	0,78
M2-1_4	TPh I	11,48	124,12	144,06	-19,94	121,64	122,74	-1,10	56,02	46,62	9,39	0,65
	TPh II	12,38	139,06	131,61	7,45	93,70	104,45	-10,75	28,82	28,61	0,20	0,77
	TPh III	12,56	144,31	115,80	28,51	74,08	72,89	1,19	53,18	38,18	15,00	0,80
M2-1_5	TPh I	15,78	123,93	140,23	-16,30	100,58	100,89	-0,31	67,86	51,86	16,00	0,65
	TPh II	16,78	119,67	126,56	-6,89	95,88	99,92	-4,04	27,77	27,11	0,67	0,80
	TPh III	17,32	150,52	126,50	24,02	86,62	77,13	9,49	52,76	38,75	14,00	0,70
M2-1_6	TPh I	19,56	135,05	138,81	-3,76	94,51	95,19	-0,68	73,35	52,60	20,75	0,86
	TPh II	19,90	128,90	139,44	-10,54	99,64	105,14	-5,50	44,70	37,16	7,55	0,85
	TPh III	20,08	142,68	124,85	17,83	89,07	84,22	4,85	59,02	35,02	24,00	0,85
M3-1_1	TPh I	0,94	125,08	141,60	-16,52	97,50	98,56	-1,06	84,64	63,67	20,97	0,92
	TPh II	1,80	131,53	128,52	3,01	106,58	107,59	-1,01	42,08	35,55	6,53	0,82
	TPh III	2,12	150,65	107,40	43,25	78,36	72,07	6,29	66,54	50,98	15,55	0,77

M3-1_2	TPh I	5,22	151,60	153,44	-1,84	105,07	104,18	0,89	62,82	47,40	15,42	0,75
	TPh II	6,42	116,27	121,50	-5,23	84,34	95,23	-10,89	32,41	32,23	0,18	0,82
	TPh III	6,80	145,74	119,90	25,84	68,22	68,06	0,16	66,90	51,21	15,69	0,74
M3-1_3	TPh I	8,36	108,33	115,08	-6,75	102,72	109,65	-6,93	80,56	67,78	12,77	0,65
	TPh II	9,14	117,13	132,30	-15,17	94,29	98,36	-4,07	34,18	34,78	-0,60	0,78
	TPh III	9,46	138,73	118,89	19,84	71,37	81,13	-9,76	47,51	50,88	-3,37	0,79
M3-1_4	TPh I	12,50	143,36	149,44	-6,08	103,69	102,67	1,02	69,65	51,77	17,88	0,71
	TPh II	13,68	123,40	123,78	-0,38	88,85	98,31	-9,46	32,09	29,96	2,12	0,91
	TPh III	13,90	142,79	116,46	26,33	84,93	82,35	2,58	50,55	33,75	16,80	0,88
M3-1_5	TPh I	15,64	103,56	108,73	-5,17	93,28	94,22	-0,94	80,54	65,13	15,41	0,70
	TPh II	16,56	126,03	117,61	8,42	94,86	104,86	-10,00	35,99	35,55	0,45	0,81
	TPh III	16,76	134,62	110,05	24,57	88,03	82,36	5,67	54,71	34,50	20,21	0,79
M3-1_6	TPh I	18,48	109,38	114,36	-4,98	105,40	113,27	-7,87	77,40	64,07	13,33	0,84
	TPh II	19,14	117,97	123,05	-5,08	115,67	119,28	-3,61	38,65	39,13	-0,48	0,69
	TPh III	19,42	141,80	109,79	32,01	81,56	74,75	6,81	73,97	58,17	15,79	0,75
M3-1_7	TPh I	24,00	126,16	135,34	-9,18	81,23	85,21	-3,98	60,49	45,88	14,61	0,99
	TPh II	24,64	141,97	128,90	13,07	107,77	108,02	-0,25	28,84	27,18	1,67	0,88
	TPh III	24,84	147,17	124,20	22,97	82,58	80,94	1,64	60,90	43,64	17,26	0,80
M4-1_1	TPh I	0,00	133,74	138,83	-5,09	105,40	99,22	6,18	58,65	43,33	15,32	0,87
	TPh II	0,46	131,63	139,28	-7,65	89,14	104,72	-15,58	32,11	32,92	-0,81	0,81
	TPh III	0,66	148,80	133,12	15,68	83,37	80,79	2,58	53,98	39,41	14,57	0,78
M4-1_2	TPh I	2,48	106,23	112,76	-6,53	117,40	110,94	6,46	68,84	55,00	13,84	0,72
	TPh II	3,52	123,77	126,18	-2,41	87,10	98,21	-11,11	40,22	40,45	-0,23	0,79
	TPh III	3,72	152,04	116,77	35,27	93,54	82,99	10,55	77,10	58,57	18,53	0,75
M4-1_3	TPh I	7,08	124,77	128,59	-3,82	125,73	122,75	2,98	63,03	44,21	18,82	0,63
	TPh II	8,26	127,45	120,83	6,62	87,22	95,08	-7,86	24,99	25,57	-0,58	0,75
	TPh III	8,44	153,44	119,25	34,19	72,07	69,16	2,91	60,77	53,05	7,73	0,70
M4-1_4	TPh I	10,10	111,73	111,96	-0,23	105,34	92,66	12,68	75,86	59,66	16,20	0,65
	TPh II	10,54	125,32	132,82	-7,50	111,33	121,61	-10,28	35,86	36,49	-0,63	0,87
	TPh III	10,84	136,59	112,46	24,13	100,45	93,38	7,07	77,48	55,92	21,56	0,91
M4-1_5	TPh I	14,60	134,88	135,15	-0,27	96,50	91,79	4,71	52,76	40,34	12,42	0,81
	TPh II	14,88	121,74	128,96	-7,22	104,69	107,10	-2,41	23,93	31,69	-7,76	0,71
	TPh III	15,16	147,85	120,86	26,99	84,86	79,23	5,63	50,90	35,37	15,53	0,67
M4-1_6	TPh I	16,80	120,26	119,71	0,55	115,97	115,10	0,87	83,68	69,94	13,74	0,69
	TPh II	17,54	138,78	135,09	3,69	98,37	109,63	-11,26	42,00	40,45	1,55	0,85
	TPh III	17,66	143,19	120,38	22,81	79,83	81,46	-1,63	53,58	39,66	13,93	0,86
M4-1_7	TPh I	22,02	135,56	143,14	-7,58	103,20	99,92	3,28	72,42	53,95	18,47	0,80
	TPh II	23,06	138,51	131,74	6,77	91,81	101,02	-9,21	41,53	41,51	0,02	0,80
	TPh III	23,34	142,68	109,77	32,91	68,11	67,69	0,42	57,89	44,20	13,69	0,77
M5-1_1	TPh I	1,46	119,98	141,69	-21,71	84,63	102,33	-17,70	50,60	63,16	-12,56	0,81
	TPh II	1,90	132,40	126,95	5,45	78,04	85,32	-7,28	49,98	50,39	-0,41	0,79
	TPh III	2,04	144,64	114,60	30,04	64,65	63,96	0,69	66,31	52,56	13,75	0,78
M5-1_2	TPh I	6,10	137,75	139,19	-1,44	113,29	107,80	5,49	39,65	28,09	11,56	0,76
	TPh II	6,48	129,71	125,30	4,41	104,36	105,46	-1,10	31,00	32,81	-1,81	0,72
	TPh III	6,96	144,85	114,56	30,29	63,40	61,74	1,66	60,28	48,10	12,17	0,68
M5-1_3	TPh I	8,52	113,83	108,97	4,86	96,31	97,30	-0,99	81,59	63,06	18,53	0,71
	TPh II	9,14	136,03	140,41	-4,38	99,34	107,03	-7,69	35,93	36,00	-0,07	0,79
	TPh III	9,42	140,95	118,45	22,50	69,38	66,60	2,78	69,27	50,05	19,22	0,84

M5-1_4	TPh I	12,01	139,23	150,96	-11,73	115,47	115,43	0,04	66,63	47,95	18,68	0,75
	TPh II	13,24	142,56	133,88	8,68	95,36	92,51	2,85	22,09	21,88	0,20	0,74
	TPh III	13,48	145,31	119,56	25,75	69,37	77,98	-8,61	49,79	44,47	5,32	0,73
M5-1_5	TPh I	15,18	105,71	108,50	-2,79	99,96	104,19	-4,23	71,64	60,35	11,29	0,61
	TPh II	15,54	139,61	140,94	-1,33	99,68	111,63	-11,95	52,33	51,98	0,35	0,71
	TPh III	16,28	146,51	126,68	19,83	72,24	70,40	1,84	68,14	54,97	13,17	0,83
M5-1_6	TPh I	19,30	134,30	144,25	-9,95	91,23	87,53	3,70	70,63	50,92	19,72	0,75
	TPh II	20,30	124,27	140,14	-15,87	87,13	91,91	-4,78	30,90	30,64	0,26	0,80
	TPh III	20,78	145,13	125,08	20,05	70,94	68,50	2,44	51,65	39,56	12,09	0,79
Gesamt	TPh I		4220,48	4381,04	-160,56	3503,56	3538,28	-34,72	2331,32	1868,53	462,78	25,82
	TPh II		4391,14	4337,73	53,41	3408,95	3672,46	-263,51	1253,43	1224,12	29,34	26,29
	TPh III		4883,96	3982,48	901,48	2750,40	2641,46	108,94	2087,85	1523,71	564,12	26,62
Mittelwert	TPh I		124,13	128,85	-4,72	103,05	104,07	-1,02	68,57	54,96	13,61	0,76
	TPh II		129,15	127,58	1,57	100,26	108,01	-7,75	36,87	36,00	0,86	0,77
	TPh III		143,65	117,13	26,51	80,89	77,69	3,20	61,41	44,82	16,59	0,78

BottomTurr backside												
	Teil-	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP zu Z (cm)
	phase		KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) _S-H-W	
M1-2_1	TPh I	1,96	139,54	129,49	10,05	113,04	123,47	-10,43	41,47	65,52	-24,05	0,85
	TPh II	2,38	121,22	136,06	-14,84	119,43	146,70	-27,27	-1,33	-1,95	0,62	0,69
	TPh III	2,54	108,95	108,83	0,12	107,24	114,13	-6,89	6,42	8,13	-1,70	0,67
M1-2_2	TPh I	4,64	129,77	113,97	15,80	112,03	120,26	-8,23	42,02	61,30	-19,28	0,87
	TPh II	5,72	131,56	105,61	25,95	85,54	93,99	-8,45	-10,09	-7,52	-2,57	0,76
	TPh III	6,04	96,13	86,00	10,13	90,85	95,14	-4,29	28,66	37,26	-8,60	0,67
M1-2_3	TPh I	9,08	152,33	108,66	43,67	115,72	92,39	23,33	35,97	66,28	-30,31	0,72
	TPh II	9,50	106,79	115,90	-9,11	107,13	107,87	-0,74	-0,02	7,93	-7,95	0,67
	TPh III	9,72	84,72	84,24	0,48	80,40	105,60	-25,20	46,20	37,22	8,98	0,68
M1-3_1	TPh I	1,76	137,62	123,35	14,27	97,71	117,83	-20,12	45,34	61,78	-16,44	0,78
	TPh II	1,98	131,96	126,25	5,71	116,60	139,80	-23,20	10,13	14,41	-4,28	0,70
	TPh III	2,30	96,25	90,68	5,57	87,26	95,28	-8,02	30,88	40,34	-9,46	0,70
M1-3_3	TPh I	8,70	144,76	93,39	51,37	90,84	82,39	8,45	49,29	69,11	-19,81	0,70
	TPh II	9,06	117,22	125,72	-8,50	100,49	122,57	-22,08	3,71	3,41	0,30	0,65
	TPh III	9,30	93,10	79,79	13,31	87,13	95,05	-7,92	41,35	32,07	9,28	0,70
M2-1_1	TPh I	0,14	98,28	90,17	8,11	77,18	75,22	1,96	15,15	34,71	-19,57	0,77
	TPh II	0,36	91,18	106,01	-14,83	83,79	102,98	-19,19	47,55	46,36	1,18	0,68
	TPh III	0,40	92,08	106,16	-14,08	86,83	107,48	-20,65	59,93	51,03	8,91	0,68
M2-1_2	TPh I	2,58	130,27	132,52	-2,25	113,61	120,10	-6,49	68,61	79,43	-10,82	0,84
	TPh II	3,46	125,19	131,25	-6,06	96,20	114,90	-18,70	2,29	12,96	-10,67	0,89
	TPh III	3,64	93,14	99,22	-6,08	81,09	99,46	-18,37	13,75	27,02	-13,27	0,88
M2-1_3	TPh I	7,00	127,15	86,98	40,17	87,30	75,10	12,20	50,64	70,37	-19,73	0,78
	TPh II	7,28	106,85	116,75	-9,90	96,65	114,69	-18,04	37,25	44,70	-7,45	0,77
	TPh III	7,40	94,16	116,77	-22,61	98,34	112,79	-14,45	41,70	54,46	-12,76	0,76
M2-1_4	TPh I	9,14	121,83	123,94	-2,11	95,44	118,91	-23,47	51,17	64,88	-13,71	0,74
	TPh II	10,04	130,21	123,13	7,08	93,69	104,74	-11,05	5,10	12,61	-7,51	0,75
	TPh III	10,20	90,00	97,63	-7,63	73,74	94,29	-20,55	22,74	28,86	-6,12	0,74
M2-1_5	TPh I	13,38	120,99	103,62	17,37	77,82	87,68	-9,86	41,53	57,34	-15,81	0,78
	TPh II	14,28	126,39	140,22	-13,83	97,03	122,30	-25,27	-3,02	1,35	-4,37	0,77
	TPh III	14,52	82,66	103,54	-20,88	75,33	110,52	-35,19	31,12	41,19	-10,07	0,79
M2-1_6	TPh I	17,86	139,15	96,00	43,15	94,27	76,52	17,75	46,94	70,08	-23,13	0,74
	TPh II	18,24	122,71	130,89	-8,18	111,46	139,71	-28,25	4,60	2,46	2,13	0,62
	TPh III	18,56	89,88	111,94	-22,06	86,33	128,62	-42,29	58,60	50,56	8,05	0,57
M3-1_1	TPh I	2,80	129,73	122,81	6,92	97,32	106,52	-9,20	53,09	66,72	-13,64	0,77
	TPh II	3,88	132,41	133,84	-1,43	107,07	113,84	-6,77	-16,70	20,58	-37,27	0,72
	TPh III	4,02	95,07	111,57	-16,50	78,62	101,14	-22,52	10,87	21,68	-10,81	0,73
M3-1_2	TPh I	7,40	134,40	99,04	35,36	85,86	76,90	8,96	53,21	68,26	-15,06	0,71
	TPh II	7,64	112,97	113,32	-0,35	88,18	99,07	-10,89	41,48	52,80	-11,31	0,66
	TPh III	7,82	93,77	94,78	-1,01	79,51	90,36	-10,85	41,13	48,17	-7,03	0,64
M3-1_3	TPh I	10,02	126,30	123,66	2,64	109,52	121,05	-11,53	53,58	70,22	-16,64	0,76
	TPh II	10,50	112,95	121,42	-8,47	100,89	125,32	-24,43	48,14	56,63	-8,49	0,64
	TPh III	11,18	103,25	128,19	-24,94	88,33	117,23	-28,90	5,97	22,78	-16,81	0,84
M3-1_4	TPh I	14,64	114,67	122,88	-8,21	104,14	131,35	-27,21	50,00	66,09	-16,10	0,78
	TPh II	15,02	108,92	125,66	-16,74	99,47	127,51	-28,04	28,45	28,70	-0,25	0,71
	TPh III	15,18	92,18	98,38	-6,20	88,84	100,06	-11,22	45,78	51,86	-6,08	0,70
M3-1_7	TPh I	20,00	123,88	119,30	4,58	113,95	125,21	-11,26	51,28	69,40	-18,13	0,81
	TPh II	20,56	115,29	118,19	-2,90	100,83	121,59	-20,76	36,48	52,56	-16,07	0,66
	TPh III	21,22	105,07	133,02	-27,95	84,25	118,79	-34,54	-9,59	4,80	-14,38	0,76

M4-1_1	TPh I	1,42	147,76	113,32	34,44	97,42	100,18	-2,76	55,18	67,00	-11,82	0,76
	TPh II	1,80	130,31	141,57	-11,26	113,11	141,91	-28,80	23,71	25,35	-1,65	0,66
	TPh III	1,92	99,14	118,91	-19,77	104,82	120,05	-15,23	22,03	38,87	-16,84	0,62
M4-1_2	TPh I	4,22	139,27	125,83	13,44	117,73	126,77	-9,04	65,18	79,00	-13,82	0,76
	TPh II	4,60	127,01	126,06	0,95	100,50	124,78	-24,28	54,10	53,18	0,92	0,69
	TPh III	5,52	107,27	125,63	-18,36	91,86	110,90	-19,04	9,26	29,78	-20,52	0,83
M4-1_3	TPh I	9,04	121,19	93,20	27,99	90,78	87,96	2,82	54,88	72,63	-17,75	0,69
	TPh II	9,32	129,36	132,60	-3,24	102,60	126,95	-24,35	19,88	17,79	2,10	0,63
	TPh III	9,52	101,11	107,04	-5,93	88,59	104,46	-15,87	25,08	37,77	-12,69	0,61
M4-1_4	TPh I	11,56	117,98	129,66	-11,68	113,06	124,03	-10,97	59,94	69,30	-9,36	0,83
	TPh II	12,26	128,12	143,54	-15,42	104,93	131,16	-26,23	-8,49	3,21	-11,70	0,74
	TPh III	12,42	96,51	104,87	-8,36	81,54	96,80	-15,26	6,58	25,44	-18,86	0,78
M4-1_5	TPh I	15,70	138,38	97,57	40,81	90,74	88,44	2,30	62,03	77,99	-15,97	0,70
	TPh II	15,96	120,69	132,87	-12,18	92,79	117,00	-24,21	26,84	27,28	-0,44	0,63
	TPh III	16,22	101,39	100,67	0,72	95,64	101,90	-6,26	24,27	42,64	-18,37	0,62
M4-1_6	TPh I	18,70	119,67	119,59	0,08	106,96	123,10	-16,14	51,53	64,53	-13,01	0,77
	TPh II	19,04	123,72	127,15	-3,43	103,77	127,55	-23,78	11,75	28,33	-16,58	0,74
	TPh III	19,40	116,77	116,52	0,25	90,28	104,60	-14,32	8,97	23,21	-14,24	0,88
M4-1_7	TPh I	23,96	133,32	101,51	31,81	97,33	94,63	2,70	68,99	79,41	-10,43	0,66
	TPh II	24,24	115,44	130,70	-15,26	116,76	142,51	-25,75	43,12	43,59	-0,47	0,58
	TPh III	24,52	73,14	91,20	-18,06	73,89	117,75	-43,86	53,25	37,54	15,71	0,55
M5-1_1	TPh I	0,00	107,64	99,35	8,29	95,38	101,30	-5,92	10,99	20,35	-9,36	0,79
	TPh II	0,12	101,37	105,18	-3,81	101,77	114,57	-12,80	7,60	3,62	3,98	0,73
	TPh III	0,22	96,83	100,88	-4,05	94,96	119,67	-24,71	48,24	31,81	16,42	0,67
M5-1_2	TPh I	2,60	134,35	139,92	-5,57	97,02	114,29	-17,27	60,72	70,23	-9,51	0,90
	TPh II	3,10	123,18	134,18	-11,00	113,12	135,60	-22,48	49,49	57,00	-7,51	0,84
	TPh III	3,90	93,12	113,19	-20,07	76,93	107,39	-30,46	12,51	27,36	-14,85	1,02
M5-1_3	TPh I	7,52	136,96	104,50	32,46	106,67	99,53	7,14	54,39	71,57	-17,18	0,73
	TPh II	7,72	127,11	141,10	-13,99	120,53	144,84	-24,31	31,47	31,01	0,46	0,69
	TPh III	8,08	97,25	94,87	2,38	89,24	97,22	-7,98	36,42	54,15	-17,73	0,68
M5-1_4	TPh I	10,52	121,73	125,50	-3,77	108,05	132,42	-24,37	34,00	50,45	-16,44	0,75
	TPh II	10,88	127,57	154,75	-27,18	95,32	136,14	-40,82	5,68	5,88	-0,20	0,90
	TPh III	11,04	87,92	96,55	-8,63	74,93	102,38	-27,45	14,55	26,94	-12,39	0,91
M5-1_5	TPh I	14,12	130,87	104,43	26,44	93,28	96,54	-3,26	55,17	69,33	-14,16	0,73
	TPh II	14,44	129,35	133,97	-4,62	103,86	125,26	-21,40	21,25	21,02	0,23	0,65
	TPh III	14,70	95,98	101,80	-5,82	83,40	101,52	-18,12	35,20	50,21	-15,01	0,60
M5-1_6	TPh I	17,18	117,62	121,82	-4,20	91,00	117,19	-26,19	47,77	56,36	-8,59	0,73
	TPh II	17,56	121,23	124,77	-3,54	104,16	121,99	-17,83	1,51	18,77	-17,26	0,73
	TPh III	17,80	124,73	112,35	12,38	87,45	97,58	-10,13	5,43	20,70	-15,27	0,82
Gesamt	TPh I		3737,41	3265,98	471,43	2891,17	3057,28	-166,11	1430,06	1889,64	-459,63	22,20
	TPh II		3498,28	3698,66	-200,38	2977,67	3587,84	-610,17	521,93	684,02	-162,08	20,55
	TPh III		2801,57	3035,22	-233,65	2507,62	3068,16	-560,54	777,30	1003,85	-226,51	21,10
Mittelwert	TPh I		128,88	112,62	16,26	99,70	105,42	-5,73	49,31	65,16	-15,85	0,77
	TPh II		120,63	127,54	-6,91	102,68	123,72	-21,04	18,00	23,59	-5,59	0,71
	TPh III		96,61	104,66	-8,06	86,47	105,80	-19,33	26,80	34,62	-7,81	0,73

Top Turn frontside												
	Teil- phase	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP zu Z (cm)
			KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) _S-H-W	
M1-2_1	TPh I	1,18	139,12	116,31	22,81	96,00	105,53	-9,53	40,99	30,54	10,45	0,74
	TPh II	1,46	154,61	105,46	49,15	79,74	86,19	-6,45	84,95	83,85	1,10	0,81
	TPh III	1,96	139,54	129,49	10,05	113,04	123,47	-10,43	41,47	65,52	-24,05	0,85
M1-2_2	TPh I	3,88	144,37	106,10	38,27	86,10	93,30	-7,20	62,97	46,64	16,33	0,83
	TPh II	4,14	144,26	89,59	54,67	91,83	93,24	-1,41	82,44	83,32	-0,88	0,89
	TPh III	4,64	129,77	113,97	15,80	112,03	120,26	-8,23	42,02	61,30	-19,28	0,87
M1-2_3	TPh I	8,30	144,99	115,80	29,19	87,66	80,93	6,73	53,23	33,69	19,54	0,68
	TPh II	8,62	158,28	102,49	55,79	89,79	79,78	10,01	68,65	68,98	-0,34	0,75
	TPh III	9,08	152,33	108,66	43,67	115,72	92,39	23,33	35,97	66,28	-30,31	0,72
M1-2_4	TPh I	11,32	138,00	104,98	33,02	98,59	86,59	12,00	76,21	53,37	22,84	0,87
	TPh II	11,46	145,86	107,29	38,57	97,39	96,36	1,03	84,82	87,09	-2,27	0,88
	TPh III	11,92	129,62	130,39	-0,77	111,09	115,93	-4,84	41,95	64,32	-22,37	0,92
M1-3_1	TPh I	0,92	139,39	112,23	27,16	85,76	88,15	-2,39	50,26	33,20	17,06	0,80
	TPh II	1,32	151,85	130,04	21,81	108,73	126,31	-17,58	81,66	83,96	-2,30	0,85
	TPh III	1,76	137,62	123,35	14,27	97,71	117,83	-20,12	45,34	61,78	-16,44	0,78
M1-3_2	TPh I	3,50	141,00	129,37	11,63	94,74	88,53	6,21	63,38	35,52	27,86	0,85
	TPh II	3,92	146,50	124,74	21,76	110,98	104,96	6,02	80,55	80,15	0,40	0,92
	TPh III	4,42	121,46	127,61	-6,15	107,45	130,76	-23,31	46,12	63,40	-17,28	0,84
M1-3_3	TPh I	8,00	142,92	115,46	27,46	69,56	68,42	1,14	60,52	46,32	14,20	0,70
	TPh II	8,34	157,03	120,58	36,45	106,57	95,23	11,34	79,58	77,48	2,09	0,72
	TPh III	8,70	144,76	93,39	51,37	90,84	82,39	8,45	49,29	69,11	-19,81	0,70
M1-3_4	TPh I	11,00	142,72	105,35	37,37	93,04	78,93	14,11	74,65	58,41	16,24	0,85
	TPh II	11,22	157,76	123,59	34,17	110,48	102,39	8,09	82,27	83,17	-0,90	0,84
	TPh III	11,60	135,14	124,73	10,41	101,97	113,58	-11,61	51,26	65,37	-14,11	0,86
M2-1_1	TPh I	2,02	136,11	129,25	6,86	82,55	81,24	1,31	55,26	38,28	16,98	0,83
	TPh II	2,28	140,21	140,34	-0,13	100,78	118,49	-17,71	80,30	80,39	-0,09	0,88
	TPh III	2,58	130,27	132,52	-2,25	113,61	120,10	-6,49	68,61	79,43	-10,82	0,84
M2-1_2	TPh I	6,38	153,17	123,21	29,96	87,22	75,72	11,50	65,91	42,14	23,77	0,71
	TPh II	6,62	157,14	120,33	36,81	97,98	96,52	1,46	76,50	77,20	-0,70	0,71
	TPh III	7,00	127,15	86,98	40,17	87,30	75,10	12,20	50,64	70,37	-19,73	0,78
M2-1_3	TPh I	8,54	134,94	111,10	23,84	81,93	73,98	7,95	77,13	47,59	29,54	0,78
	TPh II	8,74	147,32	116,33	30,99	93,95	94,56	-0,61	78,24	79,17	-0,94	0,78
	TPh III	9,14	121,83	123,94	-2,11	95,44	118,91	-23,47	51,17	64,88	-13,71	0,74
M2-1_4	TPh I	12,56	144,31	115,80	28,51	74,08	72,89	1,19	53,18	38,18	15,00	0,80
	TPh II	12,86	147,11	113,04	34,07	88,25	83,34	4,91	83,20	81,46	1,74	0,85
	TPh III	13,38	120,99	103,62	17,37	77,82	87,68	-9,86	41,53	57,34	-15,81	0,78
M2-1_5	TPh I	17,28	146,45	123,45	23,00	82,79	78,76	4,03	47,51	35,37	12,14	0,71
	TPh II	17,48	162,32	118,31	44,01	89,79	86,71	3,08	78,10	80,07	-1,97	0,70
	TPh III	17,86	139,15	96,00	43,15	94,27	76,52	17,75	46,94	70,08	-23,13	0,74
M2-1_6	TPh I	20,08	142,68	124,85	17,83	89,07	84,22	4,85	59,02	35,02	24,00	0,85
	TPh II	20,36	137,35	125,39	11,96	89,21	92,83	-3,62	70,50	68,74	1,76	0,89
	TPh III	20,76	130,46	128,66	1,80	114,37	121,95	-7,58	63,25	73,77	-10,52	0,92

M3-1_1	TPh I	2,12	150,65	107,40	43,25	78,36	72,07	6,29	66,54	50,98	15,55	0,77
	TPh II	2,40	144,79	119,87	24,92	86,84	90,97	-4,13	82,35	84,97	-2,62	0,81
	TPh III	2,80	129,73	122,81	6,92	97,32	106,52	-9,20	53,09	66,72	-13,64	0,77
M3-1_2	TPh I	6,80	145,74	119,90	25,84	68,22	68,06	0,16	66,90	51,21	15,69	0,74
	TPh II	7,04	158,60	124,66	33,94	95,11	106,81	-11,70	79,13	81,75	-2,62	0,74
	TPh III	7,40	134,40	99,04	35,36	85,86	76,90	8,96	53,21	68,26	-15,06	0,71
M3-1_3	TPh I	9,46	138,73	118,89	19,84	71,37	81,13	-9,76	47,51	50,88	-3,37	0,79
	TPh II	9,64	148,93	120,92	28,01	73,90	86,11	-12,21	65,90	65,31	0,60	0,81
	TPh III	10,02	126,30	123,66	2,64	109,52	121,05	-11,53	53,58	70,22	-16,64	0,76
M3-1_4	TPh I	13,90	142,79	116,46	26,33	84,93	82,35	2,58	50,55	33,75	16,80	0,88
	TPh II	14,12	144,85	127,76	17,09	90,78	103,22	-12,44	80,83	82,81	-1,98	0,91
	TPh III	14,64	114,67	122,88	-8,21	104,14	131,35	-27,21	50,00	66,09	-16,10	0,78
M3-1_5	TPh I	16,76	134,62	110,05	24,57	88,03	82,36	5,67	54,71	34,50	20,21	0,79
	TPh II	17,02	144,47	116,30	28,17	106,54	105,30	1,24	81,33	83,12	-1,79	0,79
	TPh III	17,56	101,94	112,97	-11,03	99,14	118,85	-19,71	46,42	59,03	-12,61	0,77
M3-1_6	TPh I	19,42	141,80	109,79	32,01	81,56	74,75	6,81	73,97	58,17	15,79	0,75
	TPh II	19,58	150,13	119,33	30,80	101,91	105,02	-3,11	84,14	84,70	-0,56	0,78
	TPh III	20,00	123,88	119,30	4,58	113,95	125,21	-11,26	51,28	69,40	-18,13	0,81
M3-1_7	TPh I	24,84	147,17	124,20	22,97	82,58	80,94	1,64	60,90	43,64	17,26	0,80
	TPh II	25,12	156,15	127,28	28,87	102,61	120,79	-18,18	83,83	84,40	-0,57	0,75
	TPh III	25,38	135,68	94,81	40,87	92,32	82,86	9,46	57,78	73,05	-15,27	0,71
M4-1_1	TPh I	0,66	148,80	133,12	15,68	83,37	80,79	2,58	53,98	39,41	14,57	0,78
	TPh II	0,94	158,21	126,24	31,97	101,22	114,55	-13,33	87,33	87,54	-0,21	0,80
	TPh III	1,42	147,76	113,32	34,44	97,42	100,18	-2,76	55,18	67,00	-11,82	0,76
M4-1_2	TPh I	3,72	152,04	116,77	35,27	93,54	82,99	10,55	77,10	58,57	18,53	0,75
	TPh II	3,90	158,56	133,67	24,89	113,35	117,76	-4,41	84,22	86,16	-1,94	0,74
	TPh III	4,22	139,27	125,83	13,44	117,73	126,77	-9,04	65,18	79,00	-13,82	0,76
M4-1_3	TPh I	8,44	153,44	119,25	34,19	72,07	69,16	2,91	60,77	53,05	7,73	0,70
	TPh II	8,64	159,64	112,05	47,59	92,99	82,73	10,26	74,18	68,25	5,93	0,74
	TPh III	9,04	121,19	93,20	27,99	90,78	87,96	2,82	54,88	72,63	-17,75	0,69
M4-1_4	TPh I	10,84	136,59	112,46	24,13	100,45	93,38	7,07	77,48	55,92	21,56	0,91
	TPh II	11,02	139,92	125,85	14,07	113,53	110,80	2,73	80,23	81,20	-0,97	0,88
	TPh III	11,56	117,98	129,66	-11,68	113,06	124,03	-10,97	59,94	69,30	-9,36	0,83
M4-1_5	TPh I	15,16	147,85	120,86	26,99	84,86	79,23	5,63	50,90	35,37	15,53	0,67
	TPh II	15,48	149,89	124,30	25,59	99,90	113,06	-13,16	79,25	82,09	-2,84	0,69
	TPh III	15,70	138,38	97,57	40,81	90,74	88,44	2,30	62,03	77,99	-15,97	0,70
M4-1_6	TPh I	17,66	143,19	120,38	22,81	79,83	81,46	-1,63	53,58	39,66	13,93	0,86
	TPh II	17,96	141,26	127,53	13,73	95,77	107,92	-12,15	82,16	84,24	-2,07	0,85
	TPh III	18,70	119,67	119,59	0,08	106,96	123,10	-16,14	51,53	64,53	-13,01	0,77
M4-1_7	TPh I	23,34	142,68	109,77	32,91	68,11	67,69	0,42	57,89	44,20	13,69	0,77
	TPh II	23,58	152,98	121,84	31,14	106,13	100,14	5,99	69,40	69,47	-0,07	0,72
	TPh III	23,96	133,32	101,51	31,81	97,33	94,63	2,70	68,99	79,41	-10,43	0,66
M5-1_1	TPh I	2,04	144,64	114,60	30,04	64,65	63,96	0,69	66,31	52,56	13,75	0,78
	TPh II	2,26	142,55	120,46	22,09	93,43	96,77	-3,34	83,54	85,74	-2,20	0,82
	TPh III	2,60	134,35	139,92	-5,57	97,02	114,29	-17,27	60,72	70,23	-9,51	0,90
M5-1_2	TPh I	6,96	144,85	114,56	30,29	63,40	61,74	1,66	60,28	48,10	12,17	0,68
	TPh II	7,18	157,57	120,30	37,27	99,12	94,49	4,63	81,51	80,80	0,71	0,74
	TPh III	7,52	136,96	104,50	32,46	106,67	99,53	7,14	54,39	71,57	-17,18	0,73

M5-1_3	TPh I	9,42	140,95	118,45	22,50	69,38	66,60	2,78	69,27	50,05	19,22	0,84
	TPh II	9,64	140,75	119,24	21,51	97,96	97,44	0,52	81,55	79,69	1,86	0,83
	TPh III	10,52	121,73	125,50	-3,77	108,05	132,42	-24,37	34,00	50,45	-16,44	0,75
M5-1_4	TPh I	13,48	145,31	119,56	25,75	69,37	77,98	-8,61	49,79	44,47	5,32	0,73
	TPh II	13,72	160,57	128,66	31,91	75,63	81,40	-5,77	70,14	70,68	-0,54	0,72
	TPh III	14,12	130,87	104,43	26,44	93,28	96,54	-3,26	55,17	69,33	-14,16	0,73
M5-1_5	TPh I	16,28	146,51	126,68	19,83	72,24	70,40	1,84	68,14	54,97	13,17	0,83
	TPh II	16,52	145,13	128,58	16,55	91,15	93,32	-2,17	75,43	77,10	-1,67	0,82
	TPh III	17,18	117,62	121,82	-4,20	91,00	117,19	-26,19	47,77	56,36	-8,59	0,73
M5-1_6	TPh I	20,78	145,13	125,08	20,05	70,94	68,50	2,44	51,65	39,56	12,09	0,79
	TPh II	21,04	155,77	134,88	20,89	95,37	115,27	-19,90	86,96	87,49	-0,52	0,83
	TPh III	21,38	122,78	112,91	9,87	98,21	112,32	-14,11	60,77	64,92	-4,15	0,79
Gesamt	TPh I		4883,65	3991,49	892,16	2756,35	2662,73	93,62	2058,44	1513,29	545,14	26,61
	TPh II		5118,32	4117,24	1001,08	3288,71	3400,78	-112,07	2705,17	2722,54	-17,37	27,24
	TPh III		4408,57	3908,54	500,03	3443,16	3677,01	-233,85	1771,47	2298,44	-527,01	26,45
Mittelwert	TPh I		143,64	117,40	26,24	81,07	78,32	2,75	60,54	44,51	16,03	0,78
	TPh II		150,54	121,10	29,44	96,73	100,02	-3,30	79,56	80,07	-0,51	0,80
	TPh III		129,66	114,96	14,71	101,27	108,15	-6,88	52,10	67,60	-15,50	0,78

Top Turn backside												
	Teil- phasen	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP zu Z (cm)
			KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ(°)	H_zu_ YZ(°)	Diff (°) S-H-W	
M1-2_2	TPh I	5,82	116,98	91,58	25,40	92,49	88,99	3,50	0,80	15,72	-14,91	0,75
	TPh II	5,96	99,09	88,68	10,41	81,12	90,98	-9,86	23,15	22,98	0,18	0,70
	TPh III	6,46	107,43	101,10	6,33	94,47	102,04	-7,57	78,46	78,40	0,06	0,54
M1-2_3	TPh I	9,72	84,72	84,24	0,48	80,40	105,60	-25,20	46,20	37,22	8,98	0,68
	TPh II	9,90	83,57	90,80	-7,23	82,91	108,60	-25,69	68,61	66,67	1,93	0,68
	TPh III	10,26	120,30	109,55	10,75	105,35	121,49	-16,14	84,62	74,96	9,66	0,77
M1-3_2	TPh I	5,44	107,49	94,71	12,78	73,75	86,54	-12,79	6,02	19,58	-13,56	0,91
	TPh II	5,66	103,84	91,65	12,19	89,72	94,94	-5,22	38,96	37,00	1,95	0,88
	TPh III	6,20	141,87	136,51	5,36	140,00	133,50	6,50	81,53	68,46	13,07	0,68
M1-3_3	TPh I	9,30	93,10	79,79	13,31	87,13	95,05	-7,92	41,35	32,07	9,28	0,70
	TPh II	9,46	90,92	97,42	-6,50	88,97	109,68	-20,71	67,63	66,19	1,43	0,72
	TPh III	9,94	122,04	130,97	-8,93	103,18	119,22	-16,04	77,03	68,94	8,09	0,83
M2-1_1	TPh I	0,40	92,08	106,16	-14,08	86,83	107,48	-20,65	59,93	51,03	8,91	0,68
	TPh II	0,56	86,04	112,86	-26,82	89,88	108,50	-18,62	67,94	69,01	-1,07	0,74
	TPh III	0,94	117,04	132,41	-15,37	122,11	117,60	4,51	63,17	49,29	13,89	0,89
M2-1_2	TPh I	3,64	93,14	99,22	-6,08	81,09	99,46	-18,37	13,75	27,02	-13,27	0,88
	TPh II	3,96	130,73	145,60	-14,87	130,52	149,27	-18,75	63,59	66,39	-2,80	0,76
	TPh III	4,30	147,45	140,38	7,07	139,64	139,88	-0,24	84,54	73,95	10,59	0,70
M2-1_3	TPh I	7,40	94,16	116,77	-22,61	98,34	112,79	-14,45	41,70	54,46	-12,76	0,76
	TPh II	7,54	95,83	115,39	-19,56	102,22	129,33	-27,11	63,14	62,49	0,66	0,75
	TPh III	7,96	109,08	114,94	-5,86	96,01	102,29	-6,28	76,93	65,63	11,30	0,70
M2-1_4	TPh I	10,20	90,00	97,63	-7,63	73,74	94,29	-20,55	22,74	28,86	-6,12	0,74
	TPh II	10,48	118,75	122,98	-4,23	116,35	131,15	-14,80	58,03	59,12	-1,09	0,71
	TPh III	10,80	124,80	131,52	-6,72	141,91	141,40	0,51	88,65	79,80	8,85	0,62
M2-1_5	TPh I	14,52	82,66	103,54	-20,88	75,33	110,52	-35,19	31,12	41,19	-10,07	0,79
	TPh II	14,88	124,22	128,97	-4,75	122,97	143,04	-20,07	76,91	76,85	0,06	0,78
	TPh III	15,06	139,98	134,02	5,96	134,33	133,56	0,77	80,52	69,45	11,07	0,73
M2-1_6	TPh I	18,56	89,88	111,94	-22,06	86,33	128,62	-42,29	58,60	50,56	8,05	0,57
	TPh II	18,74	100,56	111,62	-11,06	96,78	119,19	-22,41	78,66	78,80	-0,14	0,58
	TPh III	18,98	116,37	117,34	-0,97	90,74	96,51	-5,77	79,40	66,38	13,01	0,63
M3-1_1	TPh I	0,22	92,97	103,98	-11,01	103,80	108,71	-4,91	5,32	25,03	-19,71	0,58
	TPh II	0,40	96,75	106,94	-10,19	102,15	120,86	-18,71	64,27	64,56	-0,30	0,56
	TPh III	0,86	131,72	140,96	-9,24	103,86	111,66	-7,80	81,77	71,79	9,98	0,88
M3-1_2	TPh I	4,02	95,07	111,57	-16,50	78,62	101,14	-22,52	10,87	21,68	-10,81	0,73
	TPh II	4,34	129,50	139,58	-10,08	123,92	141,81	-17,89	56,70	58,38	-1,68	0,69
	TPh III	4,68	148,21	141,26	6,95	150,14	152,16	-2,02	86,99	70,84	16,15	0,64
M3-1_3	TPh I	7,82	93,77	94,78	-1,01	79,51	90,36	-10,85	41,13	48,17	-7,03	0,64
	TPh II	7,96	93,21	106,84	-13,63	90,59	116,24	-25,65	55,92	53,98	1,94	0,65
	TPh III	8,36	108,33	115,08	-6,75	102,72	109,65	-6,93	80,56	67,78	12,77	0,65
M3-1_4	TPh I	11,18	103,25	128,19	-24,94	88,33	117,23	-28,90	5,97	22,78	-16,81	0,84
	TPh II	11,32	109,91	117,89	-7,98	100,77	128,75	-27,98	33,21	37,33	-4,11	0,83
	TPh III	11,82	153,35	138,84	14,51	137,38	146,56	-9,18	86,26	71,97	14,29	0,68

M3-1_5	TPh I	15,18	92,18	98,38	-6,20	88,84	100,06	-11,22	45,78	51,86	-6,08	0,70
	TPh II	15,38	111,94	121,40	-9,46	106,71	119,17	-12,46	73,44	72,58	0,86	0,69
	TPh III	15,64	103,56	108,73	-5,17	93,28	94,22	-0,94	80,54	65,13	15,41	0,70
M3-1_7	TPh I	21,22	105,07	133,02	-27,95	84,25	118,79	-34,54	-9,59	4,80	-14,38	0,76
	TPh II	21,40	93,92	115,54	-21,62	84,37	119,18	-34,81	20,94	29,57	-8,64	0,78
	TPh III	22,06	131,04	140,60	-9,56	137,24	140,48	-3,24	78,31	65,77	12,55	0,69
M4-1_1	TPh I	1,92	99,14	118,91	-19,77	104,82	120,05	-15,23	22,03	38,87	-16,84	0,62
	TPh II	2,12	87,81	98,40	-10,59	94,66	120,77	-26,11	67,99	67,11	0,88	0,63
	TPh III	2,48	106,23	112,76	-6,53	117,40	110,94	6,46	68,84	55,00	13,84	0,72
M4-1_2	TPh I	5,52	107,27	125,63	-18,36	91,86	110,90	-19,04	9,26	29,78	-20,52	0,83
	TPh II	5,94	118,68	137,51	-18,83	109,35	146,11	-36,76	59,41	62,06	-2,64	0,75
	TPh III	6,14	150,77	152,62	-1,85	138,36	118,81	19,55	82,87	69,89	12,98	0,76
M4-1_3	TPh I	9,52	101,11	107,04	-5,93	88,59	104,46	-15,87	25,08	37,77	-12,69	0,61
	TPh II	9,76	102,08	107,50	-5,42	96,81	118,48	-21,67	62,14	63,14	-1,00	0,63
	TPh III	10,10	111,73	111,96	-0,23	105,34	92,66	12,68	75,86	59,66	16,20	0,65
M4-1_4	TPh I	12,42	96,51	104,87	-8,36	81,54	96,80	-15,26	6,58	25,44	-18,86	0,78
	TPh II	12,80	127,76	145,87	-18,11	130,35	152,19	-21,84	57,45	64,89	-7,44	0,73
	TPh III	13,14	148,45	147,22	1,23	148,40	146,22	2,18	81,85	68,08	13,77	0,57
M4-1_5	TPh I	16,22	101,39	100,67	0,72	95,64	101,90	-6,26	24,27	42,64	-18,37	0,62
	TPh II	16,48	99,12	112,92	-13,80	103,75	124,23	-20,48	69,88	70,06	-0,18	0,62
	TPh III	16,80	120,26	119,71	0,55	115,97	115,10	0,87	83,68	69,94	13,74	0,69
M4-1_6	TPh I	19,40	116,77	116,52	0,25	90,28	104,60	-14,32	8,97	23,21	-14,24	0,88
	TPh II	19,68	112,99	102,05	10,94	113,27	127,28	-14,01	52,42	56,38	-3,96	0,90
	TPh III	20,06	141,61	149,37	-7,76	126,60	137,13	-10,53	60,52	73,93	-13,41	0,82
M5-1_1	TPh I	0,22	96,83	100,88	-4,05	94,96	119,67	-24,71	48,24	31,81	16,42	0,67
	TPh II	0,56	104,43	115,56	-11,13	98,36	115,32	-16,96	72,94	70,08	2,86	0,66
	TPh III	0,74	117,62	123,57	-5,95	100,09	103,91	-3,82	70,46	85,83	-15,37	0,69
M5-1_2	TPh I	3,90	93,12	113,19	-20,07	76,93	107,39	-30,46	12,51	27,36	-14,85	1,02
	TPh II	4,26	136,64	132,59	4,05	133,88	145,85	-11,97	56,69	63,55	-6,86	0,86
	TPh III	4,58	146,60	144,15	2,45	141,10	150,25	-9,15	88,65	74,64	14,01	0,77
M5-1_3	TPh I	8,08	97,25	94,87	2,38	89,24	97,22	-7,98	36,42	54,15	-17,73	0,68
	TPh II	8,24	92,26	105,57	-13,31	92,51	116,87	-24,36	66,69	66,98	-0,29	0,68
	TPh III	8,52	113,83	108,97	4,86	96,31	97,30	-0,99	81,59	63,06	18,53	0,71
M5-1_4	TPh I	11,04	87,92	96,55	-8,63	74,93	102,38	-27,45	14,55	26,94	-12,39	0,91
	TPh II	11,26	115,00	107,91	7,09	113,13	140,89	-27,76	54,23	57,19	-2,96	0,84
	TPh III	11,64	141,11	134,94	6,17	138,76	144,01	-5,25	88,39	72,36	16,03	0,71
M5-1_5	TPh I	14,70	95,98	101,80	-5,82	83,40	101,52	-18,12	35,20	50,21	-15,01	0,60
	TPh II	14,84	95,52	106,51	-10,99	91,26	114,66	-23,40	62,83	60,70	2,12	0,59
	TPh III	15,18	105,71	108,50	-2,79	99,96	104,19	-4,23	71,64	60,35	11,29	0,61
M5-1_6	TPh I	17,80	124,73	112,35	12,38	87,45	97,58	-10,13	5,43	20,70	-15,27	0,82
	TPh II	18,18	133,68	136,46	-2,78	125,95	143,47	-17,52	53,16	56,06	-2,90	0,81
	TPh III	18,58	151,34	147,49	3,85	130,92	130,04	0,88	78,41	64,20	14,21	0,71
Gesamt	TPh I		2744,54	2948,78	-204,24	2418,42	2930,10	-511,68	670,23	940,91	-270,64	20,75
	TPh II		2994,75	3223,01	-228,26	2913,23	3496,81	-583,58	1646,93	1680,10	-33,19	20,20
	TPh III		3577,83	3595,47	-17,64	3351,57	3412,78	-61,21	2222,04	1925,48	296,56	19,74
Mittelwert	TPh I		98,02	105,31	-7,29	86,37	104,65	-18,27	23,94	33,60	-9,67	0,74
	TPh II		106,96	115,11	-8,15	104,04	124,89	-20,84	58,82	60,00	-1,19	0,72
	TPh III		127,78	128,41	-0,63	119,70	121,89	-2,19	79,36	68,77	10,59	0,71

Cutback		frontside										
	Teil-	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP
	phase		KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) _S-H-W	zu Z (cm)
M1-2_1	TPh I	0,50	117,82	108,27	9,55	97,09	101,11	-4,02	63,33	53,95	9,37	0,72
	TPh II	1,02	142,08	120,05	22,03	119,15	127,95	-8,80	36,50	32,25	4,25	0,71
	TPh III	1,26	139,15	107,15	32,00	88,24	90,03	-1,79	64,14	39,92	24,22	0,76
	TPh IV	1,46	154,61	105,46	49,15	79,74	86,19	-6,45	84,95	83,85	1,10	0,81
	TPh V	1,96	139,54	129,49	10,05	113,04	123,47	-10,43	41,47	65,52	-24,05	0,85
	TPh VI	2,38	121,22	136,06	-14,84	119,43	146,70	-27,27	-1,33	-1,95	0,62	0,69
	TPh VII	2,54	108,95	108,83	0,12	107,24	114,13	-6,89	6,42	8,13	-1,70	0,67
	TPh VIII	2,72	97,14	108,72	-11,58	86,68	103,12	-16,44	35,71	39,24	-3,53	0,67
M1-2_2	TPh I	3,08	111,90	89,60	22,30	90,97	104,37	-13,40	72,11	79,33	-7,22	0,66
	TPh II	3,58	140,56	118,61	21,95	123,74	140,36	-16,62	44,04	43,10	0,95	0,65
	TPh III	3,90	140,58	103,20	37,38	84,08	89,16	-5,08	63,98	44,30	19,68	0,83
	TPh IV	4,14	144,26	89,59	54,67	91,83	93,24	-1,41	82,44	83,32	-0,88	0,89
	TPh V	4,64	129,77	113,97	15,80	112,03	120,26	-8,23	42,02	61,30	-19,28	0,87
	TPh VI	5,72	131,56	105,61	25,95	85,54	93,99	-8,45	-10,09	-7,52	-2,57	0,76
	TPh VII	5,84	114,81	89,41	25,40	91,56	88,55	3,01	5,88	18,35	-12,46	0,74
	TPh VIII	5,96	99,09	88,68	10,41	81,12	90,98	-9,86	23,15	22,98	0,18	0,70
	TPh IX	6,46	107,43	101,10	6,33	94,47	102,04	-7,57	78,46	78,40	0,06	0,54
M1-2_3	TPh I	7,44	120,77	105,08	15,69	96,59	105,60	-9,01	59,89	52,23	7,65	0,56
	TPh II	8,00	129,10	110,15	18,95	112,77	123,14	-10,37	31,50	31,96	-0,46	0,60
	TPh III	8,30	144,99	115,80	29,19	87,66	80,93	6,73	53,23	33,69	19,54	0,68
	TPh IV	8,62	158,28	102,49	55,79	89,79	79,78	10,01	68,65	68,98	-0,34	0,75
	TPh V	9,08	152,33	108,66	43,67	115,72	92,39	23,33	35,97	66,28	-30,31	0,72
	TPh VI	9,50	106,79	115,90	-9,11	107,13	107,87	-0,74	-0,02	7,93	-7,95	0,67
	TPh VII	9,72	84,72	84,24	0,48	80,40	105,60	-25,20	46,20	37,22	8,98	0,68
	TPh VIII	9,90	83,57	90,80	-7,23	82,91	108,60	-25,69	68,61	66,67	1,93	0,68
M1-3_1	TPh I	0,30	119,42	130,91	-11,49	113,84	108,94	4,90	62,97	50,33	12,64	0,82
	TPh II	0,62	128,17	126,72	1,45	109,61	119,34	-9,73	39,49	39,28	0,21	0,76
	TPh III	0,92	139,39	112,23	27,16	85,76	88,15	-2,39	50,26	33,20	17,06	0,80
	TPh IV	1,32	151,85	130,04	21,81	108,73	126,31	-17,58	81,66	83,96	-2,30	0,85
	TPh V	1,76	137,62	123,35	14,27	97,71	117,83	-20,12	45,34	61,78	-16,44	0,78
	TPh VI	1,98	131,96	126,25	5,71	116,60	139,80	-23,20	10,13	14,41	-4,28	0,70
	TPh VII	2,30	96,25	90,68	5,57	87,26	95,28	-8,02	30,88	40,34	-9,46	0,70
	TPh VIII	2,52	111,37	126,82	-15,45	96,03	118,67	-22,64	51,52	66,96	-15,44	0,73
M1-3_2	TPh I	2,80	117,90	117,29	0,61	107,33	122,57	-15,24	88,56	73,92	14,64	0,74
	TPh II	3,30	132,57	135,79	-3,22	124,49	134,40	-9,91	44,88	40,72	4,16	0,72
	TPh III	3,50	141,00	129,37	11,63	94,74	88,53	6,21	63,38	35,52	27,86	0,85
	TPh IV	3,92	146,50	124,74	21,76	110,98	104,96	6,02	80,55	80,15	0,40	0,92
	TPh V	4,42	121,46	127,61	-6,15	107,45	130,76	-23,31	46,12	63,40	-17,28	0,84
	TPh VI	5,28	124,77	111,38	13,39	97,69	104,97	-7,28	-4,73	21,05	-25,78	0,87
	TPh VII	5,44	107,49	94,71	12,78	73,75	86,54	-12,79	6,02	19,58	-13,56	0,91
	TPh VIII	5,66	103,84	91,65	12,19	89,72	94,94	-5,22	38,96	37,00	1,95	0,88

M1-3_3	TPh I	6,84	139,98	148,44	-8,46	111,08	106,23	4,85	62,11	45,41	16,71	0,76
	TPh II	7,60	118,08	116,11	1,97	100,12	108,56	-8,44	38,90	38,82	0,08	0,67
	TPh III	8,00	142,92	115,46	27,46	69,56	68,42	1,14	60,52	46,32	14,20	0,70
	TPh IV	8,34	157,03	120,58	36,45	106,57	95,23	11,34	79,58	77,48	2,09	0,72
	TPh V	8,70	144,76	93,39	51,37	90,84	82,39	8,45	49,29	69,11	-19,81	0,70
	TPh VI	9,06	117,22	125,72	-8,50	100,49	122,57	-22,08	3,71	3,41	0,30	0,65
	TPh VII	9,30	93,10	79,79	13,31	87,13	95,05	-7,92	41,35	32,07	9,28	0,70
	TPh VIII	9,46	90,92	97,42	-6,50	88,97	109,68	-20,71	67,63	66,19	1,43	0,72
	TPh IX	9,96	126,33	133,30	-6,97	104,57	116,90	-12,33	77,25	64,09	13,16	0,85
M4-1_1	TPh I	0,00	133,74	138,83	-5,09	105,40	99,22	6,18	58,65	43,33	15,32	0,87
	TPh II	0,46	131,63	139,28	-7,65	89,14	104,72	-15,58	32,11	32,92	-0,81	0,81
	TPh III	0,66	148,80	133,12	15,68	83,37	80,79	2,58	53,98	39,41	14,57	0,78
	TPh IV	0,94	158,21	126,24	31,97	101,22	114,55	-13,33	87,33	87,54	-0,21	0,80
	TPh V	1,42	147,76	113,32	34,44	97,42	100,18	-2,76	55,18	67,00	-11,82	0,76
	TPh VI	1,80	130,31	141,57	-11,26	113,11	141,91	-28,80	23,71	25,35	-1,65	0,66
	TPh VII	1,92	99,14	118,91	-19,77	104,82	120,05	-15,23	22,03	38,87	-16,84	0,62
	TPh VIII	2,12	87,81	98,40	-10,59	94,66	120,77	-26,11	67,99	67,11	0,88	0,63
	TPh IX	2,48	106,23	112,76	-6,53	117,40	110,94	6,46	68,84	55,00	13,84	0,72
M4-1_2	TPh I	2,48	106,23	112,76	-6,53	117,40	110,94	6,46	68,84	55,00	13,84	0,72
	TPh II	3,52	123,77	126,18	-2,41	87,10	98,21	-11,11	40,22	40,45	-0,23	0,79
	TPh III	3,72	152,04	116,77	35,27	93,54	82,99	10,55	77,10	58,57	18,53	0,75
	TPh IV	3,90	158,56	133,67	24,89	113,35	117,76	-4,41	84,22	86,16	-1,94	0,74
	TPh V	4,22	139,27	125,83	13,44	117,73	126,77	-9,04	65,18	79,00	-13,82	0,76
	TPh VI	4,60	127,01	126,06	0,95	100,50	124,78	-24,28	54,10	53,18	0,92	0,69
	TPh VII	5,52	107,27	125,63	-18,36	91,86	110,90	-19,04	9,26	29,78	-20,52	0,83
	TPh VIII	5,94	118,68	137,51	-18,83	109,35	146,11	-36,76	59,41	62,06	-2,64	0,75
M4-1_3	TPh I	7,08	124,77	128,59	-3,82	125,73	122,75	2,98	63,03	44,21	18,82	0,63
	TPh II	8,26	127,45	120,83	6,62	87,22	95,08	-7,86	24,99	25,57	-0,58	0,75
	TPh III	8,44	153,44	119,25	34,19	72,07	69,16	2,91	60,77	53,05	7,73	0,70
	TPh IV	8,64	159,64	112,05	47,59	92,99	82,73	10,26	74,18	68,25	5,93	0,74
	TPh V	9,04	121,19	93,20	27,99	90,78	87,96	2,82	54,88	72,63	-17,75	0,69
	TPh VI	9,32	129,36	132,60	-3,24	102,60	126,95	-24,35	19,88	17,79	2,10	0,63
	TPh VII	9,52	101,11	107,04	-5,93	88,59	104,46	-15,87	25,08	37,77	-12,69	0,61
	TPh VIII	9,76	102,08	107,50	-5,42	96,81	118,48	-21,67	62,14	63,14	-1,00	0,63
M4-1_4	TPh I	10,10	111,73	111,96	-0,23	105,34	92,66	12,68	75,86	59,66	16,20	0,65
	TPh II	10,54	125,32	132,82	-7,50	111,33	121,61	-10,28	35,86	36,49	-0,63	0,87
	TPh III	10,84	136,59	112,46	24,13	100,45	93,38	7,07	77,48	55,92	21,56	0,91
	TPh IV	11,02	139,92	125,85	14,07	113,53	110,80	2,73	80,23	81,20	-0,97	0,88
	TPh V	11,56	117,98	129,66	-11,68	113,06	124,03	-10,97	59,94	69,30	-9,36	0,83
	TPh VI	12,26	128,12	143,54	-15,42	104,93	131,16	-26,23	-8,49	3,21	-11,70	0,74
	TPh VII	12,42	96,51	104,87	-8,36	81,54	96,80	-15,26	6,58	25,44	-18,86	0,78
	TPh VIII	12,80	127,76	145,87	-18,11	130,35	152,19	-21,84	57,45	64,89	-7,44	0,73
M4-1_5	TPh I	14,60	134,88	135,15	-0,27	96,50	91,79	4,71	52,76	40,34	12,42	0,81
	TPh II	14,88	121,74	128,96	-7,22	104,69	107,10	-2,41	23,93	31,69	-7,76	0,71
	TPh III	15,16	147,85	120,86	26,99	84,86	79,23	5,63	50,90	35,37	15,53	0,67
	TPh IV	15,48	149,89	124,30	25,59	99,90	113,06	-13,16	79,25	82,09	-2,84	0,69
	TPh V	15,70	138,38	97,57	40,81	90,74	88,44	2,30	62,03	77,99	-15,97	0,70
	TPh VI	15,96	120,69	132,87	-12,18	92,79	117,00	-24,21	26,84	27,28	-0,44	0,63
	TPh VII	16,22	101,39	100,67	0,72	95,64	101,90	-6,26	24,27	42,64	-18,37	0,62
	TPh VIII	16,48	99,12	112,92	-13,80	103,75	124,23	-20,48	69,88	70,06	-0,18	0,62
M4-1_6	TPh I	16,80	120,26	119,71	0,55	115,97	115,10	0,87	83,68	69,94	13,74	0,69
	TPh II	17,54	138,78	135,09	3,69	98,37	109,63	-11,26	42,00	40,45	1,55	0,85

	TPh III	17,66	143,19	120,38	22,81	79,83	81,46	-1,63	53,58	39,66	13,93	0,86
	TPh IV	17,96	141,26	127,53	13,73	95,77	107,92	-12,15	82,16	84,24	-2,07	0,85
	TPh V	18,70	119,67	119,59	0,08	106,96	123,10	-16,14	51,53	64,53	-13,01	0,77
	TPh VI	19,04	123,72	127,15	-3,43	103,77	127,55	-23,78	11,75	28,33	-16,58	0,74
	TPh VII	19,40	116,77	116,52	0,25	90,28	104,60	-14,32	8,97	23,21	-14,24	0,88
	TPh VIII	19,68	112,99	102,05	10,94	113,27	127,28	-14,01	52,42	56,38	-3,96	0,90
Gesamt	TPh I		1459,40	1446,59	12,81	1283,24	1281,28	1,96	811,79	667,65	144,13	8,63
	TPh II		1559,25	1510,59	48,66	1267,73	1390,10	-122,37	434,42	433,70	0,73	8,89
	TPh III		1729,94	1406,05	323,89	1024,16	992,23	31,93	729,32	514,93	214,41	9,29
	TPh IV		1820,01	1422,54	397,47	1204,40	1232,53	-28,13	965,20	967,22	-2,03	9,64
	TPh V		1609,73	1375,64	234,09	1253,48	1317,58	-64,10	608,95	817,84	-208,90	9,27
	TPh VI		1492,73	1524,71	-31,98	1244,58	1485,25	-240,67	125,46	192,47	-67,01	8,43
	TPh VII		1227,51	1221,30	6,21	1080,07	1223,86	-143,79	232,94	353,40	-120,44	8,74
	TPh VIII		1234,37	1308,34	-73,97	1173,62	1415,05	-241,43	654,87	682,68	-27,82	8,64
	TPh IX		339,99	347,16	-7,17	316,44	329,88	-13,44	224,55	197,49	27,06	2,11
Mittelwert	TPh I		121,62	120,55	1,07	106,94	106,77	0,16	67,65	55,64	12,01	0,72
	TPh II		129,94	125,88	4,05	105,64	115,84	-10,20	36,20	36,14	0,06	0,74
	TPh III		144,16	117,17	26,99	85,35	82,69	2,66	60,78	42,91	17,87	0,77
	TPh IV		151,67	118,55	33,12	100,37	102,71	-2,34	80,43	80,60	-0,17	0,80
	TPh V		134,14	114,64	19,51	104,46	109,80	-5,34	50,75	68,15	-17,41	0,77
	TPh VI		124,39	127,06	-2,66	103,72	123,77	-20,06	10,46	16,04	-5,58	0,70
	TPh VII		102,29	101,78	0,52	90,01	101,99	-11,98	19,41	29,45	-10,04	0,73
	TPh VIII		102,86	109,03	-6,16	97,80	117,92	-20,12	54,57	56,89	-2,32	0,72
	TPh IX		113,33	115,72	-2,39	105,48	109,96	-4,48	74,85	65,83	9,02	0,70

Cutback												
backside												
	Teil- phase	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP
			KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ(°)	H_zu_ YZ(°)	Diff (°) _S-H-W	zu Z (cm)
M2-1_1	TPh I	0,14	98,28	90,17	8,11	77,18	75,22	1,96	15,15	34,71	-19,57	0,77
	TPh II	0,36	91,18	106,01	-14,83	83,79	102,98	-19,19	47,55	46,36	1,18	0,68
	TPh III	0,40	92,08	106,16	-14,08	86,83	107,48	-20,65	59,93	51,03	8,91	0,68
	TPh IV	0,56	86,04	112,86	-26,82	89,88	108,50	-18,62	67,94	69,01	-1,07	0,74
	TPh V	0,94	117,04	132,41	-15,37	122,11	117,60	4,51	63,17	49,29	13,89	0,89
	TPh VI	1,70	126,37	136,25	-9,88	83,11	94,79	-11,68	39,17	39,61	-0,44	0,82
	TPh VII	2,02	136,11	129,25	6,86	82,55	81,24	1,31	55,26	38,28	16,98	0,83
	TPh VIII	2,28	140,21	140,34	-0,13	100,78	118,49	-17,71	80,30	80,39	-0,09	0,88
	TPh IX	2,58	130,27	132,52	-2,25	113,61	120,10	-6,49	68,61	79,43	-10,82	0,84
M2-1_2	TPh I	2,58	130,27	132,52	-2,25	113,61	120,10	-6,49	68,61	79,43	-10,82	0,84
	TPh II	3,46	125,19	131,25	-6,06	96,20	114,90	-18,70	2,29	12,96	-10,67	0,89
	TPh III	3,64	93,14	99,22	-6,08	81,09	99,46	-18,37	13,75	27,02	-13,27	0,88
	TPh IV	3,96	130,73	145,60	-14,87	130,52	149,27	-18,75	63,59	66,39	-2,80	0,76
	TPh V	4,30	147,45	140,38	7,07	139,64	139,88	-0,24	84,54	73,95	10,59	0,70
	TPh VI	6,08	127,05	123,25	3,80	101,14	109,08	-7,94	30,62	30,97	-0,35	0,71
	TPh VII	6,38	153,17	123,21	29,96	87,22	75,72	11,50	65,91	42,14	23,77	0,71
	TPh VIII	6,62	157,14	120,33	36,81	97,98	96,52	1,46	76,50	77,20	-0,70	0,71
M2-1_3	TPh I	7,00	127,15	86,98	40,17	87,30	75,10	12,20	50,64	70,37	-19,73	0,78
	TPh II	7,28	106,85	116,75	-9,90	96,65	114,69	-18,04	37,25	44,70	-7,45	0,77
	TPh III	7,40	94,16	116,77	-22,61	98,34	112,79	-14,45	41,70	54,46	-12,76	0,76
	TPh IV	7,54	95,83	115,39	-19,56	102,22	129,33	-27,11	63,14	62,49	0,66	0,75
	TPh V	7,96	109,08	114,94	-5,86	96,01	102,29	-6,28	76,93	65,63	11,30	0,70
	TPh VI	8,30	120,34	115,73	4,61	100,71	114,71	-14,00	45,19	45,61	-0,41	0,69
	TPh VII	8,54	134,94	111,10	23,84	81,93	73,98	7,95	77,13	47,59	29,54	0,78
	TPh VIII	8,74	147,32	116,33	30,99	93,95	94,56	-0,61	78,24	79,17	-0,94	0,78
M2-1_4	TPh I	9,14	121,83	123,94	-2,11	95,44	118,91	-23,47	51,17	64,88	-13,71	0,74
	TPh II	10,04	130,21	123,13	7,08	93,69	104,74	-11,05	5,10	12,61	-7,51	0,75
	TPh III	10,20	90,00	97,63	-7,63	73,74	94,29	-20,55	22,74	28,86	-6,12	0,74
	TPh IV	10,48	118,75	122,98	-4,23	116,35	131,15	-14,80	58,03	59,12	-1,09	0,71
	TPh V	10,80	124,80	131,52	-6,72	141,91	141,40	0,51	88,65	79,80	8,85	0,62
	TPh VI	12,38	139,06	131,61	7,45	93,70	104,45	-10,75	28,82	28,61	0,20	0,77
	TPh VII	12,56	144,31	115,80	28,51	74,08	72,89	1,19	53,18	38,18	15,00	0,80
	TPh VIII	12,86	147,11	113,04	34,07	88,25	83,34	4,91	83,20	81,46	1,74	0,85
M2-1_5	TPh I	13,38	120,99	103,62	17,37	77,82	87,68	-9,86	41,53	57,34	-15,81	0,78
	TPh II	14,28	126,39	140,22	-13,83	97,03	122,30	-25,27	-3,02	1,35	-4,37	0,77
	TPh III	14,52	82,66	103,54	-20,88	75,33	110,52	-35,19	31,12	41,19	-10,07	0,79
	TPh IV	14,88	124,22	128,97	-4,75	122,97	143,04	-20,07	76,91	76,85	0,06	0,78
	TPh V	15,06	139,98	134,02	5,96	134,33	133,56	0,77	80,52	69,45	11,07	0,73
	TPh VI	16,78	119,67	126,56	-6,89	95,88	99,92	-4,04	27,77	27,11	0,67	0,80
	TPh VII	17,32	150,52	126,50	24,02	86,62	77,13	9,49	52,76	38,75	14,00	0,70
	TPh VIII	17,48	162,32	118,31	44,01	89,79	86,71	3,08	78,10	80,07	-1,97	0,70

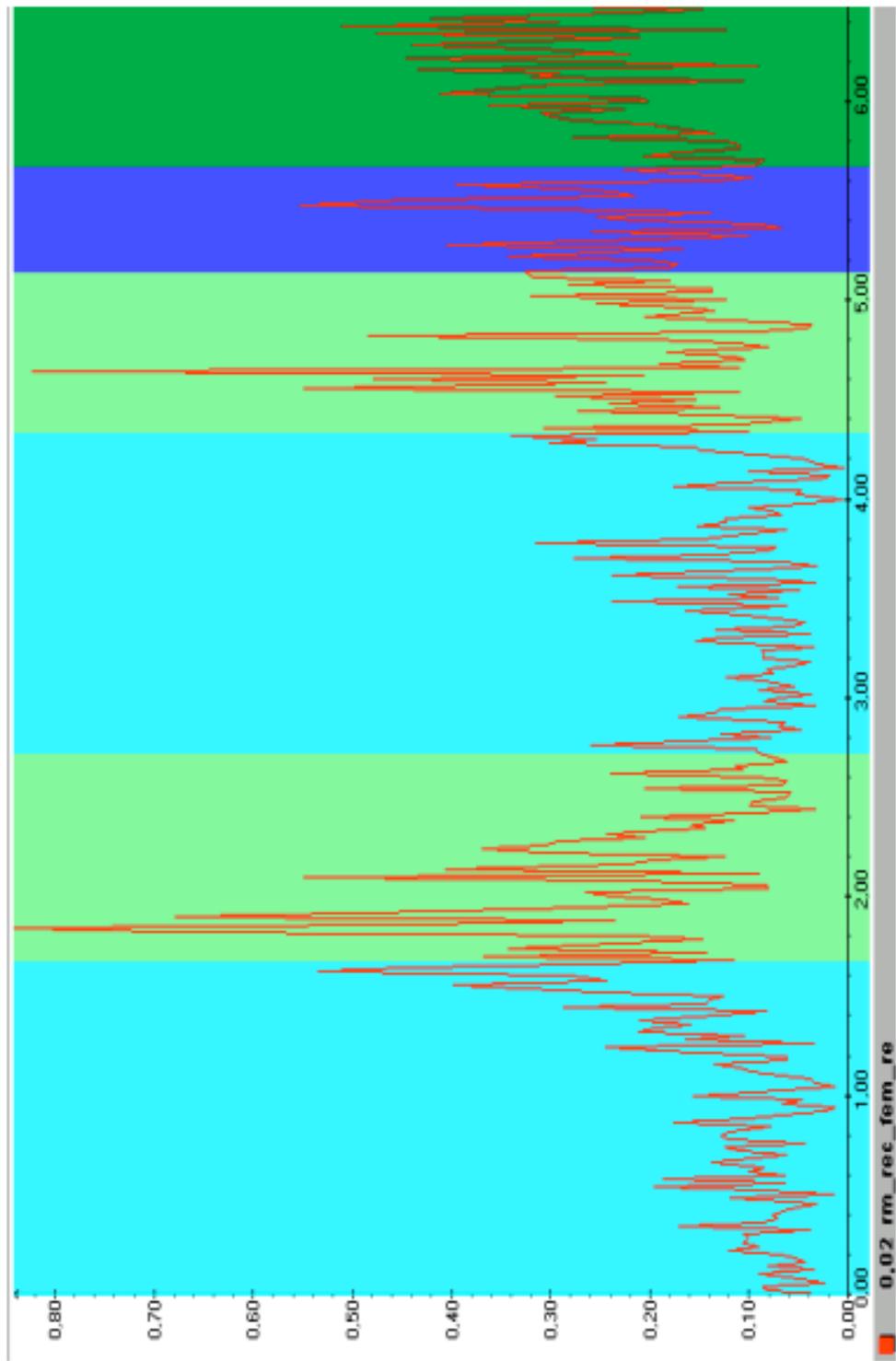
M2-1_6	TPh I	17,86	139,15	96,00	43,15	94,27	76,52	17,75	46,94	70,08	-23,13	0,74
	TPh II	18,24	122,71	130,89	-8,18	111,46	139,71	-28,25	4,60	2,46	2,13	0,62
	TPh III	18,56	89,88	111,94	-22,06	86,33	128,62	-42,29	58,60	50,56	8,05	0,57
	TPh IV	18,74	100,56	111,62	-11,06	96,78	119,19	-22,41	78,66	78,80	-0,14	0,58
	TPh V	18,98	116,37	117,34	-0,97	90,74	96,51	-5,77	79,40	66,38	13,01	0,63
	TPh VI	19,90	128,90	139,44	-10,54	99,64	105,14	-5,50	44,70	37,16	7,55	0,85
	TPh VII	20,08	142,68	124,85	17,83	89,07	84,22	4,85	59,02	35,02	24,00	0,85
	TPh VIII	20,36	137,35	125,39	11,96	89,21	92,83	-3,62	70,50	68,74	1,76	0,89
M3-1_1	TPh I	0,00	109,28	110,42	-1,14	105,23	104,53	0,70	-6,95	7,58	-14,53	0,68
	TPh II	0,14	98,92	103,36	-4,44	108,89	109,09	-0,20	7,79	9,02	-1,23	0,62
	TPh III	0,22	92,97	103,98	-11,01	103,80	108,71	-4,91	5,32	25,03	-19,71	0,58
	TPh IV	0,40	96,75	106,94	-10,19	102,15	120,86	-18,71	64,27	64,56	-0,30	0,56
	TPh V	0,86	131,72	140,96	-9,24	103,86	111,66	-7,80	81,77	71,79	9,98	0,88
	TPh VI	1,80	131,53	128,52	3,01	106,58	107,59	-1,01	42,08	35,55	6,53	0,82
	TPh VII	2,12	150,65	107,40	43,25	78,36	72,07	6,29	66,54	50,98	15,55	0,77
	TPh VIII	2,40	144,79	119,87	24,92	86,84	90,97	-4,13	82,35	84,97	-2,62	0,81
M3-1_2	TPh I	2,80	129,73	122,81	6,92	97,32	106,52	-9,20	53,09	66,72	-13,64	0,77
	TPh II	3,88	132,41	133,84	-1,43	107,07	113,84	-6,77	-16,70	20,58	-37,27	0,72
	TPh III	4,02	95,07	111,57	-16,50	78,62	101,14	-22,52	10,87	21,68	-10,81	0,73
	TPh IV	4,34	129,50	139,58	-10,08	123,92	141,81	-17,89	56,70	58,38	-1,68	0,69
	TPh V	4,68	148,21	141,26	6,95	150,14	152,16	-2,02	86,99	70,84	16,15	0,64
	TPh VI	6,42	116,27	121,50	-5,23	84,34	95,23	-10,89	32,41	32,23	0,18	0,82
	TPh VII	6,80	145,74	119,90	25,84	68,22	68,06	0,16	66,90	51,21	15,69	0,74
	TPh VIII	7,04	158,60	124,66	33,94	95,11	106,81	-11,70	79,13	81,75	-2,62	0,74
M3-1_3	TPh I	7,40	134,40	99,04	35,36	85,86	76,90	8,96	53,21	68,26	-15,06	0,71
	TPh II	7,64	112,97	113,32	-0,35	88,18	99,07	-10,89	41,48	52,80	-11,31	0,66
	TPh III	7,82	93,77	94,78	-1,01	79,51	90,36	-10,85	41,13	48,17	-7,03	0,64
	TPh IV	7,96	93,21	106,84	-13,63	90,59	116,24	-25,65	55,92	53,98	1,94	0,65
	TPh V	8,36	108,33	115,08	-6,75	102,72	109,65	-6,93	80,56	67,78	12,77	0,65
	TPh VI	9,14	117,13	132,30	-15,17	94,29	98,36	-4,07	34,18	34,78	-0,60	0,78
	TPh VII	9,46	138,73	118,89	19,84	71,37	81,13	-9,76	47,51	50,88	-3,37	0,79
	TPh VIII	9,64	148,93	120,92	28,01	73,90	86,11	-12,21	65,90	65,31	0,60	0,81
M3-1_4	TPh I	10,02	126,30	123,66	2,64	109,52	121,05	-11,53	53,58	70,22	-16,64	0,76
	TPh II	10,50	112,95	121,42	-8,47	100,89	125,32	-24,43	48,14	56,63	-8,49	0,64
	TPh III	11,18	103,25	128,19	-24,94	88,33	117,23	-28,90	5,97	22,78	-16,81	0,84
	TPh IV	11,32	109,91	117,89	-7,98	100,77	128,75	-27,98	33,21	37,33	-4,11	0,83
	TPh V	11,82	153,35	138,84	14,51	137,38	146,56	-9,18	86,26	71,97	14,29	0,68
	TPh VI	13,68	123,40	123,78	-0,38	88,85	98,31	-9,46	32,09	29,96	2,12	0,91
	TPh VII	13,90	142,79	116,46	26,33	84,93	82,35	2,58	50,55	33,75	16,80	0,88
	TPh VIII	14,12	144,85	127,76	17,09	90,78	103,22	-12,44	80,83	82,81	-1,98	0,91
M3-1_5	TPh I	14,64	114,67	122,88	-8,21	104,14	131,35	-27,21	50,00	66,09	-16,10	0,78
	TPh II	15,02	108,92	125,66	-16,74	99,47	127,51	-28,04	28,45	28,70	-0,25	0,71
	TPh III	15,18	92,18	98,38	-6,20	88,84	100,06	-11,22	45,78	51,86	-6,08	0,70
	TPh IV	15,38	111,94	121,40	-9,46	106,71	119,17	-12,46	73,44	72,58	0,86	0,69
	TPh V	15,64	103,56	108,73	-5,17	93,28	94,22	-0,94	80,54	65,13	15,41	0,70
	TPh VI	16,56	126,03	117,61	8,42	94,86	104,86	-10,00	35,99	35,55	0,45	0,81
	TPh VII	16,76	134,62	110,05	24,57	88,03	82,36	5,67	54,71	34,50	20,21	0,79
	TPh VIII	17,02	144,47	116,30	28,17	106,54	105,30	1,24	81,33	83,12	-1,79	0,79
	TPh IX	17,56	101,94	112,97	-11,03	99,14	118,85	-19,71	46,42	59,03	-12,61	0,77

M3-1_7	TPh I	20,00	123,88	119,30	4,58	113,95	125,21	-11,26	51,28	69,40	-18,13	0,81
	TPh II	20,56	115,29	118,19	-2,90	100,83	121,59	-20,76	36,48	52,56	-16,07	0,66
	TPh III	21,22	105,07	133,02	-27,95	84,25	118,79	-34,54	-9,59	4,80	-14,38	0,76
	TPh IV	21,40	93,92	115,54	-21,62	84,37	119,18	-34,81	20,94	29,57	-8,64	0,78
	TPh V	22,06	131,04	140,60	-9,56	137,24	140,48	-3,24	78,31	65,77	12,55	0,69
	TPh VI	24,64	141,97	128,90	13,07	107,77	108,02	-0,25	28,84	27,18	1,67	0,88
	TPh VII	24,84	147,17	124,20	22,97	82,58	80,94	1,64	60,90	43,64	17,26	0,80
	TPh VIII	25,12	156,15	127,28	28,87	102,61	120,79	-18,18	83,83	84,40	-0,57	0,75
M5-1_1	TPh I	0,00	107,64	99,35	8,29	95,38	101,30	-5,92	10,99	20,35	-9,36	0,79
	TPh II	0,12	101,37	105,18	-3,81	101,77	114,57	-12,80	7,60	3,62	3,98	0,73
	TPh III	0,22	96,83	100,88	-4,05	94,96	119,67	-24,71	48,24	31,81	16,42	0,67
	TPh IV	0,56	104,43	115,56	-11,13	98,36	115,32	-16,96	72,94	70,08	2,86	0,66
	TPh V	0,74	117,62	123,57	-5,95	100,09	103,91	-3,82	70,46	85,83	-15,37	0,69
	TPh VI	1,90	132,40	126,95	5,45	78,04	85,32	-7,28	49,98	50,39	-0,41	0,79
	TPh VII	2,04	144,64	114,60	30,04	64,65	63,96	0,69	66,31	52,56	13,75	0,78
	TPh VIII	2,26	142,55	120,46	22,09	93,43	96,77	-3,34	83,54	85,74	-2,20	0,82
M5-1_2	TPh I	2,60	134,35	139,92	-5,57	97,02	114,29	-17,27	60,72	70,23	-9,51	0,90
	TPh II	3,10	123,18	134,18	-11,00	113,12	135,60	-22,48	49,49	57,00	-7,51	0,84
	TPh III	3,90	93,12	113,19	-20,07	76,93	107,39	-30,46	12,51	27,36	-14,85	1,02
	TPh IV	4,26	136,64	132,59	4,05	133,88	145,85	-11,97	56,69	63,55	-6,86	0,86
	TPh V	6,10	137,75	139,19	-1,44	113,29	107,80	5,49	39,65	28,09	11,56	0,76
	TPh VI	6,48	129,71	125,30	4,41	104,36	105,46	-1,10	31,00	32,81	-1,81	0,72
	TPh VII	6,96	144,85	114,56	30,29	63,40	61,74	1,66	60,28	48,10	12,17	0,68
	TPh VIII	7,18	157,57	120,30	37,27	99,12	94,49	4,63	81,51	80,80	0,71	0,74
M5-1_3	TPh I	7,52	136,96	104,50	32,46	106,67	99,53	7,14	54,39	71,57	-17,18	0,73
	TPh II	7,72	127,11	141,10	-13,99	120,53	144,84	-24,31	31,47	31,01	0,46	0,69
	TPh III	8,08	97,25	94,87	2,38	89,24	97,22	-7,98	36,42	54,15	-17,73	0,68
	TPh IV	8,24	92,26	105,57	-13,31	92,51	116,87	-24,36	66,69	66,98	-0,29	0,68
	TPh V	8,52	113,83	108,97	4,86	96,31	97,30	-0,99	81,59	63,06	18,53	0,71
	TPh VI	9,14	136,03	140,41	-4,38	99,34	107,03	-7,69	35,93	36,00	-0,07	0,79
	TPh VII	9,42	140,95	118,45	22,50	69,38	66,60	2,78	69,27	50,05	19,22	0,84
	TPh VIII	9,64	140,75	119,24	21,51	97,96	97,44	0,52	81,55	79,69	1,86	0,83
	TPh IX	10,14	123,30	127,81	-4,51	101,23	124,53	-23,30	54,70	60,45	-5,75	0,85
M5-1_4	TPh I	10,52	121,73	125,50	-3,77	108,05	132,42	-24,37	34,00	50,45	-16,44	0,75
	TPh II	10,88	127,57	154,75	-27,18	95,32	136,14	-40,82	5,68	5,88	-0,20	0,90
	TPh III	11,04	87,92	96,55	-8,63	74,93	102,38	-27,45	14,55	26,94	-12,39	0,91
	TPh IV	11,26	115,00	107,91	7,09	113,13	140,89	-27,76	54,23	57,19	-2,96	0,84
	TPh V	11,64	141,11	134,94	6,17	138,76	144,01	-5,25	88,39	72,36	16,03	0,71
	TPh VI	13,24	142,56	133,88	8,68	95,36	92,51	2,85	22,09	21,88	0,20	0,74
	TPh VII	13,48	145,31	119,56	25,75	69,37	77,98	-8,61	49,79	44,47	5,32	0,73
	TPh VIII	13,72	160,57	128,66	31,91	75,63	81,40	-5,77	70,14	70,68	-0,54	0,72
M5-1_5	TPh I	14,12	130,87	104,43	26,44	93,28	96,54	-3,26	55,17	69,33	-14,16	0,73
	TPh II	14,44	129,35	133,97	-4,62	103,86	125,26	-21,40	21,25	21,02	0,23	0,65
	TPh III	14,70	95,98	101,80	-5,82	83,40	101,52	-18,12	35,20	50,21	-15,01	0,60
	TPh IV	14,84	95,52	106,51	-10,99	91,26	114,66	-23,40	62,83	60,70	2,12	0,59
	TPh V	15,18	105,71	108,50	-2,79	99,96	104,19	-4,23	71,64	60,35	11,29	0,61
	TPh VI	15,54	139,61	140,94	-1,33	99,68	111,63	-11,95	52,33	51,98	0,35	0,71
	TPh VII	16,28	146,51	126,68	19,83	72,24	70,40	1,84	68,14	54,97	13,17	0,83
	TPh VIII	16,52	145,13	128,58	16,55	91,15	93,32	-2,17	75,43	77,10	-1,67	0,82

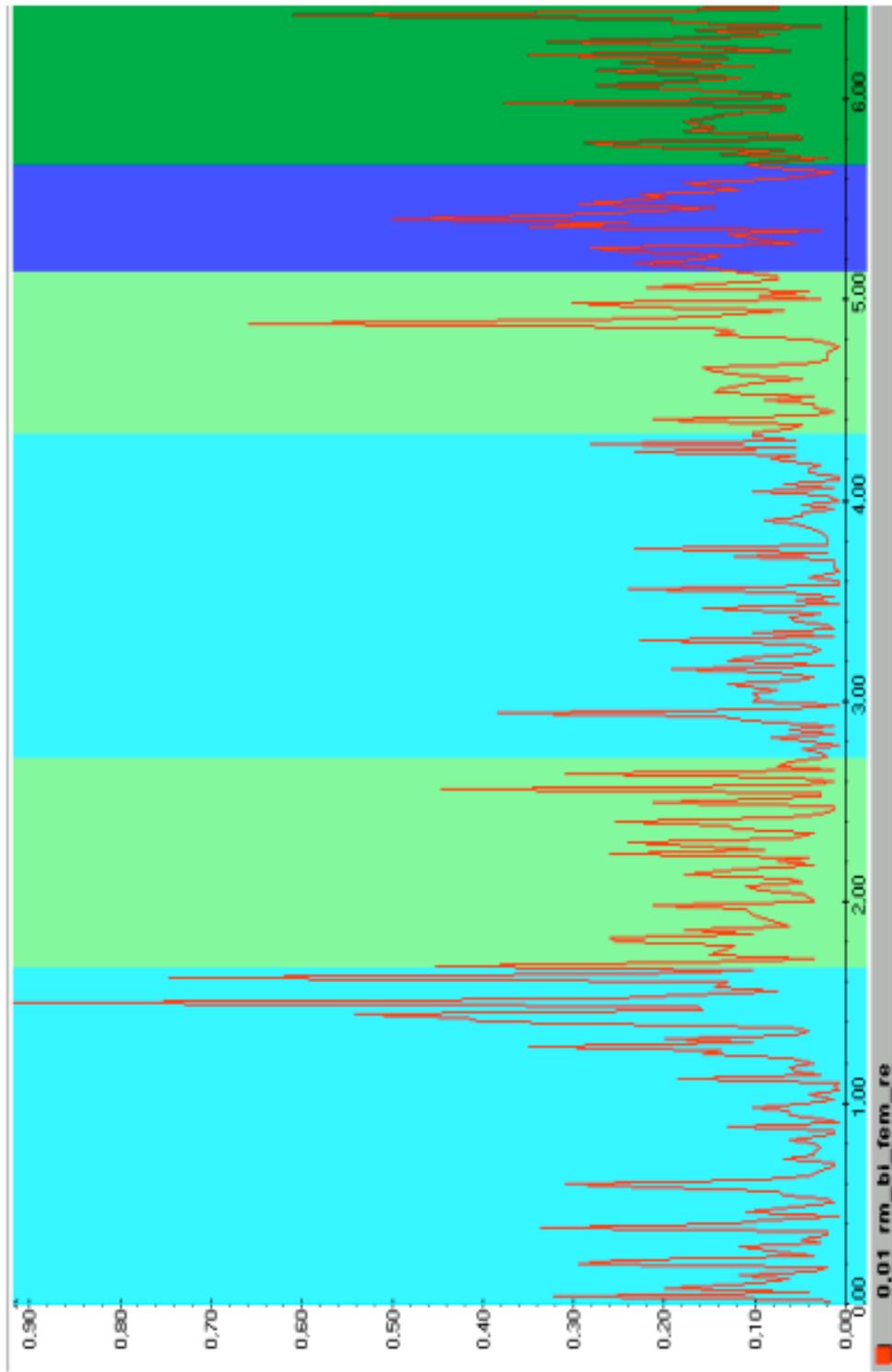
M5-1_6	TPh I	17,18	117,62	121,82	-4,20	91,00	117,19	-26,19	47,77	56,36	-8,59	0,73
	TPh II	17,56	121,23	124,77	-3,54	104,16	121,99	-17,83	1,51	18,77	-17,26	0,73
	TPh III	17,80	124,73	112,35	12,38	87,45	97,58	-10,13	5,43	20,70	-15,27	0,82
	TPh IV	18,18	133,68	136,46	-2,78	125,95	143,47	-17,52	53,16	56,06	-2,90	0,81
	TPh V	18,58	151,34	147,49	3,85	130,92	130,04	0,88	78,41	64,20	14,21	0,71
	TPh VI	20,30	124,27	140,14	-15,87	87,13	91,91	-4,78	30,90	30,64	0,26	0,80
	TPh VII	20,78	145,13	125,08	20,05	70,94	68,50	2,44	51,65	39,56	12,09	0,79
	TPh VIII	21,04	155,77	134,88	20,89	95,37	115,27	-19,90	86,96	87,49	-0,52	0,83
Gesamt	TPh I		2225,10	2026,86	198,24	1753,04	1880,36	-127,32	791,29	1063,37	-272,11	13,79
	TPh II		2113,80	2257,99	-144,19	1822,91	2174,14	-351,23	356,41	478,03	-121,61	13,03
	TPh III		1720,06	1924,82	-204,76	1531,92	1915,21	-383,29	479,67	638,61	-158,91	13,37
	TPh IV		1968,89	2150,21	-181,32	1922,32	2303,55	-381,23	1079,29	1103,62	-24,34	12,96
	TPh V		2298,29	2318,74	-20,45	2128,69	2173,22	-44,53	1397,78	1191,67	206,11	12,70
	TPh VI		2322,30	2333,07	-10,77	1714,78	1834,32	-119,54	644,09	628,02	16,09	14,21
	TPh VII		2588,82	2146,54	442,28	1384,94	1341,27	43,67	1075,81	794,63	281,15	14,09
	TPh VIII		2691,58	2222,65	468,93	1668,40	1764,34	-95,94	1419,34	1430,89	-11,54	14,38
	TPh IX		355,51	373,30	-17,79	313,98	363,48	-49,50	169,73	198,91	-29,18	2,46
Mittelwert	TPh I		123,62	112,60	11,01	97,39	104,46	-7,07	43,96	59,08	-15,12	0,77
	TPh II		117,43	125,44	-8,01	101,27	120,79	-19,51	19,80	26,56	-6,76	0,72
	TPh III		95,56	106,93	-11,38	85,11	106,40	-21,29	26,65	35,48	-8,83	0,74
	TPh IV		109,38	119,46	-10,07	106,80	127,98	-21,18	59,96	61,31	-1,35	0,72
	TPh V		127,68	128,82	-1,14	118,26	120,73	-2,47	77,65	66,20	11,45	0,71
	TPh VI		129,02	129,62	-0,60	95,27	101,91	-6,64	35,78	34,89	0,89	0,79
	TPh VII		143,82	119,25	24,57	76,94	74,52	2,43	59,77	44,15	15,62	0,78
	TPh VIII		149,53	123,48	26,05	92,69	98,02	-5,33	78,85	79,49	-0,64	0,80
	TPh IX		118,50	124,43	-5,93	104,66	121,16	-16,50	56,58	66,30	-9,73	0,82

Take off frontside												
	Teil- phase	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP zu Z (cm)
			KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) S-H-W	
Takeoff	TPh I	0,04	158,67	161,07	-2,40	145,71	145,31	0,40	34,89	27,47	7,42	0,05
	TPh II	0,26	154,70	149,29	5,41	161,88	151,55	10,33	42,09	45,82	-3,73	0,22
	TPh III	0,50	83,87	103,37	-19,50	74,60	77,62	-3,02	48,32	59,14	-10,82	0,42
	TPh IV	0,78	77,03	64,68	12,35	34,86	56,64	-21,78	75,16	77,99	-2,83	0,38
	TPh V	1,30	108,49	104,94	3,55	75,05	94,60	-19,55	69,77	59,26	10,51	0,68

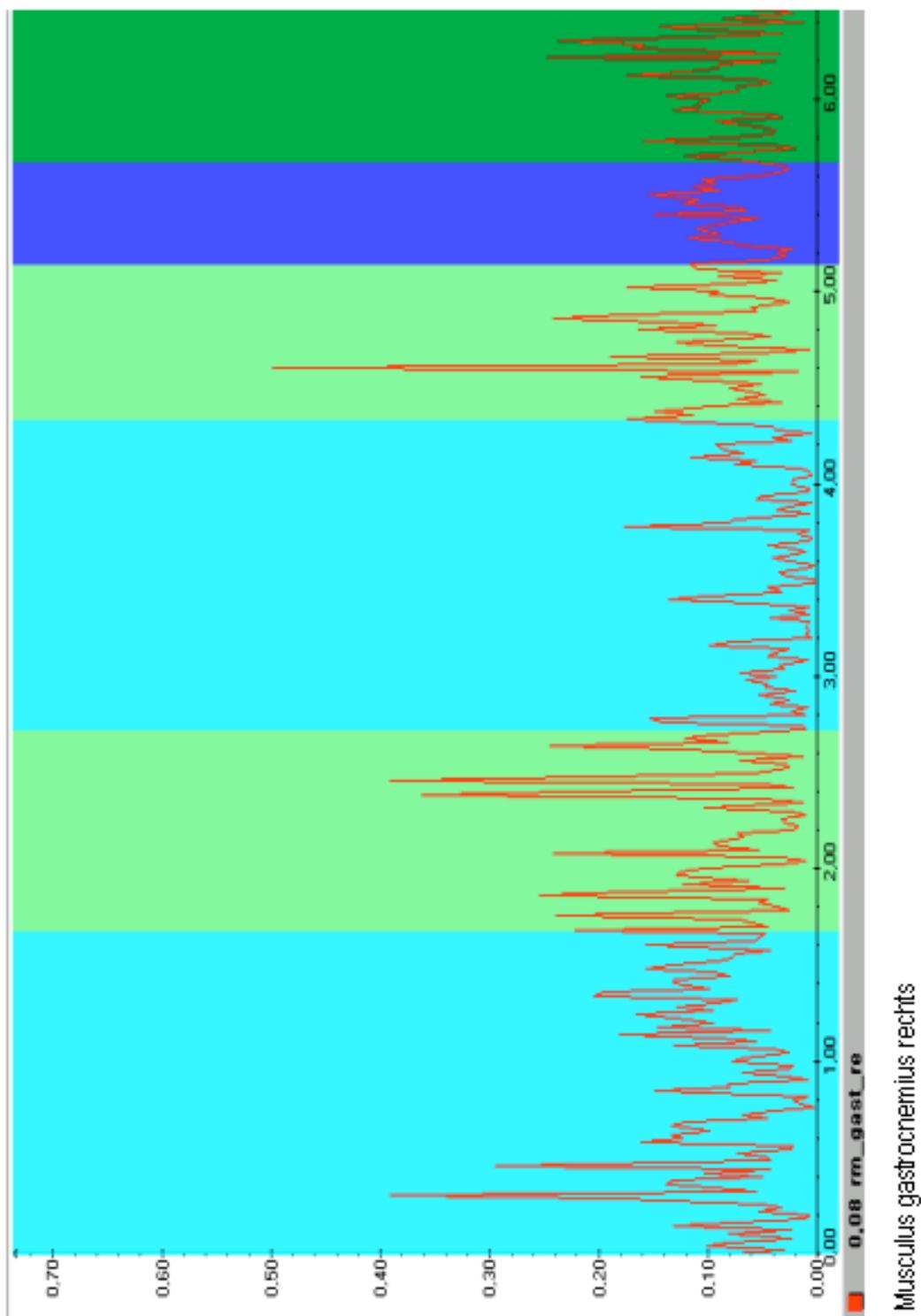
360° frontside												
	Teil- phase	Start (in Sec)	Knie -			Hüftwinkel			Schulter-Hüftachsen			KSP zu Z (cm)
			KnieW li X	KnieW re X	Diff KW li + re X	HüftW li X	HüftW re X	Diff HW li + re X	S_zu_ YZ (in °)	H_zu_ YZ (in °)	Diff (in °) _S-H-W	
360°	TPh I	0,00	132,95	111,45	21,50	103,71	113,13	-9,42	70,66	64,95	5,70	0,41
	TPh II	0,42	127,57	100,22	27,35	108,82	109,83	-1,01	41,05	40,85	0,20	0,37
	TPh III	0,70	149,38	109,91	39,47	76,83	80,94	-4,11	-4,19	-7,71	3,52	0,74
	TPh IV	0,88	153,48	122,15	31,33	94,23	104,24	-10,01	-19,68	-36,78	17,09	0,94
	TPh V	1,20	123,90	123,76	0,14	91,83	108,32	-16,49	-68,66	-64,48	-4,19	1,01
	TPh VI	1,60	100,19	93,22	6,97	73,77	86,48	-12,71	-18,00	-1,37	-16,63	1,01
	TPh VII	1,80	113,44	84,63	28,81	85,47	84,18	1,29	-18,59	26,83	-45,42	1,06

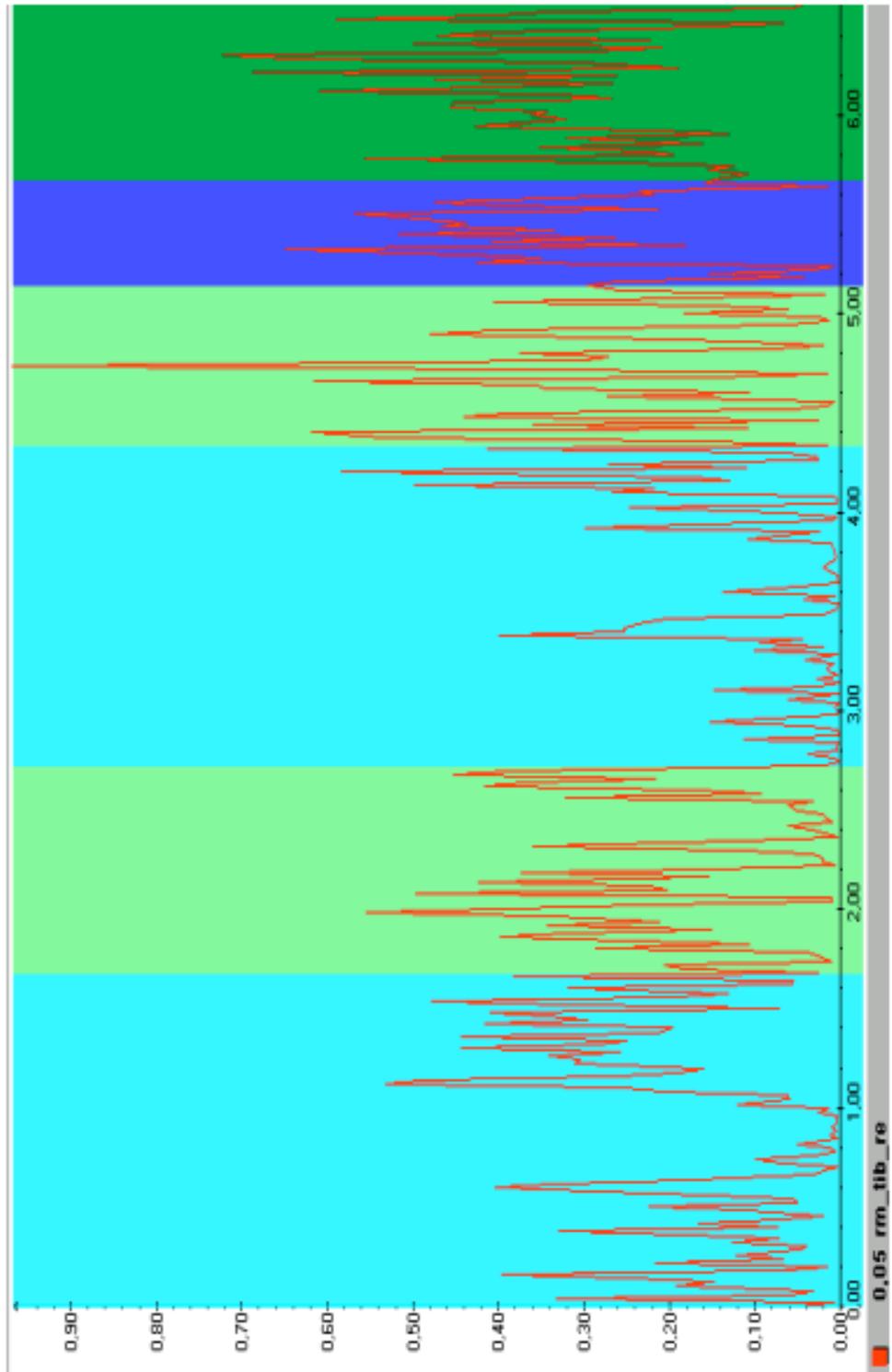


Musculus rectus femoris rechts

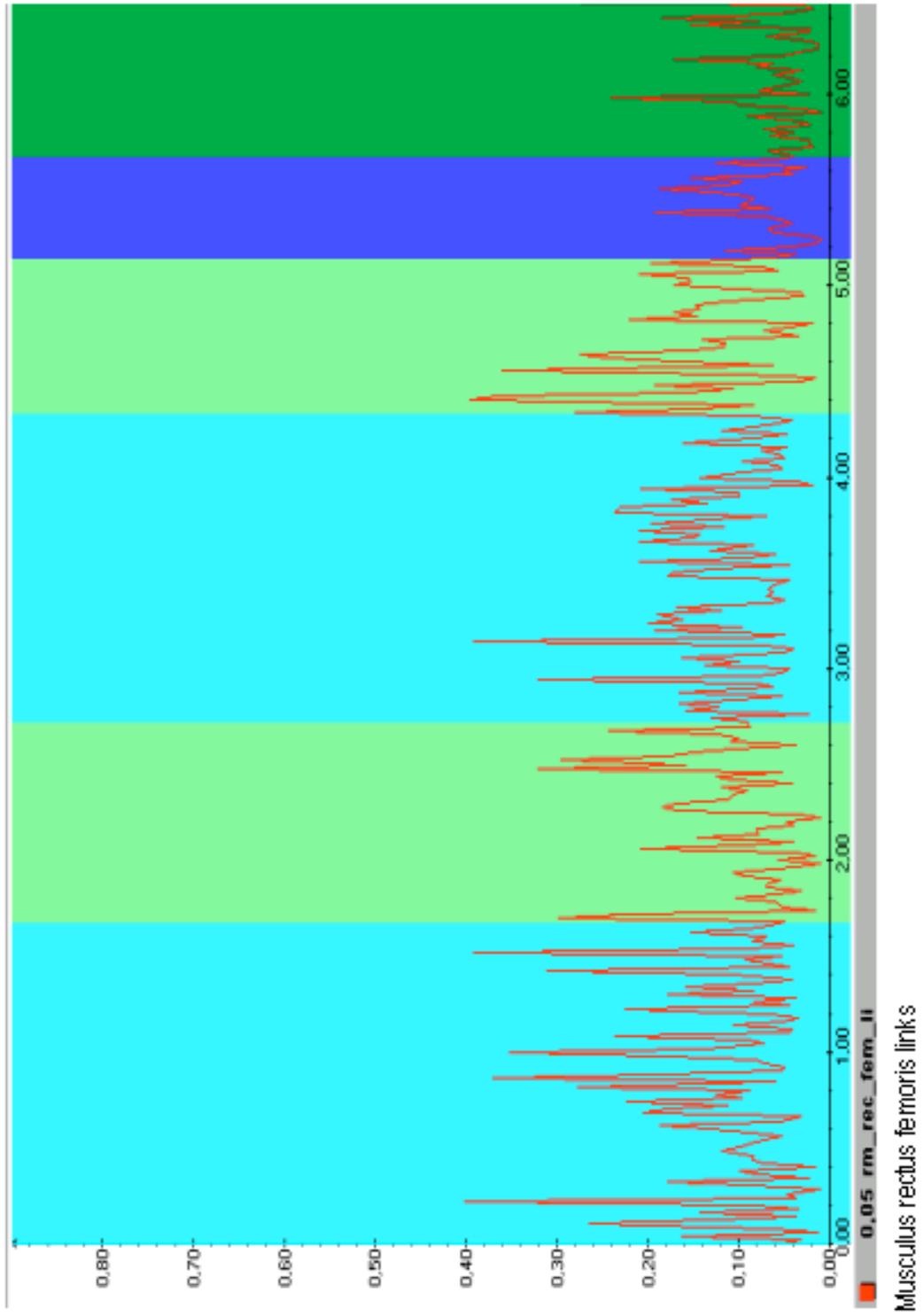


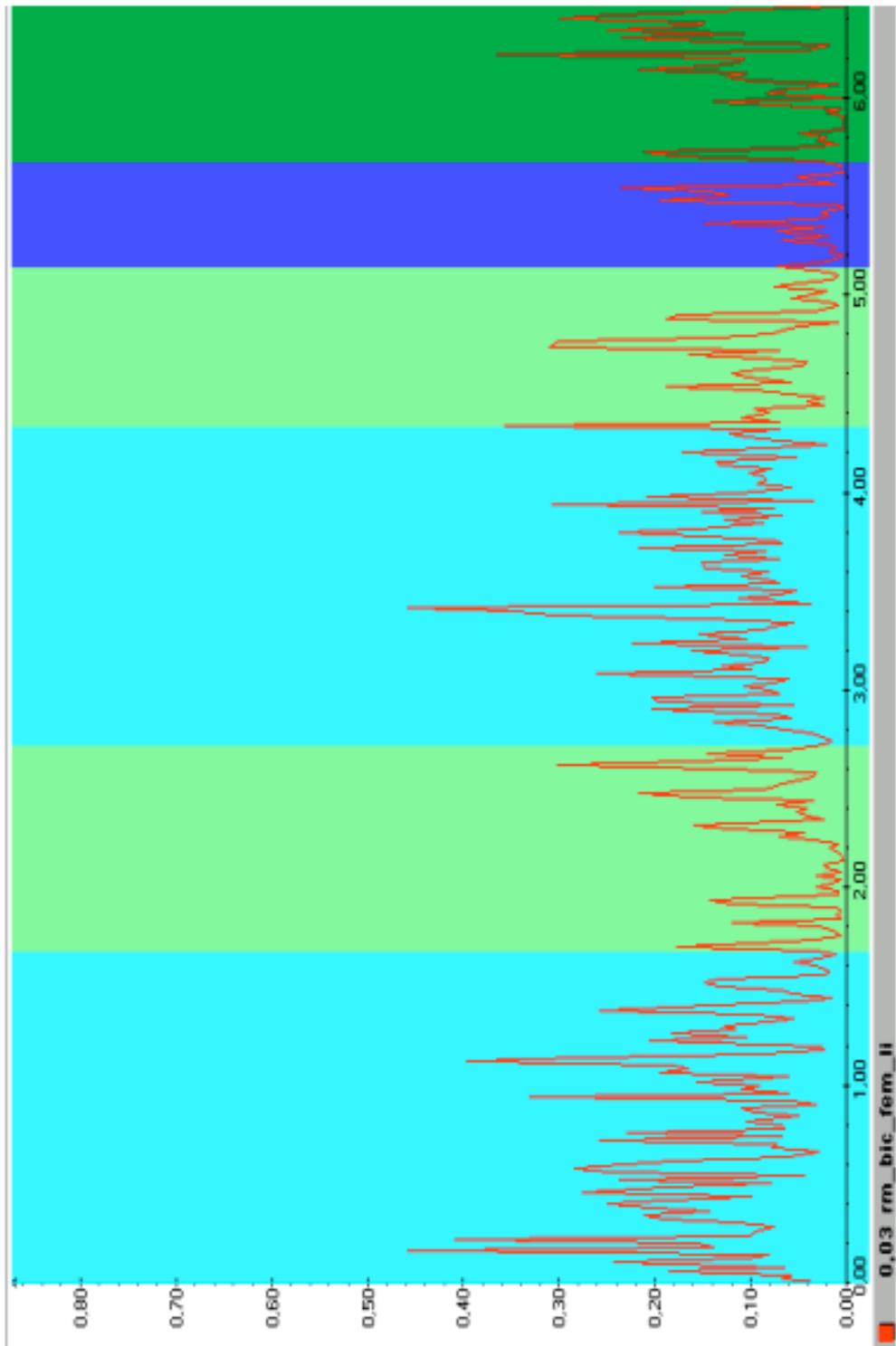
Musculus biceps femoris rechts



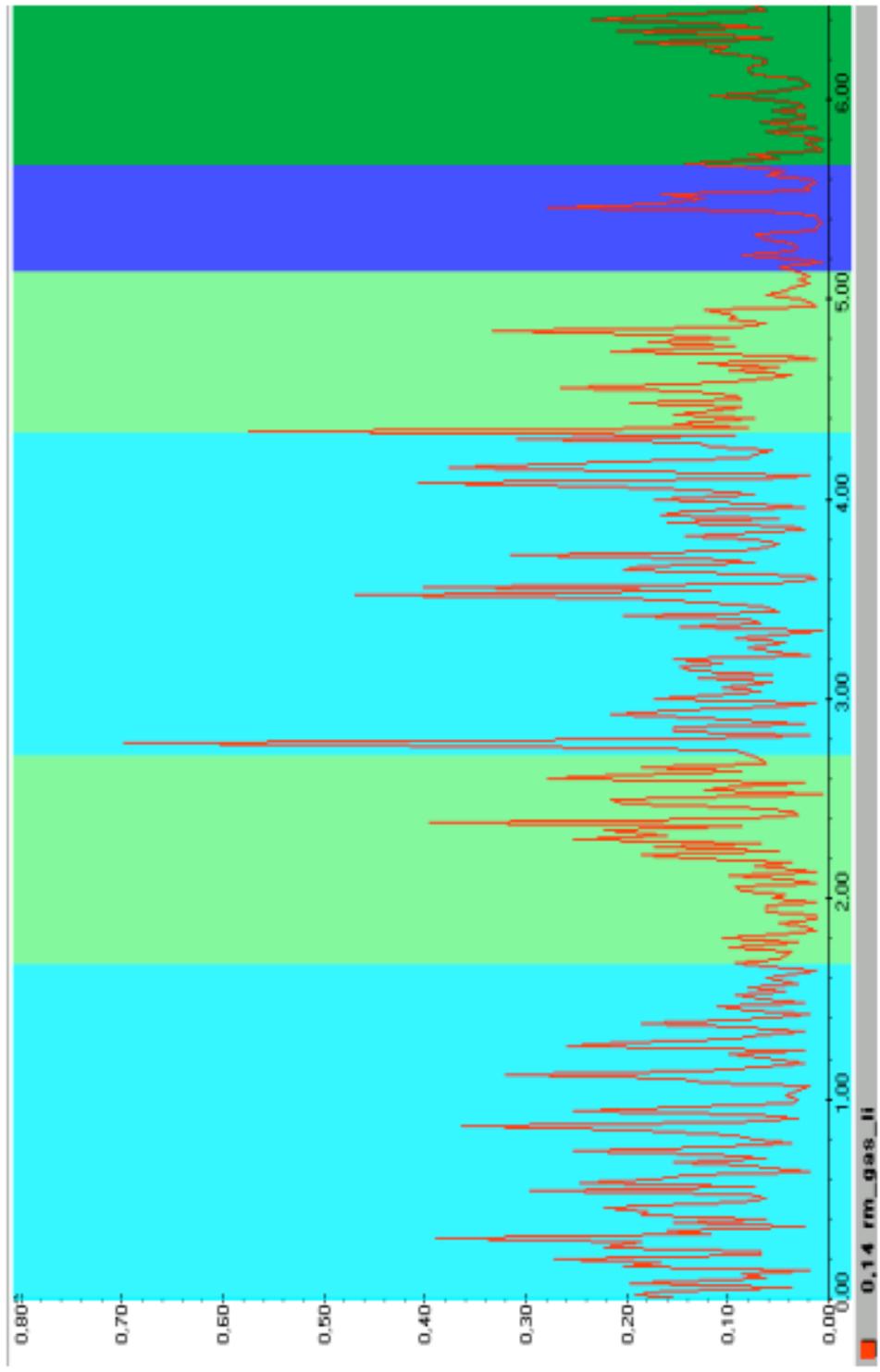


Musculus tibialis rechte





Musculus biceps femoris links



Musculus gastrocnemius links

