

Speedskating-Techniken: Funktionsphasenanalysen

Auszug aus der schriftlichen Hausarbeit zur Wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt an Gymnasien „Double Push oder klassische Technik: Physiologische Messungen zur Optimierung der Speedskating-Techniken“ am Institut für Sport und Sportwissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vorgelegt von:

Michael Nentwig ©

Kiel, im September 2001

Referent: PD Dr. Manfred Wegner

Inhaltsverzeichnis

<u>1.2</u>	<u>Klärung der Begriffe</u>	3
<u>1.3</u>	<u>Auswahl der Methode zur Bewegungsanalyse</u>	4
<u>1.4</u>	<u>Funktionale Bewegungsanalysen</u>	6
<u>1.4.1</u>	<u>Die klassische Eisschnelllauftechnik</u>	6
<u>1.4.2</u>	<u>Die klassische Rollschnelllauftechnik</u>	15
<u>1.4.3</u>	<u>Die Double Push Technik</u>	22

1.1 Klärung der Begriffe

Im Folgenden soll der Begriff *Technik* in Weinecks (1996) Sinne verstanden werden als „...das meist in der Praxis entwickelte Verfahren, eine bestimmte Bewegungsaufgabe auf möglichst zweckmäßige und ökonomische Weise zu lösen“ (S. 563). Technik ist in diesem Sinne ein „motorischer Idealtyp“ (ebd.), wobei Raum bleibt für Modifizierungen des idealen Bewegungsbildes unter Erhaltung der charakteristischen Bewegungsmerkmale im Sinne einer individuellen Stilausprägung.

Der Begriff des *sporttechnischen Leitbildes* soll im Sinne von Schnabel und Thieß (1993, S. 544f.) verstanden werden, die auf der Basis von Erfahrungswerten und Forschungen, motorischen Erkenntnissen und mechanischen Gesetzmäßigkeiten ein optimales Lösungsverfahren entwerfen, das in verbal beschreibender oder mathematisch-mechanischer Form unter eventueller Zuhilfenahme verschiedener Medien ein technisches Leitbild für verschiedene Leistungsbereiche darstellt.

Soweit im Folgenden auf die Technik des Eisschnelllaufens bezug genommen wird, ist die *klassische* Technik gemeint, die sich in den letzten Jahrzehnten auf den Kunsteisbahnen entwickelt hat und deren Bewegungsbild durch das Fernsehen populär und auch dem Laien vertraut gemacht wurde. Die Techniken des Shorttrack-Fahrens auf Eis oder des Natureislaufens – wie beim *Elf Steden Tocht* in Holland – sind hier nicht relevant.

Wenn im Folgenden vom *Speedskaten* und dessen Techniken gesprochen wird, so ist das Fahren auf modernen 5-Rollen-Inline-Skates bei Straßenrennen auf Asphalt, wie dem Berlin Marathon, gemeint (also nicht das Fahren auf der Rundbahn und nicht das Fahren mit den alten Rollschuhen, bei denen die Rollen 2x2 angeordnet sind). Der Begriff wurde schon 1996 von der Rollschnelllauf-Kommission als zu bevorzugende Alternative zum Ausdruck *Rollschnelllauf* beschlossen. Bei Zweifelsfragen zur Abgrenzung von anderen Sportarten ist im Einzelfall auch *Inline-Speedskaten* gebräuchlich. (vgl. Zschätzsch, 2001, ¶24f.).

1.2 Auswahl der Methode zur Bewegungsanalyse

Die vorliegende Untersuchung geht der Frage nach, mit welcher Technik beim Inline-Skaten die Aufgabe der ökonomischsten Vortriebserzeugung ab besten gelöst werden kann. Für eine Bewegungsanalyse dieser Technik ist daher eine „Aufgabenanalyse“ (Janssen, 1995, S. 53) sinnvoll, die die Bewegung in Abhängigkeit von äußeren, situativen Bedingungen untersucht. Janssen unterscheidet hier drei unterschiedliche mögliche Vorgehensweisen mit drei unterschiedlichen Betrachtungsgegenständen (vgl. ebd.): die Analyse der inneren, psychologischen Ablaufstruktur (funktionale Prozessanalyse, dynamisch-eigenmotorische Aktionsanalyse nach Wiemann), die Analyse der Raum-Zeit-Strukturen (Sequenzanalyse nach Meinel und Schnabel) und die Analyse der funktionalen Struktur der Bewältigung (Funktionsanalyse nach Göhner).

Obwohl die Aufgabe der optimalen Vortriebserzeugung bei minimalem Energieeinsatz bei der klassischen Technik und dem Double Push die selbe ist, bieten die Techniken verschiedene Lösungsmöglichkeiten an. Zur äußeren Untersuchung einer solchen Fragestellung ist Göhners Ansatz am besten geeignet: Er geht von der Veränderlichkeit der Ziele und Rahmenbedingungen aus und unterstellt jeder beobachtbaren Bewegung eine Funktion für das Ziel dieser Aufgabe (vg. ebd, S.55). Daher wird die folgende Analyse nach Göhners Methode durchgeführt.

Göhner ordnet im ersten Schritt die Bewegungsaufgabe in ein verbindliches taxonomisches System ein, um im zweiten Schritt die Bewegung in Teilbewegungen zu zerlegen. Hierbei werden die hierarchische Ordnung (vgl. ebd., S. 56) und die „allgemeinen funktionstragenden Bestandteile“ (Göhner, 1992, S. 124) bestimmt. Im Gegensatz zu Meinel und Schnabel (1976), die bei ihrem Ansatz primär vom äußeren Erscheinungsbild der Bewegung ausgehen und nur drei Phasen erkennen, ist durch die unbegrenzte Anzahl von sogenannten Hilfsphasen bei Göhner eine sehr viel bessere Differenzierung der Bewegung möglich. Er unterscheidet vorbereitende Hilfsfunktionsphasen, die dem Erreichen einer bestimmten Ausgangsposition oder -geschwindigkeit dienen, direkte und indirekte unterstützende Hilfsfunktionsphasen, welche die

Bewegung durch ein anderes, bewegtes Körperteil unterstützen, ohne dass der Beweger den Effekt kennt, sowie überleitende Hilfsfunktionsphasen, bei der eine Ruhelage erreicht oder eine weitere Bewegung vorbereitet wird, und die Hauptfunktionsphasen, die funktional unabhängig sind, also nicht der Vorbereitung einer anderen Phase dienen (vgl. ebd, S. 146; Janssen, 1995, S.63f.).

Göhner (1992, S. 124ff.) schlägt zwei unterschiedliche Vorgehensweisen vor, um eine Gliederung zu schaffen: Man kann entweder vom realen Wort und Bild, also von der Praxis ausgehen; oder man kann vom Bewegungsziel und den Rahmenbedingungen ausgehend eine *virtuelle* Bewegung analysieren, die wahrscheinlich nur noch nicht in der Praxis getestet wurde. Er nennt den ersten Zugang die induktive, aktionszentrierte Funktionsgliederung und den zweiten die deduktive, zielzentrierte Funktionsgliederung. Da alle Bewegungen, die im Folgenden analysiert werden sollen, schon in der Praxis gefahren werden, wird hier der induktive, aktionszentrierte Weg gewählt.

1.3 Funktionale Bewegungsanalysen

Im Folgenden werden zunächst die Bewegungen eines Eisschnellläufers analysiert. Daran anschließend werden zwei Modifikationen dieser Technik für das Inline-Skaten untersucht. Bei allen drei Techniken wird die Technik ohne Armschwung betrachtet. Diese wird in der Praxis auf langen Strecken und auf der Geraden gefahren und ist nach Voronov, Lavrovsky und Zatsiorsky (1995, S. 153ff.) die effektivste Fahrweise.

Nach einer kurzen Einleitung, in der die zugrunde liegende Literatur vorgestellt wird, wird erst das Bezugssystem anhand von Göhners Kategorien als ablauffrelevante Bewegungsgrundlage skizziert. In einem zweiten Schritt werden die Funktionsphasen und die funktionserfüllenden Bewegungsoperationen festgelegt, um abschließend die Techniken der Bewegung vergleichen zu können. Die Bewegung wird also nicht nur aktional und zeitlich gegliedert, sondern den einzelnen Phasen wird auch eine Funktion zugeordnet.

Da es sich bei allen drei Techniken um zyklische, asynchrone Bewegungen handelt, wird zur Phaseneinteilung nur das rechte Bein (aus der Sichtweise des Betrachters) analysiert. Das linke Bein zeigt – zeitlich versetzt und spiegelbildlich – die gleiche Bewegung. Seine Bewegungen werden daher zum besserem Verständnis der komplexen Bewegung kurz skizziert, aber nicht weiter analysiert.

1.3.1 Die klassische Eisschnelllauftechnik

„...wo nahmen diese Leute ihre Schnelligkeit eigentlich her, man hört ja fast gar nichts, nur ein feines Zischen, einen hellklingenden Ton. ... Hier beginnt die Kunst, und selbst bei Veranlagung ist es nicht leicht, sie zu erlernen.“ (Berliner Eislauf-Verein 1886, 1925, S. 195)

Diese Worte aus dem Jahr 1925 bringen nicht nur die Faszination der Bewegung zum Ausdruck, sondern sie illustrieren gleichzeitig auch die Komplexität der Bewegung. Grundlage der folgenden Untersuchung sind die Beschreibungen einer *optimalen Technik* aus den beiden Lehrwerken *The Complete Handbook of Speed Skating* von der Olympiasiegerin D. Holum (1984) und *Speed on Skates* vom kanadischen Eis- und Rollschnellläufer Barry Publow (1999). Die Einteilung der Funktionsphasen stimmt mit Voronov et al. (1995, S.153ff.) überein, die sie nach Bodenkontakt der

Skates einteilen. Sie definieren eine „single support push-off“-Phase, bei der der Oberschenkel des rückgeführten Beines vertikal ist und die bis zum Aufsetzen auf das Eis andauert. (0,26 s bei einer Geschwindigkeit von 11,1 m/s), eine „double support push“-Phase, die vom Bodenkontakt des neuen Gleitbeines bis zum Verlassen des Eises des Abdruckbeines dauert (0,22 s), und eine „free skate“-Phase, die die Rückführung des Abdruckbeines beinhaltet, bis der Oberschenkel vertikal ist (0,22s). Voronov et al. nutzen diese Einteilung jedoch nur zur Strukturierung ihrer biomechanischen Messungen und nicht zur funktionsbeschreibenden Analyse der Bewegung. Die Zeichnung in Abbildung 1 (S. 9) entspricht im Maßstab den oben genannten Zeitangaben von Voronov et al.. Die systematischen Figuren sind dabei Allinger und van den Bogert (1997, S. 280) entnommen und mit *Adobe® Photoshop® 5.0* graphisch erweitert worden. Die Bezeichnungen *rechts* und *links* beziehen sich im Folgenden immer auf die Sichtweise des Betrachters.

1.3.1.1 Typisierung der Bewegungsaufgabe

Bewegungsziele: Eisschnelllaufen hat ein resultatorientiertes Ziel, da sich das gesamte Bewegungsgeschehen auf das Erreichen der Endsituation der maximalen Geschwindigkeit bezieht: Man möchte mit der individuell zur Verfügung stehenden Energie möglichst schnell am Ziel ankommen. Oder anders ausgedrückt: Man möchte für eine maximal zu erreichende Geschwindigkeit möglichst wenig Energie aufwenden. Das Ziel ist also eine „Zeitminimierung“ (Göhner, 1992, S. 44) oder eine Ökonomieoptimierung. Über die Stoppuhr wird der Anfang und der Endzustand der Bewegung festgelegt.

Movendum- und Bewegerattribute: Der Eisschnellläufer ist ein aktives, sich selbst bewegendes Movendum. Er ist also Movendum und Beweger zugleich. Er hat zur instrumentellen, lokomotorischen Unterstützung (vgl. ebd., S. 55) Schlittschuhe, die zu den passiv-reaktiven Objekten gezählt werden können. Ein kompletter Eisschnelllaufschuh mit Klappmechanismus wiegt zwischen 0,6 kg und 0,7 kg. Die Kufe eines Eisschnelllaufschuhs besteht aus einem Stahlblatt, dem *Läufer*, und einem Aluminiumrohr, dem *Torpedo*, der dieses Blatt hält. Eiskontakt hat nur der *Läufer*. Er ist zwischen 0,9 mm und 1,4 mm dick und hat eine Länge von 40–48 cm. Er ist, von der Seite gesehen, bogenförmig (Radius meist 21 m) und plan geschliffen, so dass beim senkrecht stehenden Skate theoretisch nur eine strichförmige Auflage in

der Breite der Kufendicke besteht. Faktisch ist sie durch die Elastizität des Eises (die Kufe schneidet ins Eis ein) geringfügig größer. Die Reibung zwischen Kufe und Eis ist sehr gering¹. Die Kraft wird direkt durch die Stahlkufe auf das Eis übertragen. Die Kufe rutscht nur geringfügig weg, da das Eis nur sehr wenig nachgibt. Durch die rund geschliffene, sehr schmale Kufe und durch den geringen Gleitwiderstand ist das Gerät für Anfänger nur schwer zu beherrschen. Das allgemeine und das aktuelle Bewegungsverhalten des Gerätes müssen daher intensiv erlernt werden.

Umgebungsbedingungen: Die künstliche, gleichbleibende Umgebung der Kunsteisbahn beinhaltet einige unterstützende Bedingungen. Es ist anzunehmen, dass die Kunsteisbedingungen in Wettkampfhallen weitestgehend konstant sind, d.h., die Läufer haben einen annähernd perfekt glatten Untergrund. Es gibt keinerlei Steigungen oder Abfahrten. Die geschlossene Bahn und der fast perfekte Boden erfordern relativ wenig Aufmerksamkeit, nur der Spurwechsel fordert ein erhöhtes Maß an Konzentration. Der Windwiderstand ist beim Eisläufer in der Halle allein von seiner Körperform und Haltung² sowie von seiner Geschwindigkeit abhängig (Faktoren wie Luftdichte seien hier vernachlässigt), äußere Einflüsse wie Gegenwind gibt es in der Halle nicht. Der Anteil der Luftreibung am Gesamt-Energieverlust liegt nach de Boer et al. (1987, S. 567) bei 72 Prozent und nach de Koning et al. (1992, 565ff.) bei 75 Prozent³. Auf der Bahn haben die Skater fast keinen Windschatten durch andere Skater. Ausnahmen bilden eventuell kurze Momente beim Spurwechsel. Bei Wettkämpfen sind ständig Zuschauer anwesend. Somit ist der Fahrer immer unter Beobachtung. Dies kann eine erhöhte psychische Belastung, aber auch eine zusätzliche Motivation darstellen. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Umgebungsbedingungen die Bewegung begünstigen.

Regelbedingungen und Vorschriften: Der Eisschnelllauf wird durch das Regelwerk der International Skating Union bzw. der Deutschen Eisschnelllauf Gemeinschaft bestimmt. Vorgeschrieben werden die Länge der Schiene, das Alter und das

¹ De Koning et al. (1992, S. 566) geben hierfür einen Reibungskoeffizienten von 0,0046 an (Mittelwert auf der Geraden). Dieser ist jedoch abhängig von der Temperatur und Kristallstruktur des Eises (ebd., S. 569; Takai, 1999, S. 22), da die Kufe auf einem Wasserfilm gleitet, der durch den Druck und die Bewegung entsteht (ebd., S. 565). Der Anteil der Bodenreibung am Gesamt-Energieverlust liegt nach de Boer et al. (1987, S. 567) bei 18% .

² Nach van Ingen Schenau, de Groot und de Boer (1987, S. 422) ist eine horizontale Oberkörperhaltung optimal.

³ Da der Windwiderstand mit der Fahrtgeschwindigkeit exponentiell zunimmt, können dies nur exemplarische Angaben für eine skatetypische Geschwindigkeit (ca. 10m/s) sein.

Geschlecht der Athleten sowie ihr Verhalten beim Bahnwechsel und untereinander. Die Regeln dienen der Vergleichbarkeit der Leistung und der Sicherheit der Sportler. Es gibt auf der Bahn nur einen Gegner, der jedoch wegen der Unterschiede zwischen der Innen- und der Außenbahn einen anderen Kurs fährt. Es gibt daher kaum Zwischensprints, die man parieren muss, sondern meist nur langsame Tempowechsel. Das Tempo ist fast gleichbleibend hoch.

1.3.1.2 Festlegung der Funktionsphasen und Bewegungsoperationen

Die folgende Abbildung 1 gibt einen schematischen Überblick über die Bewegungen bei der klassischen Schnelllauftechnik. Bei der anschließenden Darstellung der einzelnen Phasen werden noch einmal vergrößerte Ausschnitte der Abbildung gezeigt.

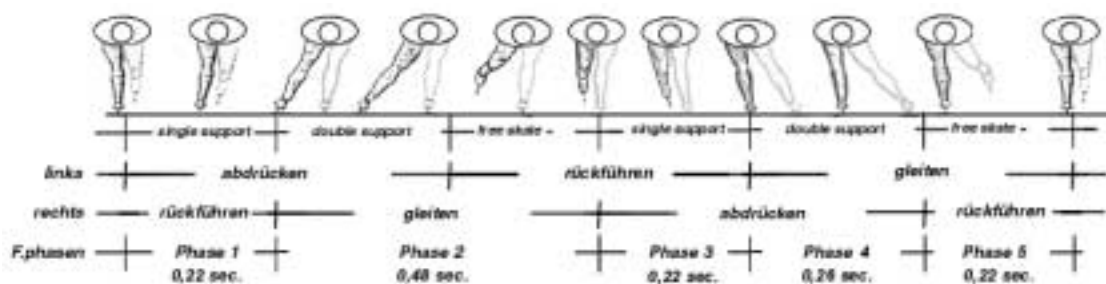


Abbildung 1: Funktionsphasen der klassischen Technik

Phase 1: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

Der Körperschwerpunkt (KSP) fällt⁴ passiv (vgl. van Ingen Schenau, de Groot & de Boer, 1985, S. 92) vom Stütz über dem linken Bein nach rechts. Durch die gleichzeitige Beinstreckung wird er jedoch frontal nicht sichtbar abgesenkt⁵. Er entfernt sich von der Stützfläche. Durch diesen Fall wird der Skate auf die Innenkante der Kufe gekippt und somit ein Abdruck ermöglicht. Außerdem wird durch diese Bewegung Energie gewonnen.

⁴ Vgl. hier auch "the fall" bei Holum (1984, S. 37) und Publow (1999, S. 52).

⁵ De Boer und Nilsen (1989, S. 132) zeigen mit Hochgeschwindigkeitsfilmen, dass der KSP auf einer Höhe bleibt.

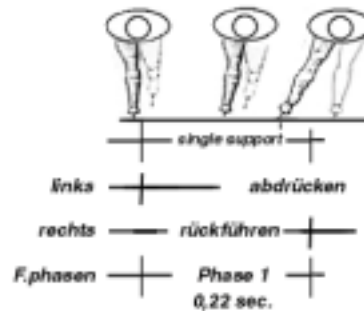


Abbildung 2: Phase 1 beim Eisschnelllauf

Der Unterschenkel des rechten Beins steht am Anfang senkrecht zum Boden. Der Skate schwebt dicht über dem Eis. Nun beginnt eine Flexion des Hüftgelenkes, die den Oberschenkel so weit nach vorne anhebt, dass die Knie nebeneinander sind. Der Zwischenraum zwischen den Knien ist so klein wie möglich. Der Unterschenkel folgt der Bewegung des Oberschenkels nach vorne. Das Kniegelenk streckt sich dabei leicht. Der rechte Skate wird frontal so dicht wie möglich beim linken Fuß auf der Außenkante (vgl. Holum, 1984, S. 40 und Publow, 1999, S. 52) und möglichst in Fahrtrichtung (vgl. Holum, 1984, S. 42) aufgesetzt. Sagittal setzt er eine 3/4 Skatelänge vor dem linken Fuß auf (ebd.). Der Bodenkontakt erfolgt dadurch auf der hinteren Hälfte der Kufe (vgl. Publow, 1999, S. 51). Der sagittale Abstand ist ein Raumgewinn nach vorne und bringt den Skate richtig unter den KSP, damit die Kufe beim anschließenden Gleiten wieder optimal belastet wird. Wird die Kufe nicht in Fahrtrichtung aufgesetzt, würde sich die „Realdistanz“ (Ladig & Rüger 1999, S. 17) unnötig vergrößern. Der Skater würde also stark zur Seite gleiten, statt in Fahrtrichtung. Das Aufsetzen des Skates verhindert den Fall des Skaters, der sonst durch die KSP-Verlagerung unweigerlich eintreten würde. Der geringe frontale Abstand der Skates beim Aufsetzen verstärkt den nachfolgenden Abdruck (vgl. Holum, 1984, S. 41).

Phase 2: Hauptfunktionsphase 1

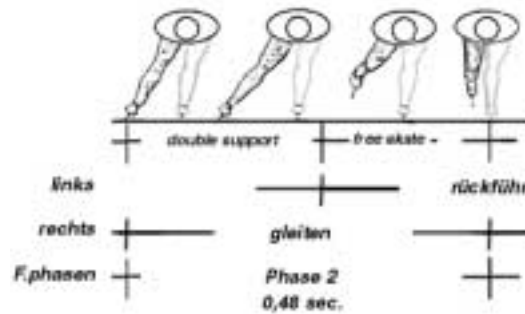


Abbildung 3: Phase 2 beim Eisschnelllauf

Während dieser ersten Hauptfunktionsphase gleitet der Skater auf einem Bein, während das andere Bein abdrückt und dann wieder zurückgeführt wird. Der KSP wandert hierbei weiter nach rechts und entfernt sich bis zu 16 cm von der Stützfläche des rechten Beines⁶. Sagittal liegt er während des Abdrucks bis zu 25 cm vor dem Sprunggelenk (vgl. de Boer & Nilsen, 1989, S. 132). Diese Verlagerung des KSP verhindert eine schnellere Beschleunigung des abdrückenden Skates, die zum Sturz führen würde (vgl. de Boer & Nilsen 1989, S. 132). Mit dem Rückführen des linken Beines (vgl. Phase 5) wandert der KSP wieder zurück über die Stützfläche des rechten Beines als Ausgangsposition für den nächsten Abdruck. Dies ermöglicht einen langen, gleitenden Raumgewinn und den Erhalt des Bewegungsimpulses.

Der Gleitskate des rechten Beines befindet sich etwas innerhalb vom KSP. Er gleitet auf der Außenkante (vgl. Holum, 1984, S. 40) und wird mit zunehmendem Abdruck des linken Beines immer mehr zum Standbein. Dies sichert das Gleichgewicht des Skaters und die Führung der Kufe. Das Kniegelenk des linken Beines (z.Z. Gleitbein) ist 90° – 116° gebeugt (vgl. Holum, 1984, S.33)⁷, so dass die Oberschenkel fast parallel zum Boden (vgl. Publow, 1999, S. 42) sind. Hüftgelenk und Sprunggelenk sind (abhängig von der individuellen Anatomie) so weit gebeugt (Hüfte 45 – 80° (Holum,

⁶ De Boer und Nilsen (1989, S. 119ff) messen den KSP in der Gleitphase bis zu 16 cm auf der Außenseite der Kufe und 8 cm hinter dem Sprunggelenk.

⁷ Die Beugung ist abhängig von der Distanz: Van Ingen Schenau, de Groot und Hollander (1983a, S. 350) fanden bei Elite-Eisskatern einen Kniewinkel von 100° bei 500 m-Sprintrennen und von 116° bei 10 km-Rennen. Für den Laien sind jedoch meist die kleineren Kniewinkel zu sehen, da im Fernsehen häufiger die Sprintdistanzen gezeigt werden. Sie können daher als *typisch* angesehen werden.

1984, S. 35), Fuß $64,1^\circ$ ⁸), dass sich der KSP in der Sagittalebene über dem hinteren Drittel der Fußsohle (vgl. Publow, 1999, S. 42) befindet.

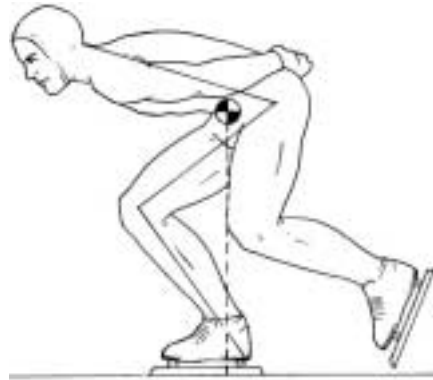


Abbildung 4: Sagittale Körperansicht beim Eisschnelllauf (vgl. Publow, 1999, S.45)

Diese Körperposition sichert eine aerodynamische Haltung und eine große Reichweite des Abdruckbeins nach außen. Weiterhin hat die Kufe in dieser Position die optimalen Gleiteigenschaften auf dem Eis (vgl. Holum, 1984, S. 34). In gleichem Maße, wie das linke Bein zurückgeführt wird und sich der KSP wieder nach links bewegt, kippt der Skate des rechten Beines von der Außenkante wieder auf die plane Lauffläche. Das Bein streckt sich ein wenig, um den KSP wieder zum nächsten Fall anzuheben⁹.

Phase 3: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

Diese Phase und somit die Bewegung des KSP ist seitenverkehrt mit der Phase 1 identisch. Das linke Bein wird also auf dem Eis aufgesetzt.

Der Skate des rechten Beines steht am Anfang dieser Phase plan auf dem Eis. Beim Fall des KSP nach rechts hat nur der rechte Fuß Bodenkontakt. Mit dem Fortschreiten des Falls erhöht sich der Abdruck auf diesem (rechten) Fuß, und die Kufe kippt auf die Innenkante.

⁸ Bei einer Distanz von 3000 m fanden van Ingen Schenau et al. (1983a, S. 343ff) die folgenden Mittelwerte heraus: Oberkörper: $16,9^\circ$, Hüfte: $48,7^\circ$, Knie: $112,8^\circ$, Fuß: $64,1^\circ$ über der Horizontalen.

⁹ Hier wird die Energie *gespeichert*, die in Phase 1 freigesetzt wird.

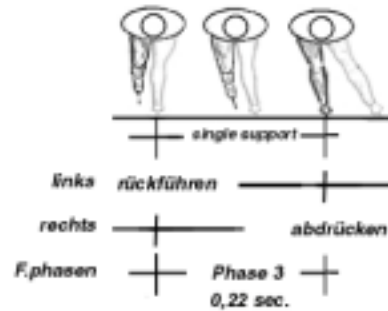


Abbildung 5: Phase 3 beim Eisschnelllauf

Auch diese Phase leistet durch das Fallen des KSP Vortriebsarbeit. Der KSP wird damit ohne aktiven Muskeleinsatz in eine Anfangsbewegung gebracht, die in der folgenden Phase aktiv und muskulär verstärkt wird.

Phase 4: Hauptfunktionsphase 2

Der KSP und das linke Bein verhalten sich in dieser zweiten Hauptfunktionsphase seitenverkehrt wie in Phase 2. Das rechte Bein streckt sich nach der Druckaufnahme in Phase 1 nun kraftvoll und schnell und so lang wie möglich im rechten Winkel zur Seite (vgl. Holum, 1984, S. 38 und Publow, 1999, S. 46).



Abbildung 6: Abdruckrichtung bei erhöhter Geschwindigkeit (vgl. Holum, 1984, S. 38)

Diese Abdruckrichtung zur Seite bringt bei erhöhter Geschwindigkeit den meisten Vorschub (vgl. Voronov et al., 1995, S. 154). Die Kufe wird hierbei mittig belastet. Es erfolgt keine plantare Extension¹⁰ des Sprunggelenks; der Abdruck erfolgt bis zum

¹⁰ De Koning, de Groot und van Ingen Schenau (1991) stellten eine offensichtlich unvermeidbare plantare Flexion von 20 ms Dauer am Ende der Streckung fest.

Ende über die ganze Fußsohle (vgl. Publow, 1999, S. 48). Der Abdruck wird zum Ende hin immer stärker und endet so in einem „power push“ (Holum, 1984, S. 39. und Publow, 1999, S. 44.).

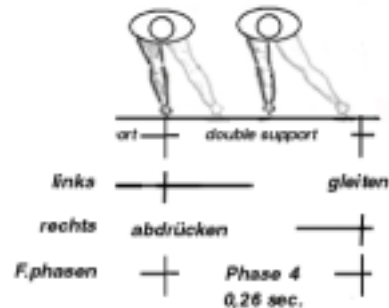


Abbildung 7: Phase 4 beim Eisschnelllauf

Der Skate verlässt bei einer Beinstreckung von 170° das Eis (vgl. de Boer et al., 1986, S. 185). Die mittige Belastung sichert dabei einerseits eine gute Kraftverteilung über die gesamte Länge der Kufe, andererseits verhindert sie einen „Spitzenabstoß“ (Berliner Eislauf-Verein 1886, 1925, S. 197), bei dem die Kufe im Eis hängen bleiben würde. Außerdem würde ein Abdruck über die Spitze den KSP zu weit nach vorne über das Gleitbein bringen und somit die Kufe nicht optimal belasten. Aus demselben Grund wird der Skate auch schon bei einer Beinstreckung von 170° vom Eis gehoben¹¹.

Phase 5: Überleitende Hilfsfunktionsphase

Diese Phase dient der Einnahme einer neuen Ausgangsposition. Der KSP und das linke Bein bewegen sich wie in Phase 2 wieder übereinander. Das rechte Bein wird in die Ausgangsposition zurückgeführt.

¹¹ Da der Zwillingswadenmuskel über zwei Gelenke verläuft, kommt es bei jeder Streckung des Kniegelenks zu einer Dehnung des Muskels mit anschließender schnellkräftiger Plantarflexion im Sprunggelenk. Dieses Phänomen haben Gregoire, Veeger, Huijing und van Ingen Schenau (1984, S. 301ff) anhand von Vertikalsprüngen analysiert. Diese Flexion bewirkt eine stark erhöhte Reibung am Ende des Abdrucks (vgl. de Koning et al., 1992, S. 568). Das Bein wird also vor der vollen Streckung und mit Schwung vom Boden genommen, da der Reflex mit der höchsten Extensionsgeschwindigkeit einsetzt. Diese ist zum Ende des Abdrucks am größten (vgl. de Boer, Schwermerhorn, Gademan, de Groot und van Ingen Schenau, 1986, S. 181).

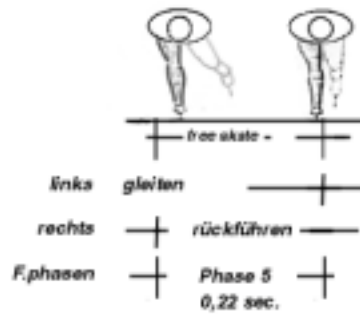


Abbildung 8: Phase 5 beim Eisschnelllauf

Das ausgestellte Abdruckbein bildet dabei anfangs ein Gegengewicht zum verlagerten KSP. Aus der kompletten Streckung und Abduktion wird das Bein nun durch eine passive Adduktion des Oberschenkels zurückgeführt. Dabei wird der Skate knapp über dem Boden zurückgeführt (vgl. Holum, 1984, S. 41), um ein Absenken des Oberkörpers nach vorne als Ausgleichsbewegung zu verhindern, da dies den Gleitskate zu weit vorne belastet würde. Das Knie wird dabei leicht gebeugt, um Bodenkontakt zu vermeiden. Der Oberschenkel wird gerade zurückgeführt, so dass am Ende der Adduktion das Knie zum Boden zeigt und der Oberschenkel senkrecht ist. Während dieser Adduktion hat das Bein Gelegenheit sich zu regenerieren.

1.3.2 Die klassische Rollschnelllauftechnik

Die wenigen Publikationen über Techniken beim Rollschnelllauf auf Inline-Skates zeichnen ein Bild, das dem des Eisschnelllaufens sehr ähnlich ist. Die meisten Autoren, wie z.B. J. Rappelfeld (1994) in seinem Buch *In-Line-Skating – Rollerblading*, beschreiben die Bewegungen wie beim Eisschnelllauf. Das Buch *Speed on Skates* von dem kanadischen Eis- und Rollschnellläufer Barry Publow (1999) liefert als einziges eine brauchbare Beschreibung einer modifizierten Technik, wie sie heute bei Inline-Skate-Rennen gefahren wird. Er schreibt jedoch aus der Praxis heraus und nur zum Teil aus wissenschaftlicher Erkenntnis. Natürlich sind auch bei ihm viele Parallelen zum Eisschnelllauf zu entdecken. Es gibt dennoch signifikante funktionale Unterschiede.

Um Wiederholungen zu vermeiden, werden in der folgenden Analyse nur diese Unterschiede zur eben beschriebenen Eisschnelllauftechnik genannt. Aus Platzgründen soll hier auf die bildliche Darstellung der Phasen verzichtet werden. Sie sind identisch mit den Bildern in Kapitel 1.3.1.2.

1.3.2.1 Typisierung der Bewegungsaufgabe

Bewegungsziele: Inline-Speedskaten hat das gleiche Ziel wie das Eisschnelllaufen.

Movendum- und Bewegerattribute: Auch der Inline-Speedskater ist ein aktives, sich selbst bewegendes Movendum und ist also Movendum und Beweger zugleich. Er hat zur instrumentellen, lokomotorischen Unterstützung (vgl. ebd., S. 55) Inline-Skates, die zu den aktiv-reaktiven Objekten gezählt werden können, da sie sich bei einem leichten Gefälle auch ohne direkte Manipulation in Bewegung setzen können. Das allgemeine und das aktuelle Bewegungsverhalten des Gerätes müssen daher intensiv erlernt werden. Ein kompletter Speedskate wiegt zwischen 1,2 kg und 1,5 kg, mit Klappmechanismus sogar bis 1,7 kg. Dabei berühren fünf Polyurethanrollen den Boden. Die Rollen haben meist einen Durchmesser von 80 mm und sind je nach Hersteller im Auflagepunkt unterschiedlich breit (ca. 5 mm). Alle Rollen haben die gleiche Höhe. Sie werden von einer Aluminium-Schiene gehalten. Je nach Rollenhärte und Fahrgewicht gibt die Rolle nach und ist die Auflage der einzelnen Rollen unterschiedlich. Es besteht theoretisch pro Rolle nur eine strichförmige Auflage in 5 mm Breite. Faktisch ist die Auflagefläche durch die relativ große Elastizität der Rollen jedoch größer. Es entsteht dabei an drei Stellen Reibung: in den Lagern, zwischen Rolle und Straße und in der Rolle selber. Hier entstehen Walkwiderstand, Schlupf und Abrollwiderstand¹².

¹² Ladig und Rüger (1999, S. 27) geben an, dass 50% aller Widerstände beim Inline-Skaten hier auftreten. Die Autoren geben keine weiteren Quellen für ihre Angaben an. Daher sind die konkreten Zahlen zu hinterfragen. Ähnliche Angaben finden sich aber auch bei Matzger (1998a, ¶ 7) oder Publow (1999, S. 112). Alleine 30% fallen dabei auf den Walkwiderstand, der durch die Deformation und die damit verbundene Erwärmung der Rolle verursacht wird. Als Schlupf bezeichnet man den Mangel an Bodenhaftung, der Energie schluckt. Er wird von Ladig und Rüger mit 2% angegeben. Hierbei wird jedoch vernachlässigt, dass der Schlupf größer wird, wenn sich der Skate weiter vom Körperschwerpunkt entfernt. Rund 16% des Gesamtwiderstandes fallen bei Ladig und Rüger auf den Abrollwiderstand; das ist ein Widerstand, der durch die Deformation und damit verbundenen unterschiedlichen Druckverhältnisse in der Rolle auftritt (Ladig & Rüger, 1999, S. 29). Die Lagerreibung wird hier mit 2% angegeben. Die Angaben von Ladig und Rüger beziehen sich auf eine Geschwindigkeit von 20 km/h. Wird die Geschwindigkeit erhöht, so wird der Anteil dieser Reibung zugunsten des Luftwiderstandes kleiner (ebd.). Dies wird von de Boer et al. (1987) bestätigt. Bei ihm liegt der Anteil der Bodenreibung am Gesamt-Energieverlust bei 45% (de Boer et al. 1987, S. 567), wobei Messungen bei einer Geschwindigkeit von 28,9 km/h zugrunde gelegt wurden. Sein errechneter Reibungskoeffizient liegt bei 0,019. Die Untersuchung von de Boer et al. ist allerdings schon 14 Jahre alt. Sie enthält keine genaueren Angaben zu dem bei Tests verwendeten Material. In den letzten Jahren sind sowohl die Rollen größer als auch die Lager und Kunststoffe besser geworden. Die vorher genannten Ergebnisse können daher nur als Anhaltspunkte für genauere Studien betrachtet werden. Ein relevanter Reibungsverlust entsteht noch durch die Form der Rollen und deren Bewegung auf der Innenkante beim Abdruck. Baum (2000c, ¶ 4) beschreibt den Auflagepunkt als konisch, der naturgemäß kreisförmig nach innen laufen würde. Die Fahrtrichtung ist jedoch annähernd linear, so dass an den Innenseiten hohe Reibung entsteht. Dieser Aspekt ist bei den meisten

Umgebungsbedingungen: Die künstliche, ständig wechselnde Umgebung der Straße, aber auch die natürliche Umgebung der Strecke, beinhaltet sowohl unterstützende als auch hindernde Bedingungen. Der Straßenbelag weist meist eine ständig wechselnde Oberfläche auf (vom glatten Asphalt bis Kopfsteinpflaster), wobei der Untergrund der Rolle nicht nachgibt. Dabei sind Steigungen und Abfahrten bis zu 7% zulässig (vgl. Deutscher Inline Verband, 2001a, S. 7). Der wechselnde Straßenbelag fordert viel Aufmerksamkeit. Hindernisse wie Gullydeckel oder Bordsteine müssen beim Skaten beachtet werden. Die Skater sind den natürlichen Wetterbedingungen schutzlos ausgesetzt. Gegen- und Rückenwind beeinflussen den Windwiderstand deutlich¹³. Der Windwiderstand ist also abhängig von Windstärke, Windrichtung und Kursverlauf. Außer bei den ganz großen Stadtmarathons, wie z.B. in Berlin, gibt es bei den meisten Rennen bislang nur sehr wenig Zuschauer, so dass diese Motivationsquelle zu vernachlässigen ist. Eine Motivation von außen erfolgt während des Rennens höchstens durch die anderen Skater (Teamfahrer) innerhalb einer Windschattengruppe, die oft aus zehn bis zwanzig gleich starken Skatern besteht¹⁴. Die dadurch entstehende physische Enge behindert die Bewegung des Skaters und erhöht die Sturzgefahr. Die Positionen in der Gruppe werden ständig gewechselt, und einzelne Skater unternehmen ständig Ausreißversuche. Die Fahrer müssen dementsprechend ständig das Tempo variieren. Insgesamt muss man also sagen, dass die Umgebungsbedingungen die Bewegungen negativ beeinträchtigen.

Regelbedingungen und Vorschriften: Das Speedskaten wird durch das Regelwerk der International Inline Skating Association bzw. des DRIVe bestimmt. Vorgeschrieben werden die Bauart der Rollschuhe (auch konventionelle Rollschuhe sind noch erlaubt), das Alter und das Geschlecht der Athleten sowie ihr Verhalten untereinander. Die Regeln dienen der Vergleichbarkeit der Leistung und der Sicherheit der Sportler. Bei Straßenrennen darf wie bei Radrennen, wo immer möglich, in Windschattengruppen von beliebig vielen Personen gefahren werden.

Untersuchungen zum Rollwiderstand vernachlässigt worden. Das seitliche Wegrutschen der Rolle durch die Elastizität des Kunststoffes stellt nach Ladig und Rüger (1999, S. 27) 2% des gesamten Energieverlustes dar.

¹³ Der Anteil der Luftreibung am Gesamt-Energieverlust liegt nach de Boer et al. (1987, S. 567) bei 55%. Dieser Wert wurde jedoch in der Halle ermittelt und steigt mit zunehmendem Gegenwind drastisch.

¹⁴ Am 10. September 2000 gingen in Berlin bei dem größten Inline-Rennen der Welt über 6.500 Teilnehmer an den Start. Die Windschattengruppen hatten daher z.T. über 100 Mitglieder.

Somit ist nur der erste Fahrer dem Windwiderstand vollständig ausgesetzt, und die hinteren Fahrer sparen Energie¹⁵.

1.3.2.2 Festlegung der Funktionsphasen und Bewegungsoperationen

Phase 1: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

Der KSP verhält sich genau wie beim Eisschnelllauf. Er wandert also nach rechts, während das linke Bein auf die Innenkante kippt und den Abdruck vorbereitet. Das rechte Bein setzt zur gleichen Zeit wie beim Eisschnelllaufen auf dem Boden auf¹⁶.

Phase 2: Hauptfunktionsphase 1

Diese Gleitphase ist mit der Gleitphase des Eisschnelllaufens vergleichbar. Das Kniegelenk des rechten Beines (jetzt Gleitbein) ist jedoch nur 110° – 120° gebeugt (vgl. Publow, 1999, S. 7). Durch den größeren Kniewinkel als beim Eislaufen wird die Bewegungsamplitude verringert, die Schrittfrequenz kann jedoch erhöht werden. Der Skater kann somit besser auf äußere Faktoren wie Gegner (vgl. Publow, 1999, S. 22) und Untergrund reagieren. Eine so große Amplitude wie beim Eisschnelllauf würde außerdem zu Kollisionen mit den Gegnern führen. Weiterhin nimmt die Traktion der Rollen desto drastischer ab, je weiter sich der Skate vom KSP entfernt. Eine größere laterale Bewegungsamplitude würde daher einen unnötigen Energieverlust bedeuten. Der größere Kniewinkel gewährleistet außerdem eine bessere Durchblutung der Oberschenkel. Hüftgelenk und Sprunggelenk sind (abhängig von der individuellen Anatomie) so weit gebeugt, dass sich der KSP in der Sagittalebene zwischen der Mitte und dem hinteren Drittel der Fußsohle (ebd., S.8) befindet. Somit sind alle Rollen des Skates fast gleichmäßig belastet, und der Walkwiderstand wird minimiert.

¹⁵ Hinter jedem Fahrer entsteht ein Tiefdruckgebiet, in dem sich jeweils der nächste Fahrer möglichst nahe am Vordermann aufhält. Auf diese Weise brauchen nach Ladig und Rüger (1999, S. 34) die Personen im Windschatten bei 20 cm Abstand 44% weniger Energie. Doch sogar der Vordermann spart noch bis zu 2% Energie durch den besseren Strömungsverlauf.

¹⁶ Nur bei de Boer et al. (1987, S. 566) liegt dieser Moment etwas später.



Abbildung 9: Sagittale Körperansicht beim Rollschnelllauf (vgl. Publow, 1999, S. 45)

Phase 3: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

Diese Phase ist mit der Phase 3 der klassischen Eisschnelllauf-Technik identisch.

Phase 4: Hauptfunktionsphase 2

Auch in dieser Phase bewegt sich der KSP wie beim Eisschnelllauf. Das linke Bein gleitet auf der Außenseite der Rollen.

Der Abdruck des Skates des rechten Beines geht über alle Rollen direkt zur Seite (vgl. Matzger, 1995, ¶9). Der Hauptanteil der Kraftentwicklung liegt dabei im ersten Drittel der gesamten Seitwärtsbewegung (vgl. Publow, 1999, S. 11), da die Traktion der Rollen desto weiter abnimmt, je weiter sich der Skate vom KSP entfernt. Der seitliche und frühe Abdruck über alle Rollen sichert daher eine optimale Kraftübertragung. Der Winkel zur mittleren Fahrtrichtung des Skates sollte unter 45° liegen, da dies die seitlichen Energieverluste minimiert (vgl. Baum, 1999c, ¶1–10). Zum Ende des Abdrucks wird der Skate durch eine leichte Flexion des Sprunggelenks und durch Druck auf die Ferse nach innen gedreht. Matzger spricht hier vom „carven“ (Matzger, 1998b, ¶1). Der Winkel zur mittleren Fahrtrichtung geht dabei gegen 0°¹⁷. Diese *carvende* Bewegung verlängert den Abdruckweg (vgl. Matzger, 1998b, ¶1) und führt zu einer besseren Energieumsetzung, da die seitwärts gerichtete Energie gegen Null geht (vgl. Baum, 1999a, ¶14 und 1999e, ¶1–11).

¹⁷ Baum (1999f, ¶10) gibt sogar einen Winkel von -8° zur mittleren Fahrtrichtung als optimal an, um die Seitwärtsenergie zu nutzen. Ob dies in der Praxis umsetzbar ist und sich bewährt, muss allerdings noch offen bleiben, da es noch nicht weiter erforscht worden ist.

Phase 5: Überleitende Hilfsfunktionsphase

Diese Phase entspricht ganz der Phase 5 des Eisschnelllaufs.

1.3.2.3 Einordnung der klassischen Rollschnelllauftechnik

Wieviel der aufgebrauchten Energie der Skater wirklich in Geschwindigkeit umsetzen kann, hängt nicht nur von seiner Technik und seinem Material ab, sondern insbesondere von den äußeren Einflüssen, die dem Sportler in den spezifischen Wettkampfsituationen begegnen. Diese sind beim Eisschnelllauf auf der Rundbahn entschieden andere als bei einem Inline-Straßenrennen mit vielen hundert Teilnehmern (vgl. Hottenrott, 1999). Viele Autoren¹⁸ ziehen dennoch aus der oben beschriebenen Ähnlichkeit der beiden Sportarten den Schluss, dass man die Eisschnelllauftechnik direkt auf die Straße übertragen kann. Nur die oben analysierte Technik von Publow zeigt deutliche Unterschiede, deren Funktionen im Folgenden noch einmal zusammenfassend mit den Funktionen der Eisschnelllauftechnik verglichen werden sollen, um vor dem Hintergrund einer Einordnung in Göhners taxonomisches System die Tauglichkeit für das Speedskaten auf der Straße bewerten zu können.

Schon 1987 zeigten de Boer et al., dass ein einzelner Inline-Skater bei gleicher Technik und gleicher physiologischer Belastung langsamer als ein Eisschnellläufer ist. Sie wiesen nach, dass der Energieverlust beim Inline-Skating durch die Bodenreibung 2,6 mal so hoch ist wie beim Eisschnelllauf (vgl. ebd., S. 565). Der Anteil des Windwiderstandes am Gesamtenergieverlust beträgt in der Studie von de Boer et al. nur 55%. Wenn man den Windwiderstand durch Windschattenfahren nach Ladig und Rüger (1999, S. 34) bis auf 44% reduzieren kann, macht er nur noch 40,6% des Gesamtenergieverlustes aus. Daraus folgt, dass beim optimalen Windschattenfahren auf Inline-Skates bis zu 59,6% des gesamten Energieverlustes durch das Fahrwerk entstehen¹⁹. Demgegenüber stehen 18% beim klassischen

¹⁸ So auch Rappelfeld (1994), der einen Kniewinkel von 95°-105° (S. 69), eine "maximale Schrittlänge" (S. 72) und einen "Power Push" (S. 74) in den letzten 20 bis 30 cm der Beinstreckung proklamiert.

¹⁹ Seit 1987 haben sich die Fahrwerke deutlich verbessert. Man kann also davon ausgehen, dass momentan der Reibungsanteil durch die Rollen etwas niedriger ist. Es gibt bis heute keine neueren Untersuchungen.

Eisschnelllaufen auf der Bahn. Es muss also das Ziel einer spezifischen Inline-Skate-Technik sein, diesem hohen Verlust einen möglichst hohen und ökonomischen Energiegewinn gegenüberzustellen. Die Gleitphasen sind so kurz wie möglich zu gestalten, d.h., die passiven Momente, in denen kein Vortrieb aktiv erzeugt wird, sind zu reduzieren.

Der wesentliche Unterschied zur Eisschnelllauftechnik liegt in dem vergrößerten Kniewinkel, den auch de Boer et al. (1987) in ihrer Untersuchung feststellen. Sie geben eine Differenz von $5,7^\circ$ an (S. 566). Die Folgen dieses größeren Winkels sind eine geringere Bewegungsamplitude mit einer geringeren Leistung pro Abdruck, aber eine verbesserte Durchblutung der Muskulatur²⁰ und ein größerer Hüftwinkel²¹. Vor dem Hintergrund, dass die Haftung der Rollen auf Asphalt im Vergleich zur Kufe auf dem Eis bei einer großen Auslenkung unter dem KSP schlechter und am Ende kaum noch effektiv ist, ist es sinnvoll, die Amplitude zu verringern und den Krafteinsatz auf die Anfangsphase des Abdruckes zu konzentrieren, in der sich der Skate noch weiter unterhalb des KSP befindet. Außerdem lässt gegen Ende des Abdrucks die Wirksamkeit nach, da das Körpergewicht auf das Gleitbein verlagert wird und nicht mehr als Widerlager für den Abdruck zur Verfügung steht. Da die kleinere Amplitude bei gleicher Kraft weniger Vortrieb erzeugt²², muss für eine vergleichbare Geschwindigkeit die Frequenz erhöht werden. Dies erfüllt die oben beschriebene Notwendigkeit einer kurzen Gleitphase. Weiterhin verbessert die kurze Frequenz die Möglichkeiten, auf die äußeren Faktoren wie die Straße und die Gegner zu reagieren. Berücksichtigt man die äußeren Faktoren, wie Gegneranzahl, Untergrund, Traktion der Rollen und Rollwiderstand, so erscheint eine Modifikation nach der Methode von Publow als ökonomischer. Der Nachteil dieser Technik ist allerdings, dass durch die ohnehin erhöhte Frequenz eine weitere Leistungssteigerung kaum noch möglich zu sein scheint.

²⁰ Die Konsequenzen der besseren Durchblutung bei größerem Knie- und Hüftwinkel gibt K. Rundell (1996, S. 122) mit einer um 8% größeren VO_2 -Aufnahme und einem signifikant niedrigeren Laktat Spiegel bei einem Kniewinkel von 119° zu 107° und einem Hüftwinkel von 97° zu 56° an (vgl. auch van Ingen Schenau, & Hollander, 1983a, S. 350ff).

²¹ Ohne eine gleichzeitige Hüftstreckung schöbe sich der KSP zu weit nach vorne, was die Rollen ungleichmäßig belasten und die Reibung erhöhen würde. Im Extremfall würde es sogar zu einem Sturz nach vorne führen. Diese Position ist einer der häufigsten Anfänger-Fehler, da ein kleiner Kniewinkel ermüdend ist, aber trotzdem eine aerodynamische Position gesucht wird. Schon eine geringe Unebenheit lässt in diesem Zustand den erschöpften Skater nach vorne stürzen.

²² Vgl. Matzger (1999b, ¶2): "The lower you go, the longer and more powerful your stroke." (Je tiefer man sich beugt, desto länger und kraftvoller wird der Abdruck. Übersetzung des Autors)

1.3.3 Die Double Push Technik

Der Begriff *Double Push* hat sich in den letzten Jahren für eine Technik durchgesetzt, mit der der Amerikaner Chad Hedrick erstmals 1993 bei den Nordamerikanischen Juniorenmeisterschaften dominierte. Ob er diese Technik in der elterlichen Rollschuhhalle selbst erfunden hat, oder ob sie schon länger, z.B. von Holländern im Regen (vgl. Matzger, 1999c, ¶1), gefahren wurde, soll offen bleiben. Doch erst seine Erfolge machten die Technik populär. Bei den Weltmeisterschaften 1994 in Frankreich deklassierte Hedrick die anderen Athleten derartig, dass viele Trainer und Fahrer ihre Technik umstellten. Schon 1995 bei den Pan American Games in Argentinien hatten viele Skater die Technik adaptiert (vgl. Publow, 1999, S. 24f.). Heute haben fast alle Weltklasse-Skater ihre Technik auf den Double Push umgestellt, dennoch ist Hedrick immer noch der dominierende Fahrer

Der kanadische Trainer und Skater Barry Publow widmete sich schon sehr früh der neuen Technik und entwickelte neben einer Bewegungsbeschreibung auch eine methodische Reihe zum Erlernen des Double Push. Als Grundlage der folgenden Analyse dient daher sein Buch *Speed on Skates* (1999), aber auch *Richtig Fitness-Skating* von Hoos und Baumgartner (2000). Darüber hinaus wurden fünf digitale Videosequenzen mit dem Programm *VirtualDub 1.4* auf ihren zeitlichen Verlauf hin analysiert (vgl. Anhang - 21). Die erste Videosequenz zeigt Barry Publow und ist ein Ausschnitt aus seinem eigenen Lehrvideo, die Sequenzen zwei bis vier (Hendrikse, 2000a+ 2000b) zeigen Chad Hedrick in verschiedenen Situationen und die fünfte (ebd., 2000c) zeigt Harry Vogel. Dabei zeigen alle Videos bis auf das von Barry Publow die gleichen prozentualen Anteile an Bewegungsphasen. Als typische Bewegung wird daher die Version von Chad Hedrick beschrieben.

Die Zeichnungen der Funktionsphasen entsprechen im Maßstab dem zeitlichen Verlauf der Bewegung Chad Hedricks, wie er aus der oben genannten Videoanalyse gewonnen wurde (siehe Anhang). Die systematischen Figuren sind T. Allinger & A.J. van den Bogert (1997, S. 280) entnommen und erweitert worden. Zusätzliche Illustrationen der Bewegung finden sich als Abbildung im Anhang (mit dem Programm *VirtualDub 1.4* aus dem Video von K. Hendrikse (2000a) kopiert) oder als Video auf der beiliegenden CD-ROM. Um Wiederholungen zu vermeiden, werden in der folgenden Analyse nur die Unterschiede zur oben beschriebenen Eisschnelllauf- und Rollschnelllauftechnik genannt.

1.3.3.1 Typisierung der Bewegungsaufgabe

Die Bewegungsaufgabe ist dieselbe wie bei der klassischen Technik, die in Kapitel 1.3.2.1 beschrieben wurde.

1.3.3.2 Festlegung der Funktionsphasen und Bewegungsoperationen

Da zwischen der klassischen Technik und der Double Push Technik Gemeinsamkeiten bestehen, soll im Folgenden versucht werden, ohne Wiederholungen auszukommen. Die klassische Technik ist ausführlich in Kapitel 1.3.2 beschrieben.

Wurde bei der klassischen Technik zur Einteilung der Phasen das linke Bein als Referenz genommen, so wird im folgenden das rechte Bein benutzt. Die folgende Abbildung 10 gibt einen schematischen Überblick über die Bewegungen bei der klassischen Schnelllauftechnik. Bei der anschließenden Darstellung der einzelnen Phasen werden noch einmal vergrößerte Ausschnitte der Abbildung gezeigt.

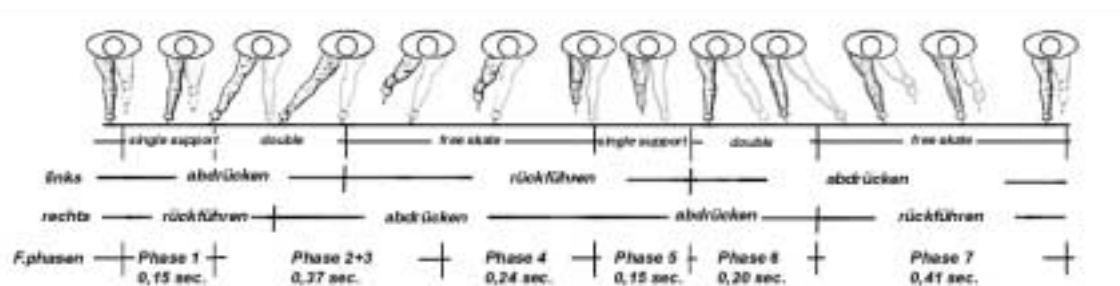


Abbildung 10: Funktionsphasen beim Double Push

Phase 1: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

In dieser Phase *fällt* der KSP wie in der klassischen Technik vom Stütz über dem linken Bein entgegen dem Abdruck nach rechts. Er entfernt sich von der linken Stützfläche über die neu entstehende rechte Stützfläche. Das linke Bein verhält sich dabei wie bei der klassischen Technik²³. Der Unterschenkel des rechten Beines ist senkrecht zum Boden.

²³ Publow macht keine expliziten Angaben über die Winkel beim Double Push. Er kommt lediglich zu dem Schluss, dass die Beugung nicht so stark wie in der klassischen Technik sein muss (1999, S. 36), um dieselbe Geschwindigkeit zu erreichen. Bei gleichem Winkel ist anzunehmen, dass der Double Push schneller ist.

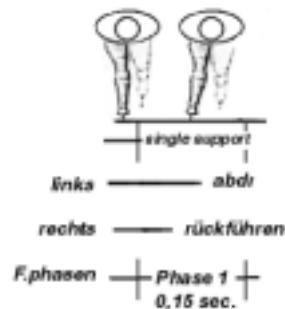


Abbildung 11: Phase 1 beim Double Push

Der Skate schwebt dicht über der Fahrbahn. Durch eine Abduktion des Hüftgelenks während des *Falls* bleibt der Skate unter der rechten Schulter. Der Skate wird unter dieser Schulter auf der Spitze der Rollen, also plan, aufgesetzt. Der Skate weist leicht nach innen. Das linke Bein hat in diesem Moment schon ca. 90% seines Weges zurückgelegt (vgl. Publow, 1996c, ¶5). Der seitliche Aufsatz des Beins bildet somit eine neue Stützfläche und ermöglicht einen zweiten Abdruck bzw. bereitet diesen vor.

Phase 2: Hauptfunktionsphase 1

Der KSP wandert weiter zur rechten Seite. Es kommt zu einem zweiten, aktiven *Fall*. Das linke Bein drückt (wie in Phase 2 der klassischen Technik) ab und wird flach über den Boden zurückgeführt.

Der Skate des rechten Beines bewegt sich auf der Außenkante der Rollen nach innen, also in dieselbe Abdruckrichtung wie das linke Bein. In Abhängigkeit davon, wie weit rechts vom KSP der Skate aufgesetzt wurde, ist diese Bewegung bis zum Kreuzen des Skates mit der KSP-Linie ausschließlich eine Adduktion im Hüftgelenk. Mit dem dann zunehmendem *Fall* des KSP wird diese Adduktion jedoch von einer vortriebserzeugenden Extension aller drei Beingelenke abgelöst. Der Skate wird hierbei leicht nach vorne geschoben, was eine korrekte Belastung vom mittleren und hinteren Teil des Skates sichert. Die Rollen laufen zunehmend auf der Außenkante. Der Skate befindet sich nun deutlich innerhalb (links) der Körperschwerpunktlinie. Wie weit der Skate nach links geht, ist abhängig von der Geschwindigkeit und dem individuellen Fahrstil. Wie schon das linke Bein (vgl. Rollschnelllauftechnik), so „carvt“ (Matzger, 1998b, ¶1) am Ende dieser Seitwärtsbewegung auch dieser rechte Fuß um die Ferse herum nach innen und nutzt dabei die Seitwärtsenergie (vgl. Baum, 1999c, ¶1–10), um den Fuß wieder nach innen zu lenken. Er sichert damit die

Stabilität des ganzen Systems und leitet die Verlagerung des KSP in die umgekehrte Richtung ein (vgl. Matzger, 1999a, ¶3).

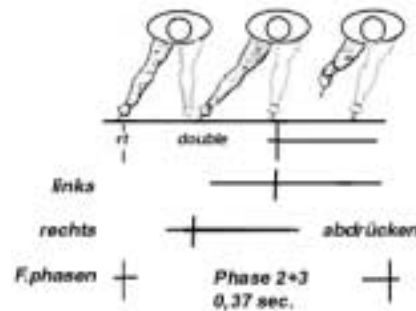


Abbildung 12: Phase 2 und 3 beim Double Push

Phase 3: Direkt unterstützende Hilfsfunktionsphase

Mit dem Abdruck des rechten Beines nach innen und der Verlagerung des KSP wird der Oberkörper aktiv zur Seite gestreckt. Hier gibt es noch zwei Variationen, die die gleiche Funktion haben (vgl. Baum, 2000d, ¶12): Strecken des Oberkörpers nach oben und Rotieren des Oberkörpers nach innen (dies wird von Chad Hedrick praktiziert). All diese aktiven Oberkörperbewegungen erzeugen Vortrieb, da sie – wie die Bein Streckung – eine Reaktionskraft am Boden auslösen. Baum spricht hier sogar von einem eigenen „Push“. Für ihn ist der Double Push somit ein „Triple Push“ (Baum, 2000b, ¶ 1). Da nicht alle Skater die gleiche Bewegung anwenden, soll hier nicht von einer eigenen Druckphase gesprochen werden.

Phase 4: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

Der KSP wandert wieder zurück nach links bis über die Stützfläche des rechten Beines. Das linke Bein fällt in seine Ausgangslage zurück. Der Skate des rechten Beines *carvt* im Moment der weitesten Auslenkung nach innen wieder nach außen. Er wird durch eine Abduktion wieder nach außen in die neutrale Stellung zur

Vorbereitung des folgenden Abdruckes gezogen²⁴. Die Rollen laufen dabei von der Außenkante auf ihre Spitzen.

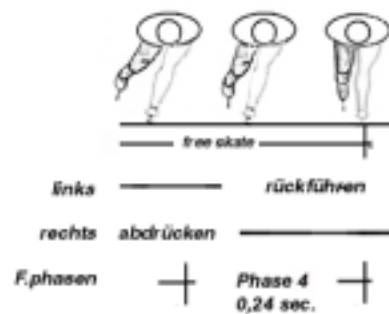


Abbildung 13: Phase 4 beim Double Push

Der Kniewinkel verringert sich, um in eine gute Ausgangsposition für den anschließenden *klassischen* Abdruck zu kommen.

Phase 5: Vorbereitende Hilfsfunktionsphase

Der KSP bewegt sich weiter nach links, während das linke Bein (wie in Phase 1 der Double Push Technik beschrieben) aufgesetzt wird.

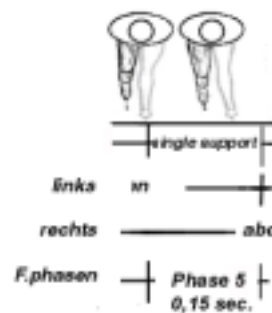


Abbildung 14: Phase 5 beim Double Push

Das rechte Bein kippt wie in Phase 1 der klassischen Technik von der Spitze der Rollen auf die Innenkante.

²⁴ Diese Bewegung kann auch ohne aktiven Zug des Beines nach außen gefahren werden, indem man den Skate einfach nach innen rollen lässt. Dann müsste man von einer überleitenden Hilfsfunktionsphase sprechen. Hier soll aber von einer aktiven Unterstützung ausgegangen werden.

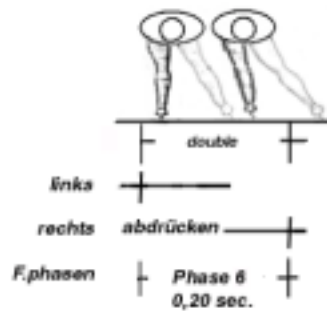
Phase 6: Hauptfunktionsphase 2

Abbildung 15: Phase 6 beim Double Push

Dies ist wie in der klassischen Technik die Phase, in der der meiste Vortrieb erzeugt wird. Der KSP wandert weiter nach links (vgl. Phase 2), während das linke Bein wie im ersten Teil der *Hauptfunktionsphase 1* des Double Push nach innen abdrückt. Das rechte Bein drückt wie in Phase 4 der klassischen Technik nach außen ab. Während dieser kurzen Phase haben beide Füße Bodenkontakt²⁵ und leisten gemeinsam Vortriebsarbeit. Bei Chad Hedrick ist diese Phase 0,2 Sekunden lang.

Phase 7: Überleitende Phase

In dieser Phase wandert der **KSP** noch weiter zur Seite (Phase 2+3), während das linke Bein seinen Abdruck nach innen (Phase 2) vollendet und wieder nach außen bis zur neutralen Ausgangslage rollt (Phase 4).

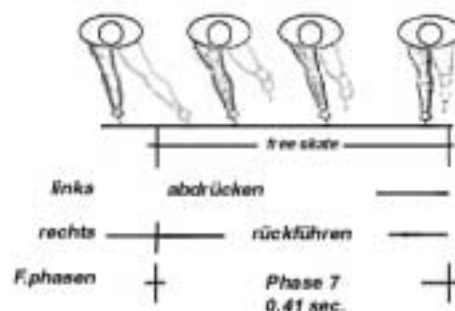


Abbildung 16: Phase 7 beim Double Push

²⁵ Voronov et al. (1995, S.153ff) nennen die Phase auch „double support“.

Das rechte Bein *fällt* (ohne aktive Adduktion) in eine neutrale, senkrechte Position. Es dient dabei der Balance. Durch die Position des linken Beins ist die Position des rechten Beins in diesem Moment hinter dem linken Bein. Je nach Fahrstil wird das Bein sogar eventuell als Konterbewegung aktiv hinter das rechte Bein geschwungen. Da dies aber nur von Chad Hedrick, nicht aber von Barry Publow praktiziert wird, soll an dieser Stelle keine allgemeingültige direkt unterstützende Funktionsphase postuliert werden.

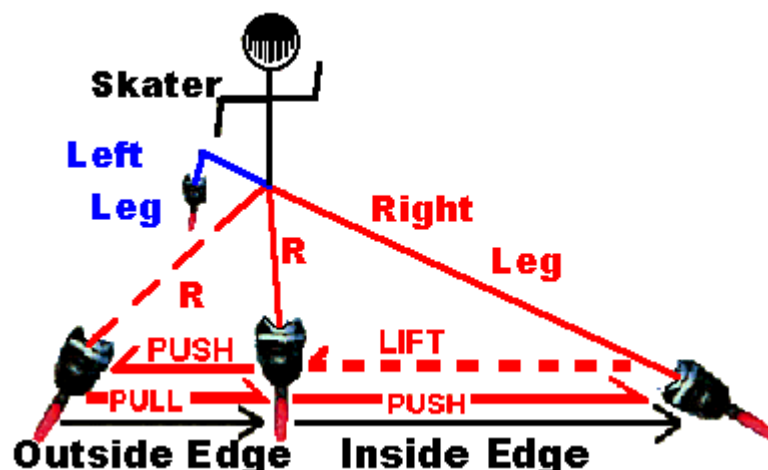


Abbildung 17: Bewegung des rechten Skates (Baum, 1999d, S.12)

1.3.3.3 Einordnung der Double Push Technik

Die Double Push Technik zeigt deutliche Unterschiede zur klassischen Speedskating-Technik, deren Funktionen im Folgenden noch einmal zusammenfassend verglichen werden sollen. Der Double Push erlaubt im Gegensatz zur klassischen Eisschnelllauftechnik viele verschiedene Stile der einzelnen Skater. Besonders die Amplitude des zusätzlichen Abdrucks variiert stark. Baum spricht sogar von einem „continuum of skating styles“ (vgl. Baum, 2000a, ¶ 3). Dennoch kann man entscheidende gemeinsame Vorteile aller Varianten gegenüber der klassischen Technik nennen:

- Verlängerter Abdruckweg (vgl. Publow, 1999, S. 36.): Je länger der Abdruckweg ist, desto mehr Vortrieb kann erzeugt werden. Der Abdruckweg nach außen ist durch die vorangegangene Bewegung nach innen um genau diese verlängert.
- Ausnutzen des Dehnungsreflexes: Durch die Adduktion des Beines bei der Bewegung nach innen werden die Abduktoren gedehnt. Durch die damit verbundene

Vorinnervation und den „Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus“ (Schmidtbleicher & Gollhofer, 1982, S. 303, zitiert nach Weineck, 1996, S. 286) kommt es „zu einer schnelleren und höheren Kraftentwicklung“ (Weineck, 1996, S. 285f.) in den ersten 300 ms der anschließenden Abduktion. Walshe, Wilson und Ettema (1998) stellen „...a significantly greater muscular performance for the first 300 ms of the concentric phase (S. 101)”²⁶ ohne nachweisbaren metabolischen Mehraufwand fest. Roth und Willimczik (1999) sprechen in diesem Zusammenhang von einer höheren „Anfangskraft“ (vgl. S. 56ff.).

– Bewegungsmoment: Die klassische Technik beginnt ihren Abdruck aus einer statischen Position heraus. Beim Double Push ist das Bein schon in Bewegung, wenn es dieselbe Position erreicht und von dort den Abdruck nach außen beginnt. Diese Ausnutzung des Bewegungsmoments spart Energie (vgl. Publow, 1996a, ¶ 2).

– Variable Technik: Ein Skater mit der klassischen Technik kann sich nur durch Schrittfrequenz und Körperwinkel an die äußeren Situationen anpassen. Der Double Push bietet durch die veränderbare Amplitude der zusätzlichen Bewegung nach innen eine dritte Möglichkeit.

– Gleichbleibende Geschwindigkeit: Bei der klassischen Technik nimmt die Geschwindigkeit während der Gleitphase ab, um dann wieder während des Abdrucks zuzunehmen. Da beim Double Push die Gleitphase fast gänzlich entfällt, ist die Geschwindigkeit fast konstant. Diese geringeren Schwankungen in der Geschwindigkeit sparen Energie (vgl. Publow, 1999, S. 38).

– Dreifache Entlastung der Muskulatur: In der klassischen Technik kann ein längerer Abdruckweg und damit eine höhere Geschwindigkeit nur durch einen kleineren Kniewinkel erzeugt werden. Dies behindert jedoch die Durchblutung der Muskulatur (vgl. van Ingen Schenau et al., 1983a, S. 343ff.). Beim Double Push ist der Abdruckweg hingegen schon durch die Bewegung nach innen verlängert (s.o.), ohne dass dafür das Knie weiter gebeugt werden muss. Zweitens ermüdet die statische Gleitphase der klassischen Technik die Muskulatur (vgl. Kahn & Monod, 1989, S. 839ff.). Diese Phase entfällt beim Double Push. Zum dritten wird der Vortrieb beim Double Push auch durch die Bewegung nach innen erzeugt. Hierbei sind Muskeln beteiligt, die für die klassische Technik nicht gebraucht werden. Bei gleicher

²⁶ „eine signifikant höhere Leistung in den ersten 300 ms der Kontraktion“ (Übersetzung des Autors).

Geschwindigkeit wird beim Double Push die Muskulatur weniger beansprucht. Somit erfüllt der Double Push gleich beide Forderungen von Kahn und Monod (1989):

„... two ways of delaying the onset of fatigue linked to the static constraint: either by decreasing the force to be maintained during a given time, or by reducing the maintenance time for a given force (S. 841)“.²⁷

Diese Faktoren verringern bei gleicher Antriebsleistung die Laktatakkumulation und ermöglichen so ein höheres Durchschnittstempo.

– Optimaler Kniewinkel: Mit der klassischen Technik ist eine Steigerung der Geschwindigkeit nur durch einen kleineren Kniewinkel oder durch die Erhöhung der Schrittfrequenz möglich. Van Ingen Schenau (1983a, S.343ff.) zeigt jedoch in seiner Untersuchung, dass ein geringerer Kniewinkel durch die daraus resultierende schlechtere Durchblutung und deren Folgen unökonomisch ist. So skaten auch Eisschnellläufer mit größerem Kniewinkel, wenn die Distanz größer wird (ebd., S. 350). Er fordert zur Leistungssteigerung bei der klassischen Technik die Erhöhung der Frequenz. Der Double Push bietet hier jedoch eine zusätzliche Möglichkeit der Leistungssteigerung.

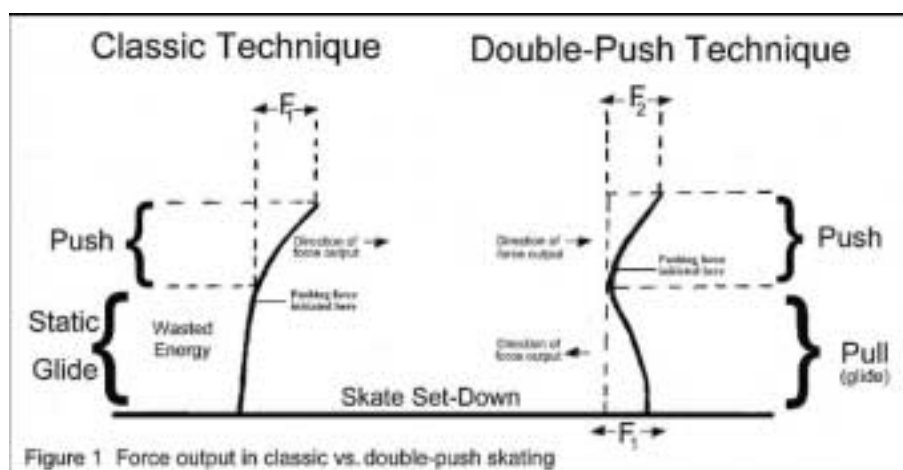


Abbildung 18: Kraftentwicklung bei der klassischen und der Double Push Technik. (Publow, 1998, ¶8)

Auch Publow sieht den größten Vorteil darin, dass die klassische Gleitphase durch einen zweiten, aktiven Vortrieb erzeugenden Bewegungsabschnitt nach innen ersetzt

²⁷ „Es gibt zwei Wege um die einsetzende Müdigkeit durch statische Belastung zu verzögern: entweder reduziert man die Kraft oder die Zeit der Belastung.“ (Übersetzung des Autors)

wird („F1“ in Abbildung 18). Der in Kapitel 1.3.2.3 beschriebenen Forderung nach einer kurzen, passiven Gleitphase wird hier Rechnung getragen. Durch diese zusätzliche Beschleunigungsphase kann der Skater bei gleicher Geschwindigkeit während der klassischen Beschleunigungsphase Kraft sparen.

Ein Nachteil dieser Technik ist, dass durch die relativ labile Balance am Ende des ersten Abdrucks nach innen besonders der unerfahrenen Skater Gefahr läuft, in den hektischen Situationen eines Rennens zu Fall zu kommen. Außerdem ist durch den größeren Kniewinkel beim Double Push der Windwiderstand erhöht. Da bei einem Straßenrennen jedoch die meiste Zeit im Windschatten gefahren wird, ist dieser Nachteil zu vernachlässigen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass vor dem Hintergrund der Typisierung der Bewegungsaufgabe (Kapitel 1.3.2.1 und 1.3.3.1) die Double Push Technik die ökonomischere zu sein scheint. Im Folgenden soll überprüft werden, ob diese Theorie einem Praxistest standhalten kann.

Literaturverzeichnis

- Allinger, T. & van den Bogert, A.J. (1997). Skating technique in the straights, based on the optimisation of a simulation model. *Med-Sci-Sports Exerc*, 29 (2), 279-286.
- Banzer, W., Pfeifer, K. & Brettmann, K. (1999). Inline-Skating- Belastung und Beanspruchung aus sportmedizinischer Sicht. In F. Haensel (Hrsg.), *Lifetime-Sport Inline-Skating* (S. 9-15). Schorndorf : Hofmann.
- Baum, P.J. (1997). *InLine Skate Wheel Power Loss and „Rolling Resistance“*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/rolloss.html>
- Baum, P.J. (1999a). *Inline Grip, Friction And Skating Force*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/GripFriction.html>
- Baum, P.J. (1999b). *The Classic Stroke Revisited*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/ClassicStroke.html>
- Baum, P.J. (1999c). *Forward Stroking For Greater Efficiency*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/ForwardStroke.html>
- Baum, P.J. (1999d). *The Double-Push Skating Technique*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/pushpull.html>
- Baum, P.J. (1999e). *„Exact“ Nonlinear Stroke Model*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/nonlinearstroke.html>
- Baum, P.J. (1999f.). *The Fully Efficient Skating Stroke. Part 1: The Start*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/1fullyeff.html>

- Baum, P.J. (2000a). *Higher Speed Double-Push Tracks For Chad Hedrick*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/timetrax-2.html>
- Baum, P.J. (2000b). *The Fully Efficient Skating Stroke. Part 3: Classic vs. Double Push*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/3FullyEff1.html>
- Baum, P.J. (2000c). *Wheel Power Loss: Rolling On Edge*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/EdgeLoss.html>
- Baum, P.J. (2000d). *The Second Push In The Double Push*. Retrieved August 24, 2000, from the World Wide Web:
<http://home1.gte.net/pjbemail/SecondPush.html>
- Baumgartner, S. & Hoos, O. (2000). *Richtig Fitness-Skating*. München: blv Verlagsgesellschaft mbH.
- Baumgartner, S. (2001). *Ohne Double Push ist schnell schwer, Interview mit Pascal Briand über Technik, Windschatten und Klappskates*. Retrieved May 16, 2001, from the World Wide Web:
http://www.inlinenews.de/interview_pascal_briand.html
- Bellis, M. (o.J.). *The Invention of the Wheel. An overview of the evolution of dry land skating*. Retrieved May 20, 2000, from the World Wide Web:
http://inventors.about.com/education/inventors/library/weekly/aa050997.htm?COB=home&terms=inline+skating&PM=112_300_T.
- Berliner Eislauf-Verein 1886 (Hrsg.). (1925). *Eissport*. Berlin.
- Beyer, E. (Red.). Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.). (1987). *Wörterbuch der Sportwissenschaft*. Schorndorf: Hofmann.
- de Boer, R.W., Schwermerhorn, P., Gademan, J., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. (1986). Characteristics in stroke mechanics of elite and trained male speed skaters. *International Journal Sport Biomechanics*, 2, 176-186.
- de Boer, R.W., Vos, E., Hutter, w., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. (1987). Physiological and biomechanical comparison of roller skating and

- speed skating on ice. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 562-569.
- de Boer, R.W. & Nilsen, K.L. (1989). The Gliding and Push-off Technique of Male and Female Olympic Speed Skaters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 119-134.
- Brinkmann, H. (1971). Skisport. In E. Beyer (Hrsg.), (S. 667ff.). Stuttgart: P. Reclam jun..
- Budelmann, B. (1997). *Inline-Skating*. München: Econ Taschenbuch Verlag.
- Deutscher Inline-Skate Verband (o.J.). *Ausbildung*. Retrieved July 05, 2001, from the World Wide Web: <http://www.d-i-v.de/ausbildung/details.html>
- Deutscher Inline-Skate Verband (2001a). *Wettkampfordnung*. Retrieved July 14, 2001, from the World Wide Web: <http://www.d-i-v.de/speed/regeln/WKO-Stand2001.doc>
- Deutscher Inline-Skate Verband (2001b). Martinformationen – Inline-Skating. Seeheim.
- Deutscher Inline-Skate Verband (2001c). Wettkampfordnung für Inline Speedskating. Seeheim.
- Detmer, H. (2001). Inline-Skating - eine sportliche Attraktion für alle Altersklassen. Auch das internationale Wettkampfsystem passt sich an. *DSB Presse*, 17, 6-7.
- Edwards, C. (1997). *Lust auf Inline Skating*. Stuttgart: Pietsch.
- Eichberg, H. (1980). Sport im 19. Jahrhundert – Genese einer industriellen Verhaltensform. In H. Ueberhorst (Hrsg.), *Geschichte der Leibesübungen*. (S. 350-412) Band 3/1. Berlin, München, Frankfurt/ M.: Bartels & Wernitz.
- Evans, J. (1999). *Inline-Skating : fun and speed*. Stuttgart : Pietsch.
- Fedel, F.J., Keteyian, S.J., Brawner, C.A., Marks, C.R., Hakim, M.J. & Kataoka T. (1995). Cardiorespiratory Responses During Exercise in Competitive In-Line Skaters. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 27, 682-687.

- Foster, C., Thomson, N. & Snyder, C. (1993). Ergometric Studies with Speed Skaters: evolution of laboratory methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7 (4), 1993-2000.
- Gemser, H., de Koning, J.J. & van Ingen Schenau, G.J. & International Skating Union (Hrsg.). (1999) *Handbook of Competitive Speed Skating*. Lausanne: International Skating Union.
- Gesellschaft für Heimatkunde der Provinz Brandenburg zu Berlin (Hrsg.). (1897). *Brandenburgia, Monatsschrift der Gesellschaft für Heimatkunde der Provinz Brandenburg zu Berlin*, 12, 6.Jahrg.
- Göhner, U. (1992). *Einführung in die Bewegungslehre des Sports, Teil 1: Die sportliche Bewegung*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Göthling, R. (1998). Ausdauertraining für Fitneß- bis Speedskater- Trainingstips und Technikempfehlungen. In Nagel, V., *Inline-Skating* (S. 55-62). Hamburg: Czwalina.
- Green, H.J. (1978). Glycogen depletion patterns during continuous and intermittent ice skating. *Medicine and Science in Sports*, 10, 183-187.
- Gregoire, L., Veeger, H.E., Huijing, P.A. & van Ingen Schenau, G.J. (1984). Role of Mono- an Biarticular Muscles in Explosive Movements. *International Journal of Sports Medicine*, 5 (6), 301-305.
- de Groot, G., Hollander, A.P., Sargeant, A.J., van Ingen Schenau, G.J. & de Boer, R.W. (1987). Applied physiology of speedskating. *Journal of Sport Sciences*, 5, 249-259.
- Haensel, F. (Hrsg.). (1999). *Lifetime-Sport Inline-Skating*. Schorndorf : Hofmann.
- Hamburger Leichtathletik-Verband e.V. (1999) *Hamburg Marathon*. Retrieved August 20, 2000, from the World Wide Web: <http://www.marathon-hamburg.de>
- Harjung, M. & Athanasiadis, A. (1996). *Inline-Skating - fit & fun auf acht Rollen*. – Wien: Ueberreuter.
- Hatje, T. & Deneke, U. (2001). *Inlineskaten wie ein Profi*. München: Südwest Verlag.

- Heeley, M. (1997). *Das ist Inline-Skating*. Bielefeld: Delius Klasing Verlag.
- Heidjann, J. & Nicol, K. (1999). Belastung und Beanspruchung beim Inline-Skating – Eine biomechanische Untersuchung. In F. Haensel (Hrsg.), *Lifetime-Sport Inline-Skating* (S. 60-77). Schorndorf : Hofmann.
- Heilmann, G. (1999). Sicherheit und Technik von Inline-Skates. In Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.), *Safe on Skates, Dokumentation der Fachtagung Inline-Skating am 23. November 1999 in Rendsburg* (S. 5-16) Kiel: Unfallkasse Schleswig-Holstein.
- Henriksen, E. (1997). Getting the „Clap“. *Fitness and Speedskating Times*, 5/6, 14-15.
- Hoffmann, E. & Hoffmann, M. (1996). *Traumhaftes Inline-Skaten*. Düsseldorf: Rau.
- Holum, D. (1984). *The complete handbook of speedskating*. Hillside, N.J..
- Hottenrott, K. & Urban, V. (1996). *In-Line-Skating*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hottenrott, K. & Zülch, M. (1998). *Ausdauertrainer Inline-Skating. Training mit System*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Hottenrott, K. (1999). Leistungs- und Trainingsstruktur im Speedskating. In F. Haensel (Hrsg.). *Lifetime-Sport Inline-Skating*. (S. 78-86) Schorndorf : Hofmann.
- van Ingen Schenau, G.J. & Bakker, K. (1980). A Biomechanical Model of Speed Skating. *Journal of Human Movement Studies*, 6, 1-18.
- van Ingen Schenau, G.J. (1982). The influence of air friction in speed skating. *Journal Biomech*, 15, 449- 458.
- van Ingen Schenau, G.J., de Groot, G. & Hollander, A.P.(1983a). Some technical, physiological and anthropometrical aspects of speed skating. *European Journal of Applied Physiology*, 50, 343-354.
- van Ingen Schenau, G.J. & de Groot, G. (1983b). Differences in Oxygen Consumption and External Power Between Male an Female Speed Skaters During Supramaximal Cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 337-345.

- van Ingen Schenau, G.J., de Groot, G. & de Boer, R.W. (1985). The Control of Speed in Elite Female Speed Skaters. *Journal of Biomechanics*, 18 (2), 91-96.
- van Ingen Schenau, G.J., de Groot, G. & de Boer, R.W. (1987). On the Technique of Speed Skating. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 419-431.
- van Ingen Schenau, G.J., de Groot, G. & de Koning, J.J. (1990). A Simulation of Speed Skating Performances Based on a Power Equation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (5), 718-728.
- van Ingen Schenau, G.J., Bakker, F.C., de Groot, G. & de Koning, J.J. (1992). Supramaximal Cycle Tests do not Detect Seasonal Progression in Performance in Groups of Elite Speed Skaters. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 292-297.
- van Ingen Schenau, G.J., de Groot, G. & de Koning, J.J. (1994). Optimization of Sprining Performance in Running, Cycling and Speed Skating. *Sports Medicine*, 17 (4), 259-275.
- Janssen, J.-P., (1995). *Bewegungslehre – Struktur und Analyse sportlicher Motorik*. Kiel : Lehrstuhl für Sportpsychologie C.-A.-Universität Kiel.
- Jobse, H., Schurhof, R., Cserep, F., Scheurs, A.W. & de Koning, J.J. (1990). Measurement of Push-Off Force and Ice Friction During Speed Skating. *International Journal of Sports Biomechanics*, 6, 92-100.
- Johnson, R.A. & André, W. (1996). *Inline-Skating, Rollerblading easy*, München: Humboldt-Taschenbuchverl. Jacobi.
- Kahn, J.F. & Monod, H. (1989). Fatigue inducted by static work. *Ergonomics*, 32 (7), 839-846.
- Kassat, G. (1993). *Biomechanik für Nicht-Biomechaniker: alltägliche Bewegungstechnisch- sportpraktische Aspekte*. Buende: Fitness-Contur-Verlag.
- Kautschuk. (1986). In *dtv Brockhaus Lexikon* (Band 9, S. 254). Mannheim.: F.A. Brockhaus GmbH.

- Kirsten, K.H., Berger, K., Wagner, P. & Kastner, J. (1997). Die Schuhkonstruktion spielt eine wichtige Rolle. *TW Sport + Medizin*, 9(3), 124-127.
- de Koning, J.J. (1989). Mechanical Aspects of the Sprint Start in Olympic Speed Skating. *International Journal of Sport Biomechanics*. 5, 151-168.
- de Koning, J.J., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. (1991). Coordination of leg muscles during speed skating. *J-Biomech.*, 24(2), 137-146.
- de Koning, J.J., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. (1992). Ice friction during speed skating. *J-Biomech.*, 25(6), 565-571.
- Kyle, C.R. & Caiozzo, V.J. (1986). The Effect of Athletic Clothing Aerodynamics upon Running Speed. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(5), 509-515.
- Ladig, G. & Rüger F. (1999). *Richtig Inline-Skaten*, München: blv Verlagsgesellschaft mbH.
- Letzelter, H. & Letzelter, M. (1983). *Leistungsdiagnostik. Beispiel Eisschnelllauf*. Taunus: Schers-Verlag.
- Love, A. (1997). Layman's Notes on the Double-Push. *Fitness and Speed Skating Times*, 5/6, 58.
- Lörtscher, H. (1989). Rollschnellauf: vergessen, verkannt, auferstanden, aufregend... . *Maggingen*, 46 (9), 12-14.
- Lüders, O. (1909). *Der Rollschuhsport*. Berlin: Stuve-Verlag.
- Mahar, A. Derrick, T. Hamill, J. & Calwell G. (1997). Impact Shock and Attenuation during Inline-Skating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8), 1069-1075.
- Maier, M. (1979). *Richtig Eislaufen*. München: blv Sportpraxis.
- Maksud, M.G., Wiley, R.L., Hamilton, L.H. & Lockar, B. (1970). Maximal VO₂, ventilation, and heart rate of olympic speed skating candidates. *Journal of Applied Physiology*, 29, 186-190.
- Marcov, L.N. (1987). Medizinische Aspekte der Anwendung des Schlittschuhschrittes im Skilanglauf. *Leistungssport*, 17 (1), 3-36.

- Marinez, M.L., Modrego, A., Santos J.I., Grijalba, A., Santesteban, M.D. & Gorostiaga, E.M. (1993). Physiological Comparison of Roller Skating Treadmill Running and Ergometer Cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 72-77.
- Matzger, E. (1995). *Overcorrection to Perfection*. Retrieved August 23, 2000, from the World Wide Web:
<http://www.snapsite.com/guests/sk8ctrl/public/custom/citysports/overcorrection.html>
- Matzger, E. (1998a). *Heaven is Drafting*. Retrieved August 23, 2000, from the World Wide Web:
<http://www.snapsite.com/guests/sk8ctrl/public/custom/citysports/heaven.is.drafting.html>
- Matzger, E. (1998b). *Heel Carve*. Retrieved August 23, 2000, from the World Wide Web:
<http://www.snapsite.com/guests/sk8ctrl/public/custom/videos/tips/tips.1/heel.carve.html>
- Matzger, E. (1999a). *Dan's Double Push Stripped Bare*. Retrieved August 23, 2000, from the World Wide Web:
<http://www.snapsite.com/guests/sk8ctrl/public/custom/Dan.Burger/chooped/chooped.html>
- Matzger, E. (1999b). *Access to Speed*. Retrieved August 23, 2000, from the World Wide Web:
<http://www.snapsite.com/guests/sk8ctrl/public/custom/citysports/access.to.speed.html>
- Matzger, E. (1999c). *Double push secrets unlocked*. Retrieved August 23, 2000, from the World Wide Web:
<http://www.skatecentral.com/public/custom/videos/tips/tips.2/dp.tutorial.html>
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1976). *Bewegungslehre*. Berlin: Volk und Wissen.
- Melanson, E., Freedson, P. & Jungbluth, S. (1996). Changes in Vo₂max and Maximal Treadmill Time after 9wk of Running or In-Line Skate Training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 28, 1422-1426.

- Melanson, E. & Freedson, P. (1996). Exercise Responses to Running and In Line Skating at Self Selected Pace. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 28, 247-250.
- Menzler, P. (1998). *Spaß auf Rollen. On the Road mit Inline-Skates*. Dortmund: Borgmann.
- Michailow, W.W. (1965). Varianten der Kraftverteilung bei Eisschnellläufern. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 14, 212-220.
- Michels, H. (1997). Voll auf der Rolle! Inline-Skating- Ein vorüber gehender Trend?. In: F.I.T.-Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln, 2, 7-12.
- Miles, D. (o.J.). Retrieved July 23, 2000, from the World Wide Web:
http://www.n2inline.com/html/profile_0499.html
- Nagel, V. & Hatje, T. (1997). *Inline-Skating: das Handbuch*. Berlin: Sportverlag.
- Nagel, V. (Hrsg.). (1997). *Inline-Skating : „neue“ Bewegungskultur sportwissenschaftlich analysiert*. Bericht vom 1. Sportwissenschaftlichen Hochschulsymposium. Hamburg : Czwalina
- National Museum of Rollerskating (2000). *The History of Inline Skating*. Retrieved December 04, 2000, from the World Wide Web
<http://www.rollerskatingmuseum.com/serv02.htm>
- Norden, G. (1997). „Ein fröhliches und lebhaftes Rollen vereinte die distinguierte Gesellschaft bis in die späten Abendstunde“- Eine Geschichte des Rollschuhlaufs bis 1914 unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. In V. Nagel (Hrsg.), *Inline-Skating : „neue“ Bewegungskultur sportwissenschaftlich analysiert* (S. 119-147). Hamburg : Czwalina
- Nottingham, S. & Fedel, F. (1997). *Fitness in-line skating*. Champaign, IL : Human Kinetics.
- Pappert, G & Sindinger, K. (1996). *In-Line-Skating. Sicher, schnell und mühelos*, 2. Auflage. München: blv Verlagsgesellschaft mbH.
- Petermann, F. (1995). Kontrollierte Praxis. In: Jäger, R. S. & Petermann, F. (Hrsg.) *Psychologische Diagnostik* (S.147-154). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

- Powell, M. & Svensson, J. (1992). *In-Line Skating. The skills for fun and fitness on wheels*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- di Prampero, P.E., Cortile, G., Mogroni, P. & Saibene, F. (1976). Energy Cost of speed skating and efficiency of work against air resistance. *Journal of applied Physiology*, 40, 584-591.
- Publow, B. (1996a). *The Double-Push: Part 1. Inline Evolution: The Changing Face of Technical Character*. Retrieved November 02, 2000, from the World Wide Web <http://www.breakawayskate.com/articles/dp1.html>
- Publow, B. (1996b). *The Double-Push (Part 2 of 2)*. Retrieved November 02, 2000, from the World Wide Web <http://www.breakawayskate.com/articles/dp2.html>
- Publow, B. (1996c). *The Double-Push (Part 3)*. Retrieved November 02, 2000, from the World Wide Web <http://www.breakawayskate.com/articles/dp3.html>
- Publow, B. (1997a). *The Double-Push Revisited (Part 1 of 2)*. Retrieved November 02, 2000, from the World Wide Web <http://www.breakawayskate.com/articles/revisit.html>
- Publow, B. (1997b). *The Double-Push Revisited (Part 2 of 2)*. Retrieved November 02, 2000, from the World Wide Web <http://www.breakawayskate.com/articles/revisit2.html>
- Publow, B. (1998). *Double-Push Skating: The Mystery Revealed*. Retrieved November 02, 2000, from the World Wide Web <http://www.breakawayskate.com/articles/dp4.html>
- Publow, B. (1998). *Speed on Skates. A Complete Technique, Training, and Racing Guide for In-Line and Ice Skaters*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Pudenz, H. (1983). *Rollschuh- und Eislauf in der Schule. Informationen für Schüler, Eltern und Lehrer*(4. Auflage). Kiel: IPTS.
- Rappelfeld, J. (1994). *In-Line-Skating - Rollerblading*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Riecher, P. (1999). *Tips für Inlineskating*. Aachen: Meyer & Meyer.

- Rohloff, N. (1999). *Die Auswirkungen eines Psychologischen Trainingsprogrammes auf das Leistungsverhalten jugendlicher Tennisspieler*. Unveröffentlichte Examensarbeit, Institut für Sport und Sportwissenschaften der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
- Rollschnelllauf (1989). In *Der Sport Brockhaus* (5. Aufl.) (S. 413). Mannheim: Brockhaus.
- Roth, K & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Rundell, K.W. (1996). Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill inline skating. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 120-127.
- Rundell, K. (1997). Hemoglobin/mioglobin Desaturation during Speed Skating. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 29, 248-258.
- Sauter, U. (1996). *In-line-Skating : Ausrüstung, Techniken, Fahrpraxis*. Niedernhausen/Ts. : Falken.
- SCC-Veranstaltungs-GmbH (1999). *Berlin Marathon*. Retrieved July 21, 2000, from the World Wide Web: <http://www.berlin-marathon.com>
- Schaar, B. & Platen, P. (2000). *Inline-Skating*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Schlichte, G. (2000). *Inline-Skaten lernen : ein Trainingsbuch für Schule, Kinder- und Jugendgruppen ; aber sicher!*. Mülheim an der Ruhr : Verlag an der Ruhr.
- Schmidt, C. (1959). Über die Entwicklung und Anwendung geeigneter Trainingsmittel zur weiteren Vervollkommnung und Leistungssteigerung im Eisschnelllauf. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 12, 1076-1081.
- Schnabel, G. & Thieß, G. (1993). *Lexikon Sportwissenschaft (Bd. 1 und 2)*. Berlin: Sport-Verlag.
- Schulz, H., Reifer, S. & Heck, H. (1996). Inline-Skating als Ausdauersport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 11/12, 576-577.
- Schulz, H., Rautenberg, B., Horn, A. & Heck, H. (1999). Herzkreislauf- und Stoffwechslverhalten beim Inline-Skaten. In F. Haensel (Hrsg.). *Lifetime-Sport Inline-Skating*. (S. 18-25) Schorndorf : Hofmann.

- Schulze, B. (1981). Vom „Erschlittschuh“ zum Rollsport. *Medizin und Sport*, 21, 1, 28-32. Skateboard (1989). In *Der Sport Brockhaus* (5. Aufl.) (S. 471). Mannheim: Brockhaus.
- Snyder, A.C., O'Hagan, K.P.O., Clifford, P.S., Hoffman, M.D. & Foster, C. (1993). Exercise Responses to In-Line-Skating: Comparisons to Running and Cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 14, 38-42.
- Stallkamp, F. (1998). *Dreidimensionale Bewegungsanalyse und Elektromyographische Untersuchung beim Inline-Skating unter Berücksichtigung eines Weichschalen- und eines Hartschalenschuhs : experimentelle Untersuchung*. Unveröffentlichte Dissertation, Medizinische Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.
- Straßenbau. (1986). In *dtv Brockhaus Lexikon* (Band 17, S. 306). Mannheim.: F.A. Brockhaus GmbH.
- Takai, K. (1999). Crystal Ice „Hyo-Jun“. *Fitness and Speed Skating Times*, Spring: 36, 21-22.
- United States Olympic Committee (o.J.). *Roller-Skating. History*. Retrieved July 25, 2000, from the World Wide Web: http://www.olympic-usa.org/sports/az_3_25_1.html
- USA Roller Skating (o.J.). Retrieved July 25, 2000, from the World Wide Web: <http://www.usacrs.com>
- Vollmer, B. (1998). *Kreislaufwerte und Laktatmessungen von Freizeitsportlern und deren Verletzungsrisiko beim Inline-Skating*. Unveröffentlichte Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität Ulm.
- Voronov, A.V., Lavrovsky, E.K. & Zatsiorsky, V.M. (1995). Modelling of rational variants of the speed-skating technique. *J-Sports-Sci*, 13 (2), 153-170.
- Waller, S. (o.J.). *The Inline Skating Resource*. Retrieved May 21, 2000, from the World Wide Web: <http://www2.ebtech.net/~waller/history.htm>
- Wallick, M.E. Porcari, J.P., Wallick, B.S., Berg, K.M., Brice, G.A. & Arimond, G.R. (1995). Physiological Responses to In-Line-Skating compared to Treadmill Running, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 27(2), 242-248.

- Walshe, A. , Wilson G.J. & Ettema, G.J.C. (1998). Stretch-shorten cycle compared with isometric preload: contribution to enhanced muscular performance. *Journal of Applied Physiology*, 84,(1), 97-106.
- Wegner, M. (1997). Das Konzept der Kontrollierten Praxis im Behindertensport, Evaluation eines Tanz- und Schwimmprogrammes mit geistig behinderten Erwachsenen. *motorik'*, 20 (3), 116-124.
- Weineck, J. (1996). *Optimales Training: leistungsphysiologische Trainingslehre; unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*, 9. Auflage. Balingen: PERIMED-spitta, Medizinische Verlagsgesellschaft.
- Willimczik, K. (Hrsg.) (1989). *Biomechanik der Sportarten*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Woll, A. & Titze, A. (1999). Inline-Skating von der Trendsportart der Jugendkultur zum Massenphänomen- eine empirische Analyse zur Situation der Inline-Skatings in der Bundesrepublik Deutschland. In F. Haensel (Hrsg.), *Lifetime-Sport Inline-Skating* (S.xxxxxxxx). Schorndorf : Hofmann.
- Wu, D. (1995). *Investigation of Skate Frictional Losses During In-Line Skate Gliding*. Retrieved May 15, 2000, from the World Wide Web: <http://www.dejawu.com.au/downunda/8thesis.html>
- Wu, D. (1997). *The History of Skating*, Retrieved May 15, 2000, from the World Wide Web: <http://www.dejawu.com.au/downunda/8about.html>
- Zaidman, M. (o.J.). *The Roots of Inline Skating*. Retrieved December 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.iisa.org/gug/history.html>
- Zapf, J., Haas, A. & Schmidt, W. (1997). *Niedriger O2-Puls begrenzt die Eignung des Inline-Training für ein Grundlagenausdauertraining und für Herzkreislaufkranke*. Vortrag: 35. Internationaler Sportärztekongreß, Tübingen.
- Zechel, C., Heidjan, J., Thornwesten, K., Völker, K. (1998). *Wissenswertes zum Inline-Skating*. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 49 (4), 140-141.

Zschätzsch, B. (2001). *Rollsporthistorie*. Retrieved September 20, 2001, from the World Wide Web:
http://www.speedskater.de/makepage.php3?datei=artikel/38/382001/s382001_004.php3&top=&column=2

Bildmaterial:

Gabler, R. (2001). Speedbelt. Retrieved August 08, 2001, from the World Wide Web: <http://www.sportsys.de/speedbelt.mpg>

Hendrikse, K. (2000a). Video footage of Chad Hedrick's doublepush skating style (front). Retrieved November 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.doublepush.com/chadstreet/chadstreet.mpg>

Hendrikse, K. (2000b). Race video (Hedrick). Retrieved November 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.doublepush.com/racevideo/chadrace1.mpg>

Hendrikse, K. (2000c). Video footage of Chad Hedrick's doublepush skating style (back). Retrieved November 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.doublepush.com/chadstreet/chadbehind.mpg>

Hendrikse, K. (2000d). Race video (Vogel). Retrieved November 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.doublepush.com/racevideo/vogelrace1.mpg>

Publow, B. (1999). *Secrets of the Double-Push*. Hull, Quebec: Breakawayskate.

Publow, B. (2000a). Sample avi clip from the double-push video. Retrieved November 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.breakawayskate.com/dp/doublezip.zip>

Publow, B. (2000b). Chad Hedrick on a solo break. Retrieved December 04, 2000, from the World Wide Web: <http://www.breakawayskate.com/vidclips/index.shtml>

Matzger, E. (2000). Video Clips. Retrieved November 05, 2000, from the World Wide Web: <http://www.snapsite.com/guests/sk8ctrl/public/html/page45.html>

Stephan, J. (1996) *In-Line Skating*. Aachen: Meyer und Meyer.