

Physik im Eiskunstlauf

SANDRA, RIEGLER

SANDRA.RIEGLER@STUD.PLUS.AC.AT

Zusammenfassung

Die Berührungspunkte zwischen dem Eiskunstlaufsport und der Physik sind vielfältig. Physikalische Zusammenhänge und Prinzipien sind bezüglich Sportstätte, Material und Technik des Eiskunstlaufs zu finden. Im Hinblick auf die Technik spielt die Physik zum einen eine tragende Rolle für Trainer*innen im Lehren und Sportler*innen im Lernen, zum anderen ermöglicht sie praktisch- methodische Vorgehensweisen, die sowohl Schüler*innen mit (leistungs-) sportlichem Hintergrund im Eiskunstlauf, als auch Schüler*innen im Allgemeinen einen Zugang zur direkten Erfahrbarkeit von Physik geben. Dieser sollte von Lehrenden genutzt werden, um das Interesse von Schüler*innen an Physik als Schulfach zu fördern.

1 Einleitung

Dieser Artikel beschäftigt sich mit den fachlichen und fachdidaktischen Verbindungen zwischen dem Eiskunstlaufsport und der Physik als Wissenschaft und Schulfach. Durch Feststellen der Berührungspunkte zwischen Physik und Eiskunstlauf sollen zentrale Elemente der Sportart herausgearbeitet werden, in denen die Physik eine tragende Rolle spielt. Danach wird erörtert, inwieweit diese Schwerpunktelemente innerhalb der Rahmenbedingungen des Eiskunstlaufs als Nachwuchsleistungssport das Erlernen von und das Interesse an Physik im schulischen Kontext begünstigen können. Abschließend soll ein Ansatz dazu aufgezeigt und begründet werden, wie und warum der Eiskunstlauf eine Hilfe für alle Schüler*innen - unabhängig vom Leistungssport hintergrund - sein kann, sich für Physik als Schulfach zu interessieren.

2 Die Eishalle als physikalische Umgebung

Erster Berührungspunkt zwischen der Physik und dem Eiskunstlauf ist die Sportstätte, in der der Eissport im Allgemeinen, d.h. neben dem Eiskunstlauf auch Eishockey, Eisschnelllauf, Shorttrack, ausgeübt wird: die Eishalle bzw. Eisfläche. Die Eishalle ist von dem her eine physikalische Umgebung, dass die Bildung des Kunsteises, die Funktionsweise des Kühlsystems und die Technik der Maschinen zum Erhalt und der Pflege des Kunsteises auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhängen beruhen. Auch der Einfluss der äußeren Bedingungen wie Luftfeuchtigkeit und Außentemperatur, die je nach Halle unterschiedlich sind, und vor allem bei Freisflächen großen Einfluss auf die spezifische Eisbeschaffenheit haben, ist auf physikalische Grundlagen rund um das Eis als dem festen Aggregatzustand von Wasser zurückzuführen.

Das Schlittschuhlaufen an sich funktioniert aufgrund von Reibungsphänomenen. Während der Bewegung mit den Schlittschuhen auf dem Eis entsteht Wärme, wodurch sich ein Wasserfilm zwischen Kufe und Eis bildet (siehe **Abb. 1**). Die Gleitreibung ist hierauf sehr gering und ermöglicht ein müheloses Gleiten der Schlittschuhkufe.

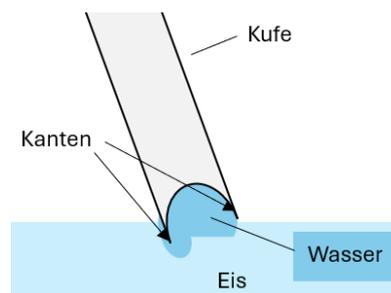


Abb. 1 - Funktionsweise des Schlittschuhlaufens. Schematische Darstellung bei Blick auf die Schlittschuhkufe von hinten (nach Eiskunstlaufweb, 2024)

3 Das Material

Der zweite Berührungspunkt zwischen der Physik und dem Eiskunstlauf ist das verwendete Material: der Schlittschuh und die Kufe.

Der Schuh unterscheidet sich in der Herstellung neben der Form vor allem im Härtegrad, der passend zu den individuellen Höchstschwierigkeiten und der Körpermasse von Eiskunstläufer*innen gewählt werden muss, um den auf das Material wirkenden Kräften standhalten zu können. Die Wahl der Kufe wird ebenfalls entsprechend dem Schwierigkeitslevel von Eiskunstläufer*innen und dem Schwerpunkt ihrer Disziplin gewählt. Im Einzel spielen vor allem die Form der Zacken, die unter anderem zur Drehimpulserzeugung bei eingestochenen Sprüngen (Knoll, 2004) notwendig sind, und die Masse der Kufe

im Fall der Ausführung von Sprüngen mit maximaler Umdrehungsanzahl eine Rolle. Derzeit ist das Maximum der Drehzahl im Wettkampf erfolgreich gelandeter Sprünge mit Drehung um die Körperlängsachse 4,5. Im Eistanz wird auf die Verwendung einer kürzeren Kufe geachtet, da der disziplinspezifische Schwerpunkt hier auf der Lauftechnik liegt. Durch die kürzere Kufe liegt der physikalische Schwerpunkt etwas weiter hinten als bei der im Einzel verwendeten Kufe. Die Eistanzkufe ist dadurch leichter manövrierbar.



Abb. 2 - Eiskunstlaufkufen mit Materialausparung und somit geringerer Masse



Abb. 3 - Eiskunstlaufschuhe mit klassischer Kufe ohne Materialausparung

Die Art des Kufenschliffs bestimmt schließlich, wie griffig die Kanten der Kufe auf dem Eis sind. Im Eishockey wird beispielsweise ein starker Hohlschliff mit kleinem Schleifradius verwendet, der einen großen Halt bei Bögen mit kleinen Radien bietet. Im Eiskunstlauf wird prinzipiell ein weniger starker Hohlschliff mit größerem Radius verwendet, um Sprünge, die mit Hilfe von Bremsstößen über die Kanten abgesprungen werden, ausführen zu können. Je nach Leistungsniveau, Kraft- und Geschwindigkeitseinsatz kann auch der Radius des Hohlschliffs individuell angepasst werden.



Abb. 4 - schematische Darstellung verschiedener Schleifradien bei Blick auf die Schlittschuhkufe von hinten (links Eiskunstlaufkufe - rechts Eishockeykufe)

4 Biomechanik des Eiskunstlaufs

Dritter Berührungspunkt der Physik mit dem Eiskunstlauf - und dessen Herzstück - ist die Biomechanik. Diese spielt im Eiskunstlauf als technisch- kompositorische Sportart (wie auch Turnen, rhythmische Sportgymnastik) eine tra-

gende Rolle im Erlernen von Sprung-, Pirouetten- und Lauftechnik. In diesem Punkt lässt sich sagen: Eiskunstlauf *ist* Physik.

In der Lauftechnik spielen von Seiten der Physik vor allem Schwerpunktbetrachtungen und Gleichgewichtszustände eine Rolle spielen (DEU, 2022). Bei der Betrachtung von Sprung- und Pirouettenteknik erweitert sich das Spektrum physikalischer Prinzipien um Drehimpulserzeugung und -erhaltung mit Massenträgheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit, um horizontale und vertikale Geschwindigkeit, sowie um horizontalen und vertikalen Impuls (DEU, 2022).

4.1 Lauftechnik

Die Lauftechnik ist die Basis des Eiskunstlaufsports. Nach der Rahmentrainingskonzeption der deutschen Eislaufunion (DEU, 2022, S. 115) werden durch die optimale Platzierung des Körperschwerpunktes (KSP) über der Schlittschuhkufe die horizontale Gleitgeschwindigkeit maximiert, sowie die bewegungshemmenden Reibungskräfte zwischen Kufe und Eis minimiert. Neben der Platzierung des KSP über der Kufe ist das Erlernen einer rhythmischen Kniearbeit als Komponente der Lauftechnik für die vertikale Impulsgenerierung und -kontrolle essenziell. Zusammen mit einem zeitlich und räumlich effizienten Einsatz des Schwungbeines¹ ohne Abstoß wird so erlernt, horizontale Geschwindigkeit zu generieren (ebd., 2022).

Der Einfluss auf die physikalischen Parameter Körperschwerpunkt, vertikaler Impuls und horizontale Geschwindigkeit ist die in der Lauftechnik zu erlernende Grundlage für alle weiteren Elemente des Eiskunstlaufs wie schwierige Schritte, Sprünge und Pirouetten (ebd., 2022).

4.2 Sprungtechnik

Die Sprungtechnik ist das Gebiet der Biomechanik, das in der Arbeit von Trainer*innen und der Trainingszeit von Eiskunstläufer*innen den wohl größten Teil ausmacht. Das liegt zum einen an der Komplexität der Sprungelemente, zum anderen auch daran, dass sie den Schwerpunkt eines jeden Wettkampfprogramms darstellen und in ihnen das größte Punktepotenzial liegt. Eine solide Lauftechnik als Grundlage begünstigt das Erlernen der Kontrolle und Steuerung von den im Sprung zusätzlich zu beachtenden physikalischen Parametern Drehimpuls, Massenträgheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit. Trotzdem stellen die Übertragung und Weiter-

¹ Das Schwungbein ist das in der Luft befindliche Bein beim einbeinigen Eislaufen, es wird auch Spielbein genannt.

führung der in der Lauftechnik erlernten zentralen Elemente in die Luft (Flugphase des Sprungs), sowie die in der Luft zusätzlich zu berücksichtigenden Parameter, Läufer*innen und Trainer*innen vor extreme motorische wie kognitive Herausforderungen. Trainer*innen müssen die physikalischen Hintergründe verstehen und mit Hilfe von geeigneten Erklärungen und Übungen, die auf die Stärken und Schwächen des motorisch- kognitiven Leistungsniveaus der Sportler*innen abgestimmt sind, Sprungtechnik vermitteln. Die Auswahl von Erklärungen und Übungen orientiert sich an Alter, Körperbau, Vorwissen und Stand des motorischen Könnens der Sportler*innen. Hierbei trifft der Eiskunstlauf auf die Physikdidaktik.

Die limitierenden Parameter für „[...] Sprünge mit Mehrfachdrehungen um die Körperlängsachse [...]“ (Knoll, 2004, S. 58) sind die Flugdauer (abhängig von effektiver Vertikalgeschwindigkeit) und die Geschwindigkeit der Rotation (= Winkelgeschwindigkeit) um die Körperlängsachse (abhängig vom Massenträgheitsmoment entsprechend Drehimpulserhaltung). Um leichter verstehen und erklären zu können, wie, bzw. wann in einem Eiskunstlaufsprung physikalische Parameter beeinflusst werden können, um maximale Drehungsanzahlen zu erreichen, kann ein Sprung in folgende Phasen unterteilt werden:

- Anlauf- oder Vorbereitungsphase
- Absprung
- Flugphase
- Landung

(DEU, 2022, zitiert nach Rieling, 1967)

Nach Knoll (2004) gibt es hauptsächlich drei Möglichkeiten, mehr Drehungen in der Luft zu erreichen:

- Erzeugung eines möglichst großen Drehimpulses im Absprung
- Erhöhung der Flugzeit
- Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit in der Flugphase

Das größte Potential liegt in der Erhöhung der Flugzeit und der Winkelgeschwindigkeit in der Flugphase (DEU, 2022).

„Durch eine Erhöhung der Flugzeit befindet sich der Läufer länger in der Luft und es wird ihm ermöglicht, die Drehzahl zu maximieren“ (ebd., 2022, S.132). Die Flugzeit t wird nach Knoll direkt durch „[...] die vertikale Komponente der Abfluggeschwindigkeit [bestimmt] [...]“:

$$t = \frac{2 \cdot v_{\text{vertikal}}}{g} \quad (2004, \text{S.79})^4.$$

Die Flugzeit t ist also umso größer, je größer die vertikale Geschwindigkeit im Absprung ist. Eine Erhöhung der vertikalen Absprunggeschwindigkeit wird erreicht, indem die Streckung von Fuß-, Knie- und Hüftgelenk der Sportler*innen im Absprung in kürzerer Zeit erfolgt. Das heißt: mit höchstmöglicher Explosivität des Absprungs wird eine größtmögliche vertikale Absprunggeschwindigkeit erreicht. Diese wiederum resultiert in der längst möglichen Flugzeit.



Abb. 5 - Streckung des rechten Fuß-, Knie- und Hüftgelenks einer Sportlerin im Absprung eines Rittbergers²

„Durch eine Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit dreht der Läufer in der gleichen Flugzeit schneller und kann folglich eine höhere Drehzahl ausführen“ (DEU, 2022, S.132).

Nach dem Absprung folgt die Flugphase, in der der Drehimpuls L konstant ist, da der Körper nach Verlassen des Eises ein geschlossenes System darstellt, auf das keine äußeren Kräfte und somit Drehmomente wirken. Nach dem Satz der Drehimpulserhaltung gilt für den Körper in der Flugphase:

$$L = I \cdot \omega \quad (\text{Tipler \& Mosca, 2009}).^3$$

Hierbei ist I das Massenträgheitsmoment des Körpers und ω die Winkelgeschwindigkeit, mit der der Körper um seine Längsachse rotiert. Der Körper rotiert demnach mit umso größerer Winkelgeschwindigkeit, je kleiner das Massenträgheitsmoment I in der Flugphase ist. Eine Minimierung des Massenträgheitsmoments wird erreicht, indem alle Körperteile maximal nahe an

² Für alle Abbildungen gilt: Pfeilrichtung = Bewegungsrichtung

³ Für alle Formeln gilt: **fettgedruckte** Buchstaben = **vektorielle** Größen

die Körperlängsachse gezogen werden. Das heißt: Eiskunstläufer*innen müssen in der Flugphase eines Sprungs eine maximal geschlossene Position einnehmen, um mit größtmöglicher Geschwindigkeit zu rotieren. Je früher in der Flugphase die geschlossene Luftposition eingenommen werden kann, desto effizienter lässt sich die im explosiven Absprung generierte Flugzeit im Hinblick auf die maximale Drehung nutzen.

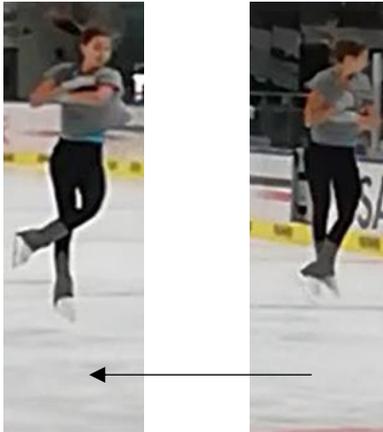


Abb. 6 - Luftpositionen in einer Sprungkombination aus Dreifachsprung, rechts, und Doppelsprung, links

Das Hauptoptimierungspotenzial für das Erreichen höherer Umdrehungszahlen in der Luft liegt in der Maximierung der Flugzeit und der Winkelgeschwindigkeit in der Flugphase. Aus Gründen der physikalischen Vollständigkeit wird zudem die Drehimpulserzeugung in und vor dem Absprung von Eiskunstlaufsprüngen erklärt.

Prinzipiell ist der Drehimpuls gegeben durch:

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} = m \cdot \mathbf{r} \times \mathbf{v} = m \cdot r^2 \cdot \boldsymbol{\omega} = I \cdot \boldsymbol{\omega}$$

(Tipler & Mosca, 2009).

„[...] [Seine] Größe ist abhängig vom Absprungradius r , der Anlaufgeschwindigkeit und der Beschleunigung der Schwungelemente“⁴ (Knoll, 2004, S. 81). Ist die Winkelgeschwindigkeit ω konstant, so kann er über ein größeres Massenträgheitsmoment oder einen größeren „[...] Radius des Absprungbogens bzw. der rotierenden Körperteile erhöht werden“ (ebd., 2004, S. 81).



Abb. 7 - Ansetzen des Absprungbogens mit großem Radius vor einem dreifachen Salchow



Abb. 8 - Vergrößerung des Trägheitsmoments und des Radius der Schwungelemente vor dem Absprung eines dreifachen Salchows



Abb. 9 - Beschleunigung der Schwungelemente vor dem Absprung eines dreifachen Salchows

Bei gleichem Massenträgheitsmoment kann er durch eine höhere Winkelgeschwindigkeit oder höhere Geschwindigkeit im Anlauf vergrößert werden (ebd., 2004). „Hohe Anlaufgeschwindigkeiten bedingen kurze Stützzeiten und/oder hohe Winkelgeschwindigkeiten der Teilkörperbewegungen im Absprung“ (ebd., 2004, S. 81).

⁴ Die Schwungelemente in Eiskunstlaufsprüngen sind Arme und Spielbein.



Abb. 10 - Stützphase des Absprungs inklusive des Abflugs des dreifachen Salchows

Warum die Generierung des maximalen Drehimpulses bis zum Abflug eines Sprunges kein determinierender Faktor im Hinblick auf eine höhere Umdrehungsanzahl in der Flugphase sein muss, wird hier nicht explizit ausgeführt. Grob umrissen ist dies in der Relativität von Drehimpulsmaximum und Drehimpulsverlust bis zum Abflug begründet (Knoll, 2004).



Abb. 11 - relative Verminderung des maximalen Drehimpulses vor dem Absprung des dreifachen Salchows

4.3 Pirouettentechnik

Auch im Erlernen der Pirouettentechnik nutzt man das in der Lauftechnik zu Grunde gelegte Fundament hinsichtlich des Umgangs und der Steuerung der physikalischen Parameter. Diese sind Schwerpunktplatzierung und Horizontal- bzw. Vertikalimpulserzeugung. Ähnlich den Sprüngen wiederum können Pirouetten in Phasen unterteilt werden:

- Pirouetteneingang
- Hauptrotationsphase
- Pirouettenauslauf

(DEU, 2022)

Genauso wie in der Sprungtechnik bedarf es im Vermitteln und Erlernen der Pirouettentechnik der Beachtung des Drehimpulses mit Winkelgeschwindigkeit und Massenträgheitsmoment. Im Pirouetteneingang wird durch einen kraftvollen Abstoß des späteren Schwungbeines ein Drehimpuls erzeugt.



Abb. 12 - Abstoß mit dem späteren Schwungbein (rechts)

Wenn der Körperschwerpunkt der Sportler*innen anschließend über dem optimalen Drehpunkt der Kufe (= Mitte des vorderen Drittels der Kufe) positioniert wird, so herrschen während der Hauptrotationsphase die geringsten Reibungskräfte. Das System, in dem der Drehimpuls wirkt, ist nahezu geschlossen und die Sportler*innen können lang und schnell rotieren (ebd., 2022).



Abb. 13 - optimale Position des Drehpunktes bei Pirouetten (gekennzeichnet in orange)

Der Pirouettenauslauf wird durch eine Vergrößerung des Massenträgheitsmomentes vorbereitet. Diese erfolgt durch das Ausstrecken bzw. Wegbewegen der Arme und gegebenenfalls des Spielbeins von der Rotationsachse.



Abb. 14 - Hauptrotationsphase einer einbeinigen Pirouette in Stehposition (links), Vorbereitung des Auslaufs durch Erhöhen des Trägheitsmomentes (Mitte) und Ansetzen des Abstoßes in den Pirouettenauslauf (rechts).

Die Winkelgeschwindigkeit wird gemäß der Drehimpulserhaltung kleiner und die Sportler*innen können „[...] einen Abstoß vom drehenden Bein [...] machen. [...] [Durch diesen] Drehmomentstoß [...] wird der Drehimpuls wieder verändert und hat zur Folge, dass die Rotation um die Körperlängsachse in einen Kreisbogen rückwärts auswärts übergeleitet wird“ (DEU, 2022, S.192). Diesen nennt man den Pirouettenauslauf.



Abb. 15 - Abstoß und Pirouettenauslauf

5 Eiskunstlauf als Nachwuchsleistungssport und Physik lernen

Wird der Eiskunstlauf als Leistungssport betrieben, so sind aufgrund des Erreichens und Erhaltens der Wettbewerbsfähigkeit bereits in sehr jungen Jahren⁵ sehr hohe Trainingsumfänge notwendig. Grund dafür ist die Notwendigkeit des Erreichens hoher Wiederholungszahlen im Training von technischen Schwierigkeiten und die optimale Trainierbarkeit der koordinativen Fähigkeiten im präpubertären Alter (Weineck, 2003). Diese sind Grundlage des Techniklernens und Kernstück biomechanisch richtiger Bewegungsabläufe. Ein Beispiel für den groben Trainingsumfang von Nachwuchsleistungssportler*innen im Eiskunstlauf zeigt folgende Tabelle:

Schulstufe	Trainingstage pro Woche	Trainingsverteilung pro Woche
Volksschule	5 Tage	1x Eis/Tag, 2-3x Trockentraining/Woche, Ballett
Unterstufe (Sek 1)	5 Tage	2x Eis pro Tag, 2x Krafttraining/Woche, 2x Trockentraining/Woche, Ballett
Oberstufe (Sek 2)	5 Tage	2x Eis/Tag, 2x Krafttraining/Woche, 2x Trockentraining/Woche, Ballett

Tab. 1 - Trainingsumfang nach Schulstufe

Die aufgezeigten zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen des Eiskunstlaufs als Nachwuchsleistungssport bieten folgende Anknüpfungspunkte zum (schulischen) Physik lernen:

- Die Voraussetzungen für Motivation zum Physik lernen scheinen für Nachwuchsleistungssportler*innen im Eiskunstlauf gegeben zu sein, denn die Physik und deren Verständnis haben große Relevanz für die eigene Leistungsoptimierung.
- Die zeitlich effiziente Verflechtung von Schule und Sport ist Grundvoraussetzung zum Betreiben des Leistungssports. Es wäre deshalb lohnend, wenn sich schulische (im speziellen Fall physikalische) Inhalte im Sport erproben und vertiefen ließen und sportliche Inhalte mit fachlichem Bezug zum Verständnis des schulischen Fachwissens genutzt werden könnten. Auch das sportbezogene physikalische Sachinteresse als Motivation für die Erweiterung des physikalischen Fachwissens in sportunabhängigen Teilbereichen der Physik (in der Schule) nutzen zu können, wäre optimal.

5.1 Leistungsoptimierung und physikalisches Sachinteresse

Wie unter 5 beschrieben, stehen die Chancen für Sportler*innen, ein Interesse an Physik zu entwickeln, um sich zu verbessern, im Eiskunstlauf als Nachwuchsleistungssport gut.

Der Interessensbegriff soll hier in der Bedeutung von individuellem Interesse, d.h. „[...] als motivationale Disposition im Sinne einer wesenszugartigen Vorliebe für ein bestimmtes Wissens- oder Handlungsgebiet [...]“ (Häußler & Hoffmann, 1995, S. 109) verwendet werden. „Einzelne interessensorientierte Handlungen werden [hierbei] als aktuelle Realisierungen einer generellen Persönlichkeitseigenschaft oder einer zeitüberdauernden Einstellung gegenüber einem Objektbereich gedeutet“ (ebd., 1995, S. 109). Dass der absolute Großteil der Sportler*innen den Eiskunstlauf bereits von sehr jungem Alter an überwiegend von sich aus betreiben möchte, kann als Vorliebe für das sportliche Handlungsgebiet gedeutet werden. Aufgrund der in 4.2 genannten Bedeutsamkeit der Sprünge für den Eiskunstlaufsport, wie auch der damit einhergehenden Freude, Motivation und investierten Trainingszeit in diese Schwerpunktelemente bei den Sportler*innen, lässt sich auf individuelles Interesse an der Sprungtechnik bei ebendiesen

⁵ Die Grundlagen für eine optimale Leistungsentwicklung im Eiskunstlauf werden bereits im Alter von 4-6 Jahren gelegt.

schließen. Nach Häußler und Hoffmann (1995, S. 110) hat das Sachinteresse, d.h., das Schüler*inneninteresse an Physik die drei Dimensionen „(1) Interesse an einem Kontext, in dem Physik bedeutsam ist, (2) Interesse an einem physikalischen Gebiet, mit dem man sich in diesem Kontext auseinandersetzt, und (3) Interesse an einer Tätigkeit, in die man sich im Zusammenhang mit diesem Inhalt einlassen kann“. Entsprechend ist der Kontext für Sportler*innen als Schüler*innen des Eiskunstlaufs die Physik als Mittel zur Optimierung ihrer Leistung. Das physikalische Gebiet, mit dem sie sich im Zuge der Leistungsoptimierung auseinandersetzen, ist die Mechanik von Drehbewegungen. Die Tätigkeit, auf die sie sich in diesem Zusammenhang einlassen, ist das Ausführen von Übungen zum Erlernen von Sprungtechnik. Es muss hier erwähnt werden, dass der physikalische Kontext der Leistungsoptimierung im Eiskunstlauf ein sehr spezifischer ist. Auch das Handlungsgebiet und die Tätigkeit sind dementsprechend speziell. Häußler und Hoffmann (1995) haben bei der Erhebung des physikalischen Sachinteresses von Schüler*innen ihr Hauptaugenmerk auf Tätigkeiten und Kontexte gelegt, „[...] die eine wünschenswerte physikalische Bildung ausmach[en]“ (ebd., 1995, S.109). Der von ihnen dabei mit eingeschlossene Kontext „Physik als Methode und Denkgebäude [...] [und die] Tätigkeiten auf der praktisch-konstruktiven Ebene“ (ebd., 1995, S. 109) umfassen aber den Eiskunstlauf-spezifischen Kontext und die entsprechenden Tätigkeiten. Da den beiden Autoren nach das Schüler*inneninteresse an Physik davon abhängig ist, welche Kontexte und Tätigkeiten sie damit in Verbindung bringen (Häußler & Hoffmann, 1995), kann man folgern, dass das Sachinteresse von Sportler*innen im Bereich der Mechanik von Drehbewegungen groß ist. Die Frage, ob auf Basis dieser Überlegungen nun gesagt werden kann, dass sich Nachwuchsleistungssportler*innen im Eiskunstlauf für Physik als Schulfach interessieren und damit sogenanntes Fachinteresse entwickeln, muss allerdings negativ beantwortet werden. Das Sachinteresse liefert nach Häußler und Hoffmann (1995) nur einen minderwertigen Beitrag zur Entwicklung des Fachinteresses. Um dies zu ändern, „[...] müßten vor allem die Kontexte, in die die zu unterrichtenden Inhalte eingebettet werden, näher an den Schülerinteressen liegen“ (ebd., 1995, S.116). Ein Ansatz in diese Richtung für alle Schüler*innen- unabhängig vom Leistungssportthintergrund- bezüglich der Themen Rotation und Drehimpulserhaltung folgt.

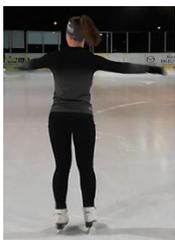
5.2 Eiskunstlauf als Hilfestellung zur Entwicklung von Fachinteresse

Das Sachinteresse von Schüler*innen geht, wie in 5.1 beschrieben, damit einher, welche Kontexte und Tätigkeiten sie mit physikalischen Inhalten verbinden. „Die Anbindung der physikalischen Inhalte an alltägliche Erfahrungen und Beispiele aus der Umwelt der Schülerinnen und Schüler ist für beide interessensfördernd [...]“ (Häußler & Hoffmann, 1995, S.113). Für weibliche Lernende trifft diese Aussage den Autoren nach aber nur zu, wenn sie die Möglichkeit haben oder hatten, diese Erfahrungen wirklich selbst zu machen (ebd., 1995). Schafft man es also, die physikalischen Themen, die in der Schule laut Lehrplan zu unterrichten sind, in Form von erfahrbaren Aktivitäten im schulischen Physikunterricht unterzubringen, so kann eine Annäherung der Unterrichtsgestaltung an das Sachinteresse der Schüler*innen erreicht werden. Ebenfalls könnte sich dadurch der Einfluss des Sachinteresses auf das Fachinteresse vergrößern. Hier kann der Eiskunstlauf Hilfe anbieten: Lehrplanrelevante Gebiete der Physik sind bezüglich der Berührungspunkte von Physik und Eiskunstlauf (wie unter 2 Die Eishalle als physikalische Umgebung, 3 Das Material, 4 Biomechanik des Eiskunstlaufs beschrieben) genügend gegeben. Beispielhaft soll hier zum Abschluss eine praktische Übungsreihe aus dem Eiskunstlauf angegeben werden, die auf das Erlernen der Grundmerkmale von Sprung- und Pirouettentechnik abzielt. Für alle Schüler*innen macht sie die Themen Rotation und Drehimpulserhaltung gemäß Lehrplan der 6. Klasse AHS erfahrbar (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2023a). Angewandt im Unterricht kann diese Übungsreihe zur Annäherung von Fach- und Sachinteresse von Schüler*innen mit und ohne Leistungssportthintergrund im Eiskunstlauf beitragen.

5.3 Methodisch-didaktische Übungsreihe

Folgende Übungsreihe (siehe **Tab. 2**) kann zum körperlichen Erfahren der Drehimpulserhaltung *on-ice* mit Schlittschuhen oder *off-ice* auf einer Drehscheibe durchgeführt werden. Von Eiskunstläufer*innen wird sie zum Training der mechanischen Parameter Schwerpunktplatzierung, Drehimpulserzeugung auf dem Eis, Drehimpulskontrolle in der Pirouette oder der Flugphase eines Sprunges, und Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit in Sprüngen und Pirouetten genutzt. Physiklehrer*innen können sie mit Schüler*innen durchführen, um Rotation und Drehimpulserhaltung für die Physik Lernenden erfahrbar zu machen. Hierfür bietet sich in erster

Linie die gekürzte off-ice-Variante an, um Ungeübten erste Erfahrungen mit der Physik der Drehbewegungen zu ermöglichen. Die Drehrichtung ist bei allen Übungen gegen den Uhrzeigersinn festgelegt. Einbeiniges Drehen erfolgt immer auf dem rechten Fuß⁶. Rechts ist also das Stand- und links das Spielbein. Für alle Übungen ist ein Abstoß vom Eis oder Boden notwendig. Bei beidbeinigem Drehen auf dem Eis kann der Drehimpuls auch durch stampfende Bewegungen mit den Füßen in Drehrichtung erzeugt werden.

On-ice-Variante	Off-ice-Variante
1. Beidbeiniges Drehen mit offenen Armen	
	
2. Beidbeiniges Drehen mit offenen Armen, dann Arme während Drehung schließen	
	
3. Einbeiniges Drehen mit offenen Armen und offenem Spielbein	
	

4. Einbeiniges Drehen mit offenen Armen und offenem Spielbein, dann Arme während Drehung schließen	
	
5. Einbeiniges Drehen mit offenen Armen und offenem Spielbein, dann Spielbein während Drehung schließen	
	
6. Einbeiniges Drehen mit offenen Armen und offenem Spielbein, dann Arme und Spielbein gleichzeitig während der Drehung schließen	
	

Tab. 2 – Übungsreihe zur körperlichen Erfahrung der Drehimpulserhaltung

6 Abbildungen und Tabellen

- Abb. 1** - Funktionsweise des Schlittschuhlaufens. Schematische Darstellung bei Blick auf die Schlittschuhkufe von hinten (nach Eiskunstlaufweb, 2024)1
- Abb. 2** - Eiskunstlaufkufen mit Materialausparung und somit geringerer Masse2
- Abb. 3** - Eiskunstlaufschuhe mit klassischer Kufe ohne Materialausparung.....2
- Abb. 4** - schematische Darstellung verschiedener Schleifraden bei Blick auf die Schlittschuhkufe von hinten (links Eiskunstlaufkufe - rechts Eishockeykufe)2

⁶ Ähnlich dem Verhältnis von Rechts- zu Linkshändern gibt es einzelne Personen, denen es leichter fällt, auf dem linken Fuß stehend in Uhrzeigerichtung zu drehen. Dies sollte bei Übungsdurchführung beachtet und ermöglicht werden.

Abb. 5 - Streckung des rechten Fuß-, Knie- und Hüftgelenks einer Sportlerin im Absprung eines Rittbergers.....	3
Abb. 6 - Luftpositionen in einer Sprungkombination aus Dreifachsprung, rechts, und Doppelsprung, links	4
Abb. 7 - Ansetzen des Absprungbogens mit großem Radius vor einem dreifachen Salchow.....	4
Abb. 8 - Vergrößerung des Trägheitsmoments und des Radius der Schwungelemente vor dem Absprung eines dreifachen Salchows	4
Abb. 9 - Beschleunigung der Schwungelemente vor dem Absprung eines dreifachen Salchows.....	4
Abb. 10 - Stützphase des Absprungs inklusive des Abflugs des dreifachen Salchows.....	5
Abb. 11 - relative Verminderung des maximalen Drehimpulses vor dem Absprung des dreifachen Salchows	5
Abb. 12 - Abstoß mit dem späteren Schwungbein (rechts)	5
Abb. 13 - optimale Position des Drehpunktes bei Pirouetten (gekennzeichnet in orange).....	5
Abb. 14 - Hauptrotationsphase einer einbeinigen Pirouette in Stehposition (links), Vorbereitung des Auslaufs durch Erhöhen des Trägheitsmomentes (Mitte) und Ansetzen des Abstoßes in den Pirouettenauslauf (rechts).	5
Abb. 15 - Abstoß und Pirouettenauslauf.....	6
Tab. 1 - Trainingsumfang nach Schulstufe	6
Tab. 2 - Übungsreihe zur körperlichen Erfahrung der Drehimpulserhaltung	8

7 Literatur

- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2023). *Lehrplan der Mittelschule*. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850> (01.03.2024)
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2023a). *Lehrplan der allgemeinbildenden höheren Schule*. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&Artikel=&Paragraf=&Anlage=1&Uebergangsrecht=> (01.03.2024)
- Deutsche Eislauf-Union e.V. (DEU) (2022). *Rahmentrainingskonzeption. Arbeitshilfe für Trainer/innen*. Verfügbar unter: https://eislauf-union.de/files/Sporttechnik/Analoge_RTK_2022_08_31.pdf (01.03.2024)
- Eiskunstlaufweb (). *Schliff*. Verfügbar unter: <https://eis-kunstlaufweb.de/tl/Ausr.ue.stung.htm> (01.03.2024)
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft*, 23 (2), 107-126.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32 (2), 189-204.
- Knoll, K. (2004). *Trainings- und Wettkampfforschung im Eiskunstlaufen: komplexe prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung in den technisch-kompositorischen Sportarten unter besonderer Berücksichtigung des Eiskunstlaufens*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Leirich, J., & Rieling, K. (1967). Zur strukturellen Anordnung der Übungen des Gerätturnens. Die Beinschwungbewegungen. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 16 (5), 416-424.
- Tipler, P. A. & Mosca, G. (2009). *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure* (6. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Weineck, J. (2003). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung*

des Kinder- und Jugendtrainings (13. Auflage). Balingen: Spitta Verlag.