



universität  
wien

# MAGISTERARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Didaktische Perspektiven des  
fächerübergreifenden Unterrichts am Beispiel  
Bewegung und Sport und Physik“

Verfasser

Lukas Mastny

angestrebter akademischer Grad

Magister der Philosophie (Mag. phil)

Matrikel-Nummer:	0309295
Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 190 482 412
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Lehramtsstudium UF Bewegung und Sport UF Physik
Betreuer:	A.o. Univ.-Prof. MMag. Dr. Konrad N. Kleiner

Wien, im April 2009

Hiermit bestätige ich, die Arbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

## 1. Inhaltsverzeichnis

<b>1. INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>2. VORWORT</b> .....	<b>6</b>
<b>3. EINLEITUNG UND HINFÜHRUNG ZUR FRAGESTELLUNG</b> .....	<b>7</b>
3.1. DIE SCHULE UND IHRE GESELLSCHAFTLICHEN FUNKTIONEN .....	8
3.1.1. <i>Die Rolle des fächerübergreifenden Unterrichts in der Allgemeinbildung</i> .....	9
3.1.2. <i>Bewegung und Sport und dessen Eignung für den Fächerübergreif</i> .....	12
<b>4. METHODE DER BEARBEITUNG</b> .....	<b>14</b>
<b>5. GLIEDERUNG DER ARBEIT</b> .....	<b>17</b>
<b>6. DEFINITIONEN UND STANDORTBESTIMMUNG VOM FÄCHERÜBERGREIFENDEN UNTERRICHT</b> .....	<b>20</b>
6.1. BEGRIFFSBESTIMMUNG .....	20
6.1.1. <i>Fachüberschreitender Unterricht</i> .....	20
6.1.2. <i>Fächerverbindender oder Fächerverknüpfender Unterricht</i> .....	21
6.1.3. <i>Fächerkoordinierender oder Themenzentrierter Unterricht</i> .....	21
6.1.4. <i>Fächerübergreifender Unterricht</i> .....	23
6.1.5. <i>Fächerergänzender oder fächerübergreifender Projektunterricht</i> .....	24
6.1.6. <i>Fächeraussetzender Unterricht</i> .....	25
<b>7. ARGUMENTE FÜR EINEN FÄCHERÜBERGREIFENDEN UNTERRICHT</b> .....	<b>26</b>
7.1. FÄCHERÜBERGREIFENDEN UNTERRICHT ALS THEMA FÜR DIE SCHULE- EIN BLICK AUF DEN LEHRPLAN FÜR DIE AHS OBERSTUFE.....	26
7.2. FÄCHERÜBERGREIFENDER UNTERRICHT: EIN THEMA IN DER AUSBILDUNG?.....	28
7.3. WARUM WIRD FÄCHERÜBERGREIFENDER UNTERRICHT IN DER SCHULE GEFORDERT? .....	31
7.3.1. <i>Wissen neu ordnen und strukturieren</i> .....	31
7.3.2. <i>Verbindung von Wissen und problemlösendes Denken</i> .....	32
7.3.3. <i>Eigenverantwortung und Selbstständigkeit</i> .....	33
7.3.4. <i>Kommunikation</i> .....	33
7.3.5. <i>Ergänzung zum Fachunterricht</i> .....	34
<b>8. DIDAKTISCHE KONZEPTE DES FÄCHERÜBERGREIFENDEN UNTERRICHTS</b> .....	<b>36</b>
8.1. VON DER „EINHEIT DER BILDUNG“ ZUM FÄCHERÜBERGREIFENDEN UNTERRICHT .....	36
8.2. FÄCHERÜBERGREIFENDER UNTERRICHT AUS SPORTDIDAKTISCHER SICHT .....	37
8.2.1. <i>Konzepte der Sportdidaktik und deren Eignung für den fächerübergreifenden Unterricht</i> .....	39
8.3. DER MEHRPERSPEKTIVISCHE UNTERRICHT.....	41
8.3.1. <i>Mehrperspektivität und fächerübergreifender Unterricht</i> .....	42
8.4. DER PROBLEMORIENTIERTE UND REFLEXIVE ANSATZ.....	44
8.4.1. <i>Der problemorientierte Ansatz</i> .....	44
8.4.2. <i>Der reflexive Ansatz</i> .....	46
8.5. DAS REFLEXIVE, PROBLEMORIENTIERTE KONZEPT .....	46
8.5.1. <i>Reflexion und Problemorientierung im Projektunterricht</i> .....	47
8.6. HANDLUNGSORIENTIERUNG UND GANZHEITLICHKEIT .....	51
8.6.1. <i>Zur Bedeutung der Handlungsorientierung:</i> .....	51
8.6.2. <i>Was meint Ganzheitlichkeit?</i> .....	53
8.6.3. <i>Exemplarisches Lernen</i> .....	54
8.6.4. <i>Praktisches Lernen</i> .....	56
8.6.5. <i>Imaginatives oder Szenisches Lernen</i> .....	57
8.6.6. <i>Lernen über empirisches Forschen</i> .....	57
8.7. DIDAKTISCHE UMSETZUNG DES DRITTEN KONZEPTS .....	58
<b>9. WIE KANN FÄCHERÜBERGREIFENDER UNTERRICHT IN DER SCHULE REALISIERT WERDEN?</b> .....	<b>62</b>

9.1.	FÄCHERÜBERGREIFENDER UNTERRICHT IM SYSTEM SCHULE .....	62
9.2.	ZIELSETZUNG .....	63
9.3.	DIE PLANUNG .....	64
9.4.	DIE PROJEKTMETHODE.....	65
9.4.1.	<i>Die Gruppenarbeit</i> .....	67
9.5.	AUSWERTUNG UND EVALUATION .....	68
9.5.1.	<i>Beschreibung und Auswertung durch die Lehrperson(en)</i> .....	69
9.5.2.	<i>Feedback von Schüler/innen</i> .....	70
9.5.3.	<i>Beurteilung und Analyse durch Außenstehende</i> .....	70
9.6.	ZUSAMMENFASSUNG DES MODELLS DER LEIBNIZSCHULE HANNOVER .....	70
9.6.1.	<i>Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Auswertung der Leibnizschule</i> .....	71
9.7.	EIN ALTERNATIVES MODELL ZUR DURCHFÜHRUNG EINES FÄCHERÜBERGREIFENDEN PROJEKTUNTERRICHTS .....	73
<b>10.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>74</b>
<b>11.</b>	<b>DIE EIGNUNG DER KONZEPTE FÜR DIE FÄCHERKOMBINATION BEWEGUNG UND SPORT – PHYSIK .....</b>	<b>76</b>
11.1.	ÜBERBLICK ÜBER DIE PRAXISBEISPIELE.....	78
<b>12.</b>	<b>PHYSIK DES BERGWANDERNS (BEISPIEL 1) .....</b>	<b>80</b>
12.1.	LEHRPLANBEZUG UND LERNZIEL .....	80
12.2.	PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN .....	81
12.2.1.	<i>Energie und Energieerhaltung</i> .....	81
12.2.2.	<i>Arbeit und Leistung</i> .....	83
12.3.	DIDAKTISCHE UMSETZUNG.....	84
12.4.	DURCHFÜHRUNG UND BEISPIELE .....	85
<b>13.</b>	<b>PHYSIK DES LAUFENS (BEISPIEL 2) .....</b>	<b>89</b>
13.1.	LEHRPLANBEZUG UND LERNZIEL .....	89
13.2.	PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN .....	90
13.2.1.	<i>Kinematische Bewegungsgleichungen</i> .....	90
13.3.	DIDAKTISCHE UMSETZUNG.....	91
13.4.	DURCHFÜHRUNG UND BEISPIELE .....	92
<b>14.</b>	<b>„SPLASHDIVING“ (BEISPIEL 3) .....</b>	<b>97</b>
14.1.	LEHRPLANBEZUG UND LERNZIEL .....	98
14.2.	PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN .....	98
14.3.	DIDAKTISCHE UMSETZUNG.....	100
14.4.	DURCHFÜHRUNG UND BEISPIELE .....	100
<b>15.</b>	<b>PHYSIK DES WINTERSPORTS (BEISPIEL 4).....</b>	<b>104</b>
15.1.	LEHRPLANBEZUG UND LERNZIEL .....	104
15.2.	PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN .....	105
15.2.1.	<i>Bildung von Eis und Schnee</i> .....	105
15.2.2.	<i>Von der Schneeballschlacht zur Lawinenkunde</i> .....	106
15.2.3.	<i>Tragfähigkeit einer natürlichen Eisoberfläche</i> .....	107
15.2.4.	<i>Carven und die Zentripetalkraft</i> .....	108
15.2.5.	<i>Reibung und die Hangabtriebskraft</i> .....	109
15.3.	DIDAKTISCHE UMSETZUNG.....	111
15.4.	DURCHFÜHRUNG UND BEISPIELE .....	112
<b>16.</b>	<b>PHYSIK DES KRAFTTRAININGS (BEISPIEL 5) .....</b>	<b>120</b>
16.1.	LEHRPLANBEZUG UND LERNZIEL .....	120
16.2.	PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN .....	121
16.2.1.	<i>Vom Hebelgesetz zur Gesundheitsförderung</i> .....	121
16.3.	DIDAKTISCHE UMSETZUNG.....	122
16.4.	DURCHFÜHRUNG UND BEISPIELE .....	123
16.5.	EINE VIDEOANALYSE DER ÜBUNG „LATZUG“ MIT „IMPULS PHYSIK“ .....	125

16.5.1.	<i>Programmeinstellungen und Erstellung von Diagrammen.....</i>	<i>126</i>
16.5.2.	<i>Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung als Funktionen der Zeit .....</i>	<i>128</i>
16.5.3.	<i>Tatsächliche Armkraft.....</i>	<i>131</i>
16.5.4.	<i>Hubarbeit, Wirkung und Energieumwandlung .....</i>	<i>132</i>
16.5.5.	<i>Die Symmetrie der Übungsausführung .....</i>	<i>134</i>
<b>17.</b>	<b>QUELLENANGABE .....</b>	<b>136</b>
17.1.	LITERATURVERZEICHNIS .....	136
17.2.	INTERNETQUELLEN .....	139
17.3.	SOFTWARE .....	139
<b>18.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>140</b>
<b>19.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>142</b>

## 2. Vorwort

Ich möchte dieses Vorwort nutzen, um mich bei meinen Eltern für die große Unterstützung während meines gesamten Bildungswegs zu bedanken. Und damit meine ich nicht die finanzielle Unterstützung, die natürlich auch nicht unterschätzt werden darf. Zahlreiche Nachhilfestunden von meinem Vater und ebenso viele Lerneinheiten mit meiner Mutter stellten einen wichtigen Stützpfiler dar, der mir eine erfolgreiche Schullaufbahn ermöglichte. Auch der Weg für mein Lehramtstudium wurde damit geebnet und die Fächerkombination „Physik“ und „Bewegung und Sport“ garantiert nun exzellente Berufsaussichten. Auch bei der Wahl der Fächer haben meine Eltern und vermutlich auch meine beiden Schwestern eine große Rolle gespielt. Die Studienwahl wurde zu hundert Prozent mir überlassen, aber meine Eltern waren es, die mich in die Natur brachten, mir Radfahren, Schwimmen, Skifahren, Eislaufen usw. beibrachten und so ein sportliches Fundament für mich schafften. Hier gilt auch meinen beiden Schwestern, die mich in unzählige JiuJitsu-, Beachvolleyball-, Wander- oder Schwimmstunden zur Bewegung animierten und im Sport begleiten, besonderer Dank.

Zudem bedanke ich mich herzlich bei meinem Diplomarbeitsbetreuer A.o. Univ. Prof. MMag. Dr. Konrad Kleiner für die Ermöglichung eines sehr interessanten Themas und für die nette und kollegiale Betreuung.

Zum Gelingen der vorliegenden Diplomarbeit hat auch die Leibnizschule in Hannover beigetragen, die mir auf meine Anfrage per Mail einen Erfahrungsbericht „Fächerübergreifender Unterricht im Pflichtbereich des Gymnasiums“ zugeschickt hat. Dieser hat mir sehr geholfen und stellt eine Bereicherung für die Arbeit dar.

Abschließend möchte ich auch meine Freund/innen und Studienkolleg/innen erwähnen. Eine besondere Stütze während dieser Zeit ist meine Freundin Barbara gewesen, die mich durch alle Höhen und Tiefen begleitet hat.

Lukas Mastny

### **3. Einleitung und Hinführung zur Fragestellung**

Als studienbegleitende Tätigkeit arbeite ich beim „Klimabündnis Niederösterreich“ als Referent eines „Energie mit Fantasie – Workshops“ an Haupt- und Allgemeinbildenden Höheren Schulen. Zentrale Inhalte sind dabei der Umgang mit Energie und der Klimawandel. Im Rahmen dieser Tätigkeit machte ich beim Unterrichten in einer 6. Klasse an einem niederösterreichischen Gymnasium folgende Erfahrung. Die Schülerinnen und Schüler hatten die Aufgabe, aus den von mir vorgegebenen physikalischen Größen Leistung und Zeit die Energie zu berechnen. Zwischen diesen drei Größen besteht ein elementarer Zusammenhang ( $\text{Leistung} = \text{Energie}/\text{Zeiteinheit}$ ), welcher eine wichtige Grundlage der Mechanik ist.

Umso mehr war ich über die Tatsache erstaunt, dass der Großteil der Klasse mit dieser Aufgabe überfordert war. Nach der Unterrichtseinheit kam der Klassenlehrer zu mir und drückte sein Unverständnis über die physikalischen Schwächen dieser Klasse aus. Eigentlich sei die Klasse normalerweise recht gut in Physik und offenbar haben die Schüler/innen, so der Professor weiter, einen schlechten Tag erwischt.

Eine solche oder ähnliche Rückmeldung habe ich jedoch nicht das erste Mal erhalten. Des Öfteren klagten Professorinnen und Professoren nach der Durchführung des Vortrags über das für sie überraschende Faktum, dass das eigentlich schon längst Gelernte nicht auf neue Aufgabenstellungen angewendet werden konnte.

Welche Gründe gibt es dafür, dass Schülerinnen und Schüler das im Fachunterricht erworbene Wissen nicht auf neue Problemstellungen anwenden können? Wie viel ist Wissen „wert“, wenn es nicht anwendungsorientiert genutzt werden kann? Wie kann Unterricht in der Schule durchgeführt werden, damit nicht nur fachbezogene Lerninhalte angeeignet, sondern diese auch in Verbindung mit einer konkreten Problemstellung gebracht werden können? Wie ist didaktisch und methodisch vorzugehen, damit das Gelernte an die Erfahrungen von Schüler/innen anschließt und so eine Praxisorientierung erhält?

Diese Fragen zeigen die Notwendigkeit neue didaktische Felder zu betreten und führen mich im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit zum „fächerübergreifenden Unterricht“ als Möglichkeit, den aktuell primär fachorientierten Unterricht in der Schule zu ergänzen und so das System Schule zu bereichern. Stadler (1999) hebt in Anlehnung an Huber (1997) die Bedeutung dieser Unterrichtsmethode für die Praxis hervor:

„Der Forderung an die Praktiker kann man daher sicher zustimmen, nämlich gerade den Beziehungen zwischen Fachunterricht, fächerübergreifendem und projektorientiertem als zwar verschiedene, aber zugleich verwandte Formen des Lehrens und Lernens stärker nachzugehen, diese weiterzuentwickeln und ausdifferenzieren. Das ist eine Aufgabe die nicht bloß einigen Fachleuten überlassen bleiben sollte, sondern um die sich möglichst viele Lehrerinnen und Lehrer bemühen müssten. Das gilt auch, oder vielleicht sogar in einem besonderen Maß für die Vertreter des Faches Leibesübungen.“ (Stadler, 1999, S. 11, 12; vgl. Huber, 1997).

Deswegen habe ich zum Abschluss meines Studiums die vorliegende Diplomarbeit mit dem Titel „*Didaktische Perspektiven des fächerübergreifenden Unterrichts am Beispiel ‚Bewegung und Sport‘ und ‚Physik‘*“ verfasst und mich auf diesem Weg verstärkt mit dem Unterricht, der über die Fachgrenzen hinausgeht, beschäftigt.

Anschließend soll der Stellenwert des fächerübergreifenden Unterrichts in der Schule und dessen Bedeutung für die Bildung von Kindern und Jugendlichen hervorgehoben werden. Dazu werden zunächst die allgemeinen Funktionen und die Leistungsansprüche der Schule erläutert. Dann wird eine mögliche Rolle des überfachlichen Unterrichts in der Allgemeinbildung beschrieben und somit die These aufgestellt, dass der fächerübergreifende Unterricht einen fixen Platz im Bildungssystem einnehmen sollte.

### **3.1. Die Schule und ihre gesellschaftlichen Funktionen**

Ballauff (1982) führt im historischen Kontext unzählige Funktionen der Schule an, wobei die folgende Auswahl nur einen kleinen Ausschnitt darstellt:

„Die traditionellen gesellschaftlichen Funktionen“ (S. 12 f.), damit ist der Erwerb von Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten gemeint, sollen den Menschen bilden, um ihn zu einem fähigen und wertvollen Teil der Gesellschaft werden zu lassen. Dazu gehören unter anderem die qualifizierende, die religiöse, die propädeutische oder die privilegierende Funktion der Schule.

„Die kommunikative Funktionen“ (Ballauff, 1982, S. 154 f.) beinhaltet beispielsweise die personale oder die sozialisierende Funktion. Dabei geht es in erster Linie um zwischenmenschliche Beziehungen von Schülern, Lehrern und Eltern bis hin zur Öffentlichkeit. Parsons (1971, S. 155) sieht „die Schulklasse als die zentrale Sozialisationsinstanz“ an: „Die Sozialisationsfunktion kann zusammenfassend gekennzeichnet werden als die Ent-

wicklung von Bereitschaften und Fähigkeiten der Individuen als wesentlicher Voraussetzung ihrer späteren Rollenerfüllung.“

Weiters beschreibt Ballauff (1982, S. 285 f.) die projektive Funktion, welche bedeutet, dass bestehende und bewährte Werte und Normen konserviert und ein Streben nach Verbesserungen in der Gesellschaft erreicht werden sollen.

Ähnlich kategorisiert Klafki (2002, S. 43) vier gesellschaftliche Funktionen der Schule:

1. Qualifikation und Bildung
2. Selektion und das Hinführen zu einer bestimmten Position in der Gesellschaft (Allokation)
3. Integration und Einführung in die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (demokratisches Grundverständnis, Normen, Verhaltensregeln,...)
4. Überlieferung der Kultur

Ebenso sieht Schmiederer (1974, S. 23 f.) die Aufgaben der Schule in der Qualifikation, der Sozialisation und der Statuszuweisung.

Klafki (2002, S. 66 f.) geht noch einen Schritt weiter und findet folgende Antworten auf die Frage „Was soll Schule?“:

- Förderung von Schüler/innen
- Chancengleichheit in der Bildung für alle gesellschaftlichen Schichten
- Vermittlung von gesellschaftlichen Grundwerten und Normen
- Schaffung von zufrieden stellenden sozialen Bedingungen
- Entwicklung von individuell abgestimmten Interessensgebieten und der Fähigkeit zu lebenslangen Lernen
- Transparenter, inhaltlicher Aufbau von Schulstufe zu Schulstufe in vielfältigen Bildungswegen. Die Bildungswege sollten in überschaubare Abschnitte unterteilt sein und auch zwischen den Bildungswegen ist eine gewisse Durchlässigkeit zu fordern. Zudem sollte ein sinnvoller Abschluss für alle Schüler/innen möglich sein.

### **3.1.1. Die Rolle des fächerübergreifenden Unterrichts in der Allgemeinbildung**

Zunächst werden Funktionen und Aufgaben der Schulfächer erörtert, um dann die Rolle und das Feld des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens abzugrenzen.

Die Unterrichtsfächer bilden bis dato den Rahmen um die Aufgaben und Funktionen der Schule zu realisieren. Hopmann und Riquarts (1999, S. 16) schreiben, dass nicht die Vermittlung von Fachinhalten als wesentliche Funktion der Schulfächer angesehen wird, sondern dass der „Beitrag des Faches zum allgemeinen Weltverständnis, zur individuellen Entwicklung und zur Allgemeinbildung“ vordergründig ist.

„Die Fächer der Schule müssen sich *prinzipiell* der Frage stellen, was sie jeweils zur Entwicklung des Wirklichkeitsverständnisses junger Menschen in einer sich rasch veränderten Welt und was sie zu ihrer Fähigkeitsentwicklung hinsichtlich heutiger und voraussehbar zukünftiger Aufgaben und Möglichkeiten beruflicher, zwischenmenschlicher, sozialer, politischer, individueller Art beitragen können und beitragen müssen. Solche Beiträge der Einzelfächer zur Auseinandersetzung junger Menschen mit ihrer Wirklichkeit, die sich gewöhnlich eben nicht in abgetrennten Fachperspektiven darstellt, sondern in wechselnden fächerübergreifenden Zusammenhängen, solche fachspezifischen Beiträge also müssen ihre Fruchtbarkeit für Wirklichkeitsverstehen *in* den Lernprozessen der Schule selbst erweisen.“ (Klafki, 2002, S. 145)

Klafki (2002) deutet damit an, dass Wirklichkeitsverstehen und lebensnahes Lernen in den Fächern möglich ist, allerdings kann der überfachliche Unterricht einen wertvollen Beitrag leisten, um im qualifizierenden Bereich das Schulsystem zu ergänzen. Im Sinne der Allgemeinbildung und dem Erwerb eines Weltverständnisses ist es aufgrund der Interdisziplinarität vieler Wissenschaftszweige und Themengebiete unabkömmlich, dass die Schule vorbereitend wirkt und essentielle wissenschaftspropädeutische Arbeit leistet. Die Verknüpfung mehrerer Fächer ist eine passende Möglichkeit, um dies zu erreichen.

So hält auch Klafki (2002, S. 145) fest, „dass die Anforderungen an die Bildungsarbeit in einem Schulwesen, das den Aufgaben einer neuen Allgemeinbildung heute gerecht werden will, größtenteils nicht mehr durch die Addition herkömmlicher Einzelfächer der Schule bewältigt werden können.“

Im Bezug auf die Allgemeinbildung hebt Rabenstein (2003, S. 25) die Bedeutung fächerübergreifenden Unterrichts für die Spezialisierung hervor. Erst die reflexive Haltung über die Spezialisierung schafft den allgemeinbildenden Lerneffekt. Die Reflexion ist aber nur dann möglich, wenn die Lernenden mehrere Sichtweisen auf eine Sache erhalten haben. Erst mit dem Vergleich mehrerer Zugänge kann ein fachliches Wissen eingeordnet und dessen Geltung überprüft werden. „In der dadurch ermöglichten Verständigung zwischen den Disziplinen liegt der allgemein bildende Gehalt der Spezialisierung.“ schreibt Rabenstein (2003, S. 227).

Zudem bewirkt die Einsicht in den Erkenntnisprozess ein Sichtbarmachen des Aspektcharakters von Wissen, was durch den Vergleich mit anderen Fächern ermöglicht wird. So

bietet der fächerübergreifende Unterricht eine Möglichkeit die Erfahrung zu machen, dass das in der Schule vermittelte Wissen nichts Endgültiges ist und stets begründungsbedürftig bleibt.

Für Rabenstein (2003, S. 41) ist das „Ziel allgemeiner Bildung, dass die Schülerinnen und Schüler die Begrenztheit einzelner Fachperspektiven bzw. Expertensichtweisen reflektieren und sich darüber auch mit ihrer eigenen subjektiven Sicht der Welt auseinandersetzen.“

Rabenstein (2003, S. 58) notiert außerdem, dass für eine Gegenüberstellung und Vernetzung von Fächern die „Kenntnisse der Methoden und Lösungsansätze der einzelnen Fächer“ eine Voraussetzung ist.

„Erst der Vergleich unterschiedlicher Herangehensweisen lässt uns die Besonderheiten der einzelnen Perspektiven erkennen. Zur systematischen Struktur fächerübergreifenden Lernens gehört demnach sowohl die Disziplinierung des Denkens durch das Fach als auch die reflexive Vergewisserung über dessen Grenzen.“ (Rabenstein, 2003, S. 59)

Demnach kann das überfachliche Lernen neben dem bestehenden Fachunterricht für eine zusätzliche allgemeinbildende Komponente sorgen.

Zusammenfassend lässt sich formulieren, dass der Fächerübergreifung wegen der interdisziplinären und der reflexiven Wirkung eine Voraussetzung für die Vermittlung eines vielschichtigen Weltbildes ist. In Kapitel 7.3. werden eine Reihe weiterer Argumente angeführt, die die Bedeutung der Überfachlichen unterstreichen.

Nun anschließend soll ein kurzer Blick auf die Didaktik geworfen werden. Hopmann und Riquarts (1999, S. 16 f.) kritisieren, dass sich die Didaktiken primär innerhalb der Unterrichtsgegenstände entwickelt haben und eine übergreifende Didaktik zwischen den Fächern zumeist fehlt. In Kapitel 7.2. wird dieses Problem auch exemplarisch verdeutlicht. In dieser Lücke versucht die vorliegende Arbeit Ansätze, Konzepte und Modelle bezüglich des fächerübergreifenden Unterrichts zu entwickeln und Überlegungen anzustellen, wie diese Unterrichtsmethode tatsächlich realisiert werden kann.

Insgesamt sind folgende zentrale Fragestellungen von Bedeutung:

1. Welchen Beitrag kann der fächerübergreifende Unterricht im Schulsystem leisten?
2. Wie lässt sich dieser in der Schule didaktisch umsetzen?
3. Welche didaktischen Konzepte können definiert werden?
4. Wie können diese Konzepte auf den überfachlichen Unterricht „Bewegung und Sport“ und „Physik“ praktisch angewendet werden?

5. Welche Praxisbeispiele veranschaulichen die didaktischen Überlegungen?

**3.1.2. Bewegung und Sport und dessen Eignung für den Fächerübergreif**

Eingangs soll der Gegenstandsbereich der Sportwissenschaft und somit indirekt auch des Unterrichtsfaches Bewegung und Sport abgegrenzt werden, um zu erkennen, wo und in wiefern sich Möglichkeiten zum Fächerübergreif ergeben. Dann wird der Fächerübergreif als Möglichkeit dargestellt, den allgemeinbildenden Effekt im Sportunterrichtsfach zu erhöhen.

Welcher Wirklichkeitsausschnitt begrenzt die Sportwissenschaft?

„Die Sportwissenschaft betrachtet diesen Wirklichkeitsausschnitt aus der Perspektive zahlreicher, potentiell aller Einzelwissenschaften. Aus dieser spezifischen Art der Gegenstandsabgrenzung ergibt sich die Struktur der Sportwissenschaft als einer multidisziplinären Sammel-, Kooperations-, im günstigsten und anzustrebenden Fall: Integrationswissenschaft, in welcher die einzelwissenschaftlichen Untersuchungsperspektiven zusammengeführt werden“ (Güldenpfennig, 2007, S. 115)

Da die Sportwissenschaft also interdisziplinär ist und unter anderem die Disziplinen Physiologie, Psychologie, Biomechanik, Bewegungswissenschaft, Medizin, Pädagogik oder Didaktik Einfluss nehmen liegt es auf der Hand, dass sich das Unterrichtsfach Bewegung und Sport für das fächerübergreifende Unterrichten eignet. In Kombination mit Physik bieten sich auf den ersten Blick vor allem die Teilgebiete Biomechanik, Trainingswissenschaft und Bewegungswissenschaft für einen Übergriff an.

Jedoch ist nicht nur das Schulfach Bewegung und Sport ein guter Ausgangspunkt für das Überschreiten der Fachgrenzen, sondern es kann auch gerade dieser Übergriff zu einer neuen Sinnggebung für das Unterrichtsfach werden.

Hummel (2000, S. 12) hält es für „eine Argumentationsfigur ersten Ranges, den Sport als Bildungsmacht, als Bildungsfaktor, als Anlass für Bildung zu erschließen.“ Ein moderner, professioneller und zielgerichteter Bewegungs- und Sportunterricht kann nicht nur dem Ziel nachgehen die Schüler/innen zu bewegen. Auch der Aspekt Gesundheitserziehung rechtfertigt die Sportstunde im Stundenplan noch nicht ausreichend. Der Unterricht muss wie Hummel (2000, S. 13) schreibt, „mehrdimensional bildungstheoretisch begründbar“ sein. Weiters schreibt der Autor von einer Doppelfunktion:

„Erstens eine intrasportive Bildung im Sport und für den Sport und zweitens einen extrasportiven Beitrag zur allgemeinen, übergreifenden Menschenbildung durch den Sport.“ Hummel (2000, S. 13)

Mit dem fächerübergreifenden Unterricht erhält der Schulsport einerseits einen verstärkten allgemeinbildenden Effekt, andererseits kommt dem Fach umgekehrt mehr Bedeutung zu. Gerade die Verbindung von körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit scheint als besonders reizvoll und kann zum Beispiel in Form einer ganzheitlichen Unterrichtsmethode (Kapitel 8.6.) für Abwechslung sorgen im Schulalltag sorgen.

## 4. Methode der Bearbeitung

Danner (1994, S. 31) hält fest, dass das Wort „Hermeneutik“ drei Bedeutungen hat:

- „aussagen“
- „auslegen“ und
- „übersetzen“.

Wird also eine Aussage getätigt, so muss diese von einer anderen Person ausgelegt bzw. gedeutet werden, damit das Ziel des Verstehens erreicht wird. So wird die Hermeneutik auch als die „Kunst der Auslegung“ bezeichnet, wobei damit nicht nur die Auslegung von literarischen Texten gemeint ist, sondern wie das Danner (1994, S. 32) formuliert:

„Verstehen im hermeneutischen Sinn erstreckt sich nicht nur auf Texte. Vielmehr können wir ganz allgemein und vorwegnehmend sagen, daß wir immer dann hermeneutisch vorgehen, wenn wir mit *Menschen* und mit *menschlichen Produkten* im weitesten Sinne umgehen“.

Gegenstände einer hermeneutischen Betrachtung können demnach auch Aussagen, Handlungen, Lieder usw. sein.

Danner (1994, S. 31) schreibt außerdem: „Es ist der Inhalt der *Hermeneutik*, den Verstehensvorgang zu untersuchen und ihn zu strukturieren.“

Vielfältiges Verstehen spielt also eine zentrale Rolle (siehe Abb. 1).

„Elementares Verstehen“ (Danner, 1994, S. 44 f.) meint das Erfassen und Erkennen von grundlegenden Zusammenhängen. Dies ist zum Beispiel in zwischenmenschlichen Interaktionen der Fall, wenn die Äußerungen und Gesten des Gegenübers verstanden werden. „Höheres Verstehen“ schließt auf eine tiefergehende Weise daran an, beispielsweise beim Ergründen von Ursachen der Gestiken oder Mimiken einer anderen Person. Es geht also dabei um ein Begreifen von komplexeren Zusammenhängen.

	<i>psychologisches Verstehen</i>	<i>Sinn-Verstehen</i>
<i>elementares Verstehen</i>	Alltag (Lachen)	Alltag (Geste, Sprache) Wissenschaft (Sprache)
<i>höheres Verstehen</i>	Alltag (Motive eines einzelnen Handelnden)	Alltag (Gebrauchsanleitung) Wissenschaft (Texte, historische Gegebenheiten)

**Abb. 1: Verstehen in der Hermeneutik (Danner, 1994, S. 46)**

Verstehen in der Wissenschaft und damit die hermeneutische Bearbeitung einer Diplomarbeit wird grundsätzlich über das „Sinn-Verstehen“ und das „höhere Verstehen“ realisiert.

Charakteristisch für eine hermeneutische Vorgehensweise im Allgemeinen und für das „höhere Verstehen“ im Speziellen ist der „hermeneutische Zirkel“ (Danner, 1994, S. 56 f.). Dabei geht man von einem Vorverständnis aus, mit dem sich eine Person zum Beispiel einem Text nähert. Durch das Lesen erweitert die Person ihren Horizont und adaptiert ihre Vorannahmen. Von diesem neuen Bezugspunkt wird nun der Text wieder betrachtet und so kann das Verständnis über einen Sachverhalt laufend korrigiert und angepasst werden. Klar ist, dass stets eine „hermeneutische Differenz“ (Danner, 1994, S. 58 f.) zwischen dem vom Autor Gemeinten und dem vom Leser Interpretierten und Verstandenen liegt. Durch das Verstehen und durch den hermeneutischen Zirkel kommt es zu einer Verkleinerung der Differenz.

Theoretisches Verstehen ist auch höchst relevant für die Praxis und muss in dieser berücksichtigt werden, wie Güldenpfennig (2007, S. 8) in Bezug auf die Sportwissenschaft beschreibt:

„Wissenschaftliche Erkenntnis hat die Aufgabe, maßgeblich am sinngerechten Verstehen dieses Kulturfeldes mitzuwirken, ihr eigenes Forschungshandeln wird zudem durch die Orientierung an dessen Sinn Grenzen gesteuert. Die praktische Verantwortung wiederum ist auf solche Orientierung angewiesen, wenn sie sinngerecht handeln können soll (...)“.

Abschließend soll noch die Frage geklärt werden, wie Verstehen überhaupt möglich ist. Danner (1994, S. 47 f.) zitiert dabei den von Dilthey übernommenen Begriff des „objektiven Geistes“. Dieser steht für etwas Gemeinsames in unserer Gesellschaft, an dem alle Menschen teilhaben und zu dem jede Person einen eigenen Zugang hat.

Die vorliegende Arbeit wird hermeneutisch bearbeitet, wodurch speziell der erste Teil von zahlreichen Zitaten mit dazugehörigen Interpretationen geprägt ist. Eingangs wird sowohl Literatur aus der Sportdidaktik, als auch aus der allgemeinen Didaktik für die Bearbeitung herangezogen. Dazu ist zu sagen, dass nur wenige Bücher und Zeitschriften den überfachlichen Unterricht aus didaktischer Sicht beleuchten. Öfters sind Definitionen, Auflistungen von Begründen für den fächerübergreifenden Unterricht oder kurze Praxisbeispiele zu finden, die aber zumeist eher dem fächerüberschreitenden Unterricht zugewiesen werden können. Erfahrungen aus dem Schulalltag sind äußerst rar, umso wertvoller ist der Praxisbericht der Leibnizschule aus Hannover für mich. Darin wurde festgehalten wie fächerübergreifender Unterricht tatsächlich durchgeführt werden kann, was in der Schule funktioniert und was die Vorteile bzw. Nachteile einer Methodik sind.

Die Theorie wird im zweiten Teil auf praktische Beispiele angewendet. Dabei dienen die didaktischen Modelle und Konzepte als Grundlage und Anhaltspunkte für die Gestaltung der überfachlichen Projekte. Auch der Praxisteil ist hermeneutisch, jedoch wird in erster Linie Literatur für physikalisch und sportwissenschaftliche Grundlagen verwendet. Bei den einzelnen Unterrichtsbeispielen waren eigene Überlegungen und die eigene Kreativität vorrangig. Weiters sind diese Unterrichtsideen offen gehalten und stellen lediglich einen allgemeinen Leitfaden dar. Es handelt sich nicht um minutiös eingeteilte Planungen oder um exakte Anleitungen. Das liegt zum Einen daran, dass die Beispiele von mir in der Praxis noch nicht erprobt wurden, zum anderen sind diese als Anregungen zu verstehen, welche von der Lehrperson adaptiert und weiterentwickelt werden sollen.

## 5. Gliederung der Arbeit

Die Arbeit ist in zwei Abschnitte gegliedert, wobei im ersten Teil auf die Fragestellungen 1 – 3 eingegangen wird. So ist das Hauptziel eine Beantwortung der Frage, wie fächerübergreifend unterrichtet werden kann. Welche Zielsetzungen sind dabei zu beachten und welche methodisch-didaktischen Wege gibt es?

Es haben sich folgende Schwerpunkte herauskristallisiert:

### *Argumente für einen fächerübergreifenden Unterricht:*

Nach einer kurzen Begriffsbestimmung wird der Begründung für den fächerübergreifenden Unterricht viel Raum gegeben. Zunächst wird dessen Notwendigkeit für das Schulsystem hervorgehoben. Theoretische Überlegungen sollen die Forderung in der AHS-Oberstufe nach einem Unterricht, bei dem die Wissenvermittlung über die Grenzen einer Disziplin hinausgeht, unterstreichen. Unter anderem wird dabei die Wissensverbindung, das problemlösende Denken und die Vermittlung von praxisnahen Lerninhalten hervorgehoben. Auch die persönlichkeits- und allgemeinbildenden Effekte dürfen nicht unterschätzt werden, da in Gruppenarbeiten mit Präsentationen die Selbsttätigkeit, die Eigenverantwortlichkeit und die Kommunikation geschult werden.

Zudem wird ein kurzer Blick auf die hochschuldidaktische Ausbildung gemacht und dabei festgestellt, dass die Universität Wien auf die angesprochene Unterrichtsmethode, die auch im Lehrplan vorgeschrieben wird, kaum eingeht.

Anschließend werden verschiedenen fachdidaktische Konzepte beschrieben und analysiert.

### *1. Konzept: Der mehrperspektivische Unterricht:*

Dieses didaktische Konzept kann zur Anwendung kommen, wenn die Perspektiven auf die Dimensionen von Fächern ausgedehnt werden. Im Zentrum steht ein Inhalt, welcher aus den Blickwinkeln mehrerer Fächer betrachtet wird. Dadurch entstehen wie Duncker (2005, S. 16) schreibt mehrere „Ordnungen“ bzw. mehrere Standpunkte zu einem Problem. Wichtige Prinzipien sind das „Zeigen“ (Duncker, 2005, S. 15) der Lehrkraft und das „Fragen-stellen“ der Lernenden. So entsteht ein größerer Kontext und ein Thema wird von den Schüler/innen im optimalen Fall als vielschichtig wahrgenommen und führt in weiterer Folge zu einer differenzierten Weltanschauung.

*2. Konzept: Das reflexive, problemorientierte Konzept:*

Im Mittelpunkt steht eine Problemstellung, woraus sich Unterthemen für Arbeitsgruppen ergeben, die selbstständig von den Schüler/innen bearbeitet werden. Ergebnisse werden präsentiert und ein Produkt erzeugt. Von großer Bedeutung ist die anschließende Diskussion darüber, welche Rolle jedes Fach für den Erkenntnisgewinn gespielt hat, wodurch die Arbeitsweisen der Fächer aufgezeigt und Unterschiede herausgestrichen werden. Somit ist das Konzept laut Rabenstein (2003, S. 51f.) einerseits „konvergent“, da mehrere Fächer synergetisch zu einem Ergebnis führen, andererseits „divergent“, weil die unterschiedlichen Herangehensweisen aufgezeigt werden.

*3. Konzept: Das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept:*

Bei diesem in Anlehnung an Moegling (1998) formulierten Konzept ist ein ausgewogenes Verhältnis von Theorie und Praxis von besonderer Bedeutung. Handlungsorientiertes Lernen ist dabei die Voraussetzung für eine ganzheitliche Herangehensweise an eine Problemstellung. Auch dieser Autor beschreibt die Projektmethode inklusive Gruppenarbeit als den optimalen Rahmen für das Überfachliche. Der allgemeinbildende Effekt soll mit „kognitiv ausgerichteten Handlungsprodukten“ und mit „praktischen Handlungsprodukten“ (Moegling, 1998, S. 186) erreicht werden

*3. Der Erfahrungsbericht der Leibnizschule Hannover*

Von der Leibnizschule wurden mehrere Modelle erprobt und im Erfahrungsbericht bewertet und analysiert. Als geeignet wird folgende Vorgehensweise beschrieben: In der Planung muss zunächst ein mit dem Lehrplan kompatibler Inhalt gefunden werden, welcher zu einer Fächerkombination und schließlich zu einem konkreten Thema führt. Das fächerübergreifende Projekt umfasst eine Zeitspanne von 4 – 6 Wochen, in der jedes beteiligte Fach eine Stunde im Stundenplan abgibt, wobei das Projekt selber im Blockunterricht stattfindet.

Die Leibnizschule hat viel Zeit in die Evaluation der Projekte investiert. Auch die Lehrer/innen wurden intensiv befragt, beispielsweise wurden der Mehraufwand und die fehlende Selbstständigkeit der Schüler/innen beklagt. Positive und negative Aspekte bzw. Schlussfolgerungen fließen in die Arbeit ein und diese bieten eine Hilfestellung bei der Durchführung von Projekten.

Der zweite Teil der Diplomarbeit wird praxisorientiert gestaltet indem Unterrichtsbeispiele angeführt werden, welche den Sportunterricht mit Physik verbinden. Dabei geht es um mögliche Anregungen und gezielte Vorschläge für den fächerübergreifenden Unterricht "Bewegung und Sport" und "Physik". Es handelt sich um sportliche Übungen mit deren Hilfe physikalische Wissensvermittlung, primär aus dem Teilbereich der Mechanik, stattfindet. In diesem Zusammenhang werden Bezüge zum Lehrplan, Lernziele, physikalische Grundlagen und deren Bezug zu sportlichen Handlungen, sowie Möglichkeiten der didaktischen Umsetzung beschrieben. Folgende Beispiele werden thematisiert:

- ⇒ *Physik des Bergsteigens* (Kapitel 12, S. 78 f.)
- ⇒ *Physik des Laufens* (Kapitel 13, S. 86 f.)
- ⇒ *Splashdiving* (Kapitel 14, S. 94 f.)
- ⇒ *Physik des Wintersports* (Kapitel 15, S. 101 f.)
- ⇒ *Physik des Krafttrainings* (Kapitel 16, S. 117 f.)

## **6. Definitionen und Standortbestimmung vom fächerübergreifenden Unterricht**

Da sich eine unüberschaubare Menge an Begriffen und Definitionen in der Literatur finden lässt, wird deren Bestimmung so kurz wie möglich und so lang wie nötig gehalten. Weiters geht es um eine grobe Einteilung, die keineswegs den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Die Differenzierung erfolgt so weit, wie es für das Verständnis der Arbeit notwendig ist. Im Verlauf der Arbeit werden zur allgemeinen Betrachtung der Thematik die Begriffe „fächerübergreifend“ oder „überfachlich“ verwendet.

Die Definitionen erfolgen primär in Anlehnung an die Autor/innen Stadler (1999), Labudde (2003), Rabenstein (2003) und Moegling (1998). Zudem dienen Beispiele zur Veranschaulichung und es wird kurz auf Vor- und Nachteile der jeweiligen Unterrichtsarten hingewiesen.

### **6.1. Begriffsbestimmung**

„Die explosionsartige Entwicklung des Wissens verändert die Landschaft wissenschaftlichen Wissens; immer neue, kleinere Spezialgebiete entstehen [...]. Fächerübergreifender Unterricht ist knapp formuliert der Versuch, Strukturen und Prinzipien des Lehrens zu entwickeln, die produktiv auf diese Entwicklungen antworten“. (Rabenstein, 2003, S 226)

Um einen ersten Überblick zu geben werden folgende Begriffe unterschieden und erläutert:

- Fachüberschreitender Unterricht
- Fächerverbindender oder Fächerverknüpfender Unterricht
- Fächerkoordinierender oder Themenzentrierter Unterricht
- Fächerübergreifender Unterricht
- Fächerergänzender (Projekt-) Unterricht
- Fächeraussetzender Unterricht

#### **6.1.1. Fachüberschreitender Unterricht**

Wie Stadler (1999) vermerkt, unterrichtet die Lehrperson ein Thema und bezieht dabei Aspekte von einem Nachbargesamt bzw. von einem Nachbarfach mit ein. Gewissermaßen geht es hierbei also um den berühmten Blick über den Tellerrand, ohne den Teller dabei zu verlassen. Ein Inhalt wird vor dem Hintergrund einer allgemeineren Perspektive betrachtet. Auch Labudde (2003) spricht davon, dass Fachgrenzen überschritten werden.

Beispielsweise nimmt ein/e Professor/in im Sportunterricht auf ein physikalische Phänomen Bezug, das bei der Bewegungsausführung eine entscheidende Rolle spielt.

Vorteile: Die Organisation ist einfach und es ist weder eine zeitliche oder räumliche Auflösung des Klassenverbandes, noch eine Abstimmung mit anderen Lehrenden notwendig.

Nachteil: Der Unterricht bezieht nur punktuell andere Gebiete mit ein.

### **6.1.2. Fächerverbindender oder Fächerverknüpfender Unterricht**

Labudde (2003, S.53) vermerkt diesbezüglich, „dass die Fachinhalte an einer oder mehreren Stellen verknotet bzw. verknüpft sind.“

Im allgemeinen Lehrplan der AHS wird folgendermaßen Bezug genommen:

„Im fächerverbindenden Unterricht haben Lehrerinnen und Lehrer im Rahmen ihres Fachunterrichts mögliche, die Fächergrenzen überschreitende Sinnzusammenhänge herzustellen. Die Organisation des nach Fächern getrennten Unterrichts bleibt hier bestehen.“ (BMUKK, 2008)

Stadler (1999, S. 17f) beschreibt, dass ein Themengebiet von mehreren Fächern durchgenommen wird. So erhalten die Schüler/innen mehrere Sichtweisen auf ein Thema.

Zudem spricht der Autor von zwei Möglichkeiten:

1. Ein Fach leistet die Vorarbeit für ein tieferes Eindringen in die Materie. So könnte beispielsweise im Fach Mathematik das Differenzieren erlernt werden, um als Endziel in Physik die praktische Anwendung der Geschwindigkeitsberechnung zu erreichen. In diesem Fall übernimmt die Mathematik wie Stadler (S. 18) schreibt, die „Zubringerrolle“.
2. Beide Unterrichtsfächer versuchen einen Beitrag zur Erreichung des Ziels zu leisten.

Vorteile: Erneut sind keine Änderungen im Stundenplan oder in den Klassenzusammensetzungen erforderlich. Der fächerverbindende Unterricht impliziert eine stärkere Interaktion zwischen den Disziplinen und in der Folge eine tiefer gehende Vernetzung von Themengebieten.

Nachteil: Ein größerer Zeitaufwand bei Planung und Abstimmung ist zu bewältigen.

### **6.1.3. Fächerkoordinierender oder Themenzentrierter Unterricht**

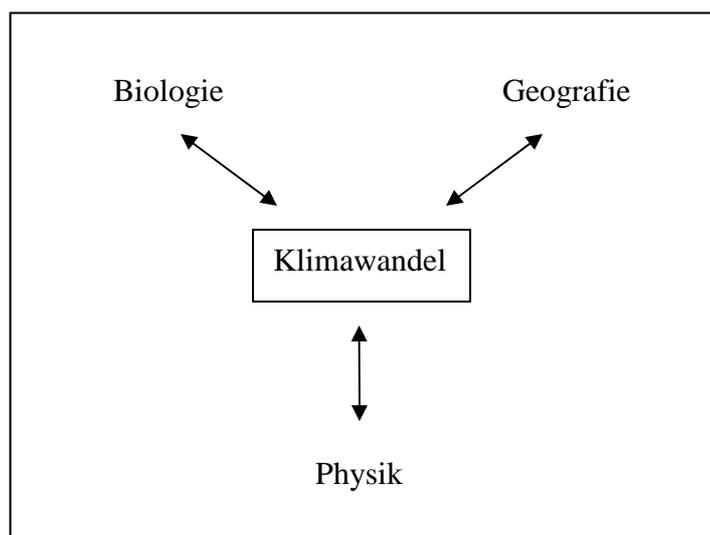
Zwei oder mehrere Fächer beziehen sich auf ein Themengebiet, das jedem Fach zugeordnet werden kann. Dabei soll ein Oberthema sowohl aus den Blickwinkeln der beteiligten

Fächer betrachtet, „als auch konsequenterweise problemorientiert angegangen werden.“ (Stadler, 1999 ,S. 18)

Labudde (2003, S. 53) bevorzugt den Begriff „Themen zentriert“:

„Themen zentriert‘ betont die Arbeit an einem Thema. Ich gehe dabei davon aus, dass beim Themen zentrierten Arbeiten fast immer Bezüge zu mehreren Fächern auftauchen.“

Als Beispiel sei hier der Klimawandel genannt. Physik, Biologie und Geografie grenzen an dieses Thema an. Zunächst könnte die Physik die Gesetzmäßigkeiten des Treibhauseffekts analysieren, die Biologie die Auswirkungen auf das Ökosystem und die Geografie die Folgen für die Erde und deren Bevölkerung erläutern. Anschließend wird das Problem an Projekttagen vielschichtig behandelt und Zusammenhänge thematisiert. Was hat die Erderwärmung mit den Flüchtlingsströmungen in Asien zu tun? Welche negativen Einflussfaktoren auf die heimische Wirtschaft ergeben sich aus der überdimensional starken Erwärmung im Alpenraum? ...



**Abb. 2: Fächerkoordinierender Unterricht am Beispiel „Klimawandel“**

Vorteile: Eine gute und transparente Vernetzung zwischen den einzelnen Fächern ist möglich. Das Thema wird intensiv und von mehreren Seiten bearbeitet.

Nachteile: Bei der Planung entsteht ein großer Aufwand, weil die Inhalte aufeinander abgestimmt werden müssen. Die Durchführung mit mehreren Lehrkräften setzt Kooperationsfähigkeit voraus. Da auch phasenweise im Team unterrichtet wird, muss möglicherweise der Stundenplan geändert werden.

#### **6.1.4. Fächerübergreifender Unterricht**

Das Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur vermerkt folgende Definition im allgemeinen Lehrplan der AHS:

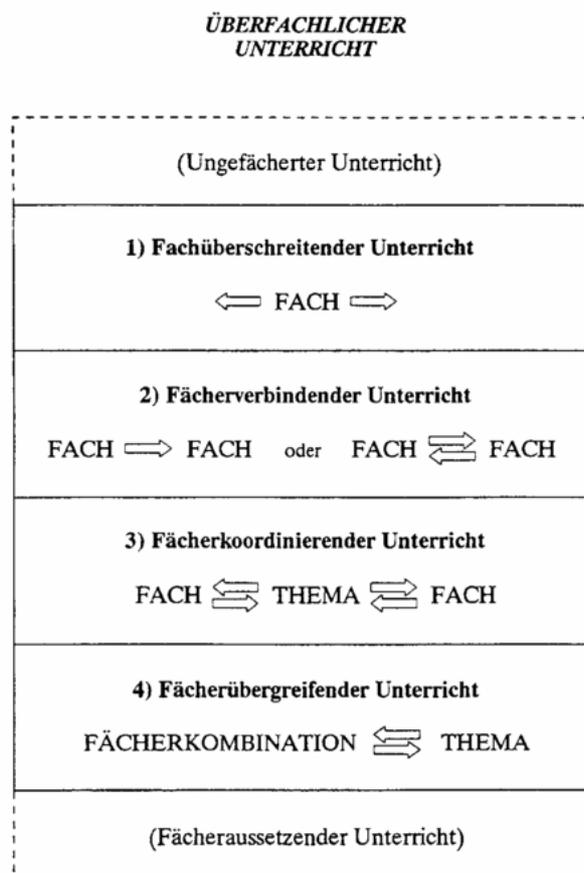
„Bei fächerübergreifender Unterrichtsgestaltung steht ein komplexes, meist lebens- oder gesellschaftsrelevantes Thema oder Vorhaben im Mittelpunkt. Die einzelnen Unterrichtsgegenstände haben im integrativen Zusammenwirken – zB im Sinne des Projektunterrichts – ihren themenspezifischen Beitrag zu leisten. Dies bedingt eine aufgabenbezogene besondere Organisation des Fachunterrichts und des Stundenplans. Die Organisation kann über längere Zeiträume sowie klassen- und schulstufenübergreifend erfolgen.“ (BMUKK, 2008)

Laut Stadler (1999, S. 18) handelt es sich um einen Unterricht, „für den Themen- und Problemorientierung ohne Fachgrenzen die zentralen Prinzipien sind.“ Somit grenzt es sich klar vom fachüberschreitenden Unterricht ab, da nicht nur auf ein anderes Gebiet Bezug genommen wird, sondern ein Inhalt aus zwei „gleichberechtigten“ Fächern bearbeitet wird. Dieser Inhalt kann nicht nur in dem einen oder nur im anderen Fach unterrichtet werden. Es entsteht in der Kombination vielmehr eine Art neues Fach, mit dessen Hilfe der Inhalt am besten vermittelt werden kann. Das bedeutet, dass eine Lehrkraft nicht nur ein fachliches, sondern auch ein überfachliches Wissen besitzen muss.

Als Beispiel soll hier ein fächerübergreifender Unterricht Sport und Physik dienen. Von der Lehrperson werden Übungen für den Sportunterricht ausgesucht, mit deren Hilfe physikalische Wissensvermittlung stattfindet. Die Physik hat dabei nicht nur eine beschreibende Funktion und auch der Sport fungiert keineswegs als Datenlieferant für physikalische Analysen. Auch Stadler (1999) schreibt, dass beim fächerübergreifenden Unterricht die Fächer nicht additiv, sondern integrativ kombiniert werden. Zur besseren Abgrenzung vermerkt der Autor (S. 8) weiter:

„Als fächerverbindend wird dabei ein getrennt erteilter Unterricht definiert, bei dem aber die Sinnzusammenhänge der einzelnen Lerninhalte mehr als bisher aufzuzeigen wären, während fächerübergreifendes Lehren themenorientiert auszurichten und zugleich in einem höheren Maß integrierend zu gestalten wäre.“

In der folgenden Abbildung werden nochmals die eben definierten Unterrichtsarten im Hinblick auf die beteiligten Fächer und Themen dargestellt. Stadler (1999, S. 16) spricht dabei von einem „Kontinuum“, an dessen Enden sich die jeweiligen Exterme „Ungefächert“ und „Fächeraussetzender Unterricht“ befinden.



**Abb. 3: Begriffsbestimmung (Stadler, 1999, S. 17)**

Moegling (1998, S. 58) beschreibt in Anlehnung an Huber (1995) zwei weitere Typen:

### **6.1.5. Fächerergänzender oder fächerübergreifender Projektunterricht**

Die Definition hat einen starken Bezug zum „fächerübergreifenden Unterricht“.

Der Unterricht im herkömmlichen Sinn (Fachunterricht) wird phasenweise aufgelöst und an dessen Stelle treten Projekte. Thematisch tritt das Projekt ergänzend auf; wiederholt, erweitert und vertieft bestehende Inhalte. Abgesehen davon ist die Arbeit in Gruppen charakteristisch für diesen Typ.

Rabenstein (2003, S. 228) bezeichnet „jene Unterrichtsform fächerübergreifenden Projektunterricht, in der Elemente des reflexiven Ansatzes fächerübergreifenden Unterrichtens und des problemorientierten Ansatzes im Sinne des Projektunterrichts zusammengeführt werden“. Was das bedeutet wird in Kapitel 5.1 erläutert.

Vorteile: Eine intensive Behandlung und Bearbeitung eines Themas im Rahmen eines Projekts gibt Schüler/innen eine positive Abwechslung zum „normalen“ Schulalltag. Je nach Leistung und Interesse können die Gruppen individuellen Lernwegen und Lerntempi nachgehen.

Nachteil: Der Stundepplan muss aufgehoben werden, was in organisatorischen Problemen resultieren kann.

#### **6.1.6. Fächeraussetzender Unterricht**

Dieser ist dem fächerergänzenden Unterricht sehr ähnlich, nur wird der Fachunterricht über einen längeren, festgelegten Zeitraum ausgesetzt. So können beispielsweise Projektwochen oder außerschulische Veranstaltungen durchgeführt werden, um neue Lernmöglichkeiten zu erschließen.

Vorteil: „Der fächeraussetzende Unterricht ist zeitlich und arbeitsmäßig nicht durch parallel stattfindenden Fachunterricht belastet.“ schreibt Moegling (1998, S. 58).

Nachteil: Ein hoher organisatorischer Aufwand muss in Angriff genommen werden.

## **7. Argumente für einen fächerübergreifenden Unterricht**

In diesem Kapitel geht es um ein Hervorheben der Bedeutung von einem über die Fachgrenzen hinausgehenden Unterricht.

Eingangs soll ein Blick auf den allgemeinen und den fachspezifischen österreichischen Lehrplan bei der Einschätzung helfen, wie die momentane Einstellung zum fächerübergreifenden Unterricht ist und ob anhand der darin befindlichen Textzeilen eine Durchführung gefordert wird.

Dann wird ein Blick auf die hochschuldidaktische Ausbildung im Rahmen eines Lehramtstudiums gemacht um zu erkennen, ob diese Ausbildung in Österreich die Bereitschaft für diesen Unterricht fördert oder ob damit bereits bestehende starre Strukturen weiter gefestigt werden. Schlussendlich werden Gründe und Argumente aufgelistet, warum das überfachliche Lehren einen wertvollen Beitrag zur Schulbildung leisten kann.

### **7.1. Fächerübergreifenden Unterricht als Thema für die Schule- Ein Blick auf den Lehrplan für die AHS Oberstufe**

Sowohl im Allgemeinen, als auch in den fachbezogenen Lehrplänen finden sich Richtlinien, die einen überfachlichen Unterricht vorsehen. Im Folgenden sollen Auszüge daraus einen Einblick geben. Dabei wird zuerst aus dem allgemeinen Lehrplan, anschließend aus den Lehrplänen für die Unterrichtsfächer Bewegung und Sport und Physik zitiert. Als Quelle dient stets die Homepage des zuständigen Ministeriums ([www.bmukk.gv.at](http://www.bmukk.gv.at)).

„Bildung ist mehr als die Summe des Wissens, das in den einzelnen Unterrichtsgegenständen erworben werden kann.“ (BMUKK, 2008) ist im allgemeinen Lehrplan der AHS vermerkt. Deswegen werden 5 Bildungsbereiche definiert, die „eine Grundlage für die fächerverbindende und fächerübergreifende Zusammenarbeit“ darstellen sollen. Diese lauten unter anderem „Sprache und Kommunikation“, „Natur und Technik“ oder „Gesundheit und Bewegung“.

In Anlehnung daran betont Stadler (1999), dass die Definition von Bildungsbereichen eine erste Tendenz weg vom rein fachspezifischen Unterricht im Lehrplan war. Es ist also auf politischer Ebene ein Trend zu erkennen, der mehr fächerübergreifende Elemente in den Unterricht integrieren soll.

Die Bedeutung der Thematik wird auch im Lehrplan der AHS beim Punkt „Unterrichtsplannung“ ersichtlich, wo „fächerverbindende und fächerübergreifende Maßnahmen“ eine gewichtige Rolle spielen.

Es bestätigt weiters der Lehrplan für die Physik Oberstufe unter dem Titel „Bildungs- und Lehraufgabe“, dass „sowohl fachspezifische als auch fächerübergreifende Aspekte“ (BMUKK, 2008) bei der Erreichung von Unterrichtszielen einen Beitrag leisten sollen.

Und auch der Lehrplan für das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ ab der 9. Schulstufe geht auf die Thematik ein, indem auf die Bildungsbereiche Bezug genommen wird. Beispielsweise wird unter dem Bereich „Natur und Technik“ folgendes vermerkt:

„Unterschiedlichste Körper- und Bewegungserfahrungen können die Grundlagen von biologischen und physikalischen Bedingungen auch in verschiedenen Elementen (Wasser, Luft) deutlich machen.“ (BMUKK, 2008)

Im dritten Teil des österreichischen Lehrplans der AHS wird unter „Schul- und Unterrichtsplanung“ bestätigt, dass ein überfachlicher Unterricht unabkömmlich ist:

„Die Tradition des Fachunterrichts trägt der Notwendigkeit zu systematischer Spezialisierung Rechnung. Gleichzeitig sind der Schule aber Aufgaben gestellt, die sich nicht einem einzigen Unterrichtsgegenstand zuordnen lassen, sondern nur im Zusammenwirken mehrerer Unterrichtsgegenstände zu bewältigen sind. Dieses Zusammenwirken erfolgt durch fächerverbindenden und fächerübergreifenden Unterricht.“ (BMUKK, 2008)

Abgesehen davon wird in einer Verordnung des „Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur“ im 1. Teil unter „Leitvorstellungen“ klar vorgeschrieben:

„Im Sinne der gemeinsamen Bildungswirkung aller Unterrichtsgegenstände hat der Unterricht die fachspezifischen Aspekte der einzelnen Unterrichtsgegenstände und damit vernetzt fächerübergreifende und fächerverbindende Aspekte zu berücksichtigen. Dies entspricht der Vernetzung und gegenseitigen Ergänzung der einzelnen Disziplinen und soll den Schülerinnen und Schülern bei der Bewältigung von Herausforderungen des täglichen Lebens helfen.“ (BMUKK, 2008)

Somit wird eindeutig festgehalten, dass überfachlicher Unterricht nicht nur erwünscht, sondern im Sinne der Allgemeinbildung notwendig ist.

Als kritische Frage sei hinzugefügt, ob sich fächerübergreifender Unterricht „von oben“ per Gesetz vorschreiben lässt. Kann ohne institutionelle und strukturelle Veränderungen

durch die bloße Verordnung eine Berufsgruppe zu einer Erweiterung ihres Tätigkeitsbereichs angeregt werden?

Lorenz, Rödiger, Spickenbom, Stupperich und Thunich (2000, S. 16) merken jedenfalls an:

„Da der Fachunterricht die Organisationsstruktur der Schule bestimmt, muß der fächerübergreifende Unterricht eine unterrichtsorganisatorische Basis finden, die ihm eine ebenso große Stetigkeit und Regelmäßigkeit garantiert wie dem Fachunterricht.“

Abgesehen davon stellt sich die Frage: Welches Rüstzeug erhalten Lehrpersonen für die Durchführung? Klar scheint, dass zuerst eine Didaktik und Methodik entworfen werden muss, die nach Möglichkeit einen engen Kontakt zur Praxis hat. In der Ausbildung ist zu fordern, dass neben der Allgemeinen Didaktik und der Fachdidaktik auch eine fächerübergreifende Didaktik vermittelt wird. Andernfalls entsteht das Dilemma, dass von Lehrkräften das Betreten eines neuen didaktischen Bereichs gefordert wird, ohne ihnen vorher die entsprechende Qualifikation dafür mitgegeben zu haben. Deswegen wird im nächsten Abschnitt auf die Hochschule Bezug genommen

## **7.2. Fächerübergreifender Unterricht: Ein Thema in der Ausbildung?**

„Voraussetzung für das Erkennen thematischer Verknüpfungsmöglichkeiten und eine praktische Umsetzung ist aber ein entsprechendes curriculares Wissen der Lehrkräfte womit vor allem auch eine Aufgabe der Lehrer(aus)bildung angesprochen ist.“ (Stadler, 1999, S. 10)

Ich möchte nun der Fragestellung nachgehen, ob es eine Art „überfachliche Didaktik“ als Teil der Ausbildung im Lehramtstudium gibt.

Kleiner (2007; S. 31) schreibt in Bezug auf die hochschuldidaktische Ausbildung:

„Die didaktischen Fragestellungen und Probleme (...) sind nicht ausschließlich fachimmanent, sondern nur unter Einbeziehung fachübergreifender Perspektiven (z.B. Theorieanteilen) zu diskutieren. Die Allgemeine Didaktik, die Fachdidaktik(en) und auch die Fachwissenschaften sind eingebunden in einen gesamtgesellschaftlichen Kontext, der von keiner der drei Disziplinen ausgeblendet werden kann.“

Wie Kleiner (2007) zudem notiert entfallen im Lehramtstudium „Bewegung und Sport“ an der Universität Wien rund ein Fünftel der Semesterstunden auf die pädagogisch- fachdidaktische Ausbildung (siehe Abb. 4).

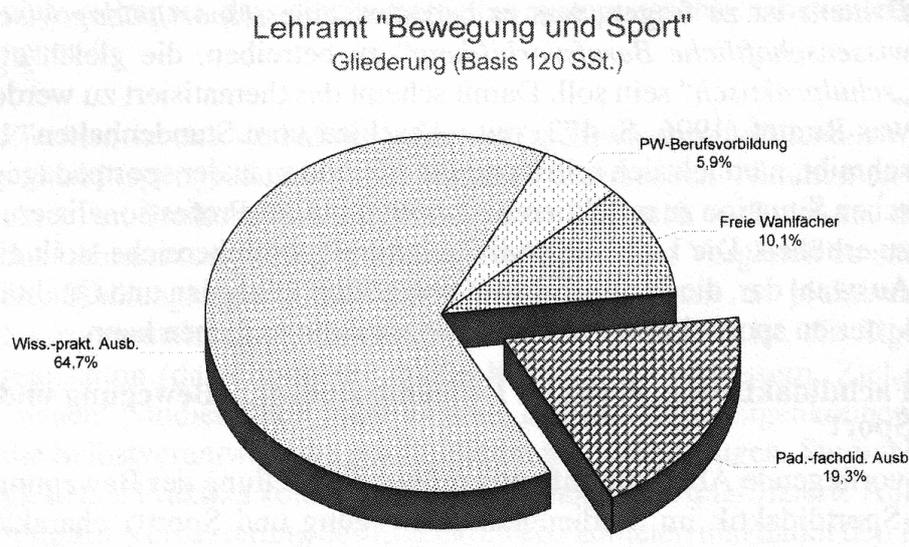


Abb. 4: Pädagogisch fachdidaktischen Ausbildung an der Universität Wien (Kleiner, 2007, S. 24)

Was dieses Unterrichtsfach betrifft zeigt sich an anderen Universitäten in Österreich ein ähnliches Bild.

Bezeichnung der Inhalte	Universitätsstandorte				
	Wien	Salzburg	Innsbruck	Graz	
Studienabschnitte	2	2	2	2	
Anzahl der Semester je Abschnitt	4+5	4+5	4+5	4+5	
<b>Semesterstunden je fachspezifischer Ausbildung</b>	<b>101</b>	<b>95</b>	<b>89</b>	<b>101</b>	
Fachdidaktische Ausbildung	24	20	19	23	
Fachwissenschaftliche und sportpraktische Ausbildung	77	75	70	78	
<b>Semesterstunden je Studienabschnitt (StA)</b>					
Pflichtfächer (je Studienabschnitt)	1.StA	57	55	47	60
	2.StA	39	40	38	35
Wahlpflichtfächer (je Studienabschnitt)	1.StA	2	----	----	----
	2.StA	3	----	4	6
<b>Summe der Semesterstunden (fachspezifisch)</b>	<b>101</b>	<b>95</b>	<b>89</b>	<b>101</b>	
Pädagogisch-wissenschaftliche Berufsvorbildung	7	7	8	7	
Schulpraktische Ausbildung	im Umfang von vier Wochen				
Freie Wahlfächer	12	11	11	12	
<b>Gesamtsemesterstunden</b>	<b>120</b>	<b>113</b>	<b>108</b>	<b>120</b>	

Abb. 5: Gliederung des Lehramtstudiums; Vergleich der fachdidaktischen Ausbildungen an den Universitäten in Österreich (Kleiner, 2007, S. 515)

Verglichen wurden die Universitäten in Wien, Salzburg, Innsbruck und Graz, wobei die Anzahl der Semesterstunden für die fachdidaktische Ausbildung zwischen 19 und 24 Stunden variiert. Allerdings finden sich keine Anzeichen für eine übergreifende Didaktik zwischen den Fächern. Das spiegelt sich auch in den Lehrveranstaltungstiteln wider. So finden sich im Vorlesungsverzeichnis der Universität Wien (zurecht) Übungen wie „Bewegung-

und Sportdidaktik“ oder „Fachdidaktik der Sport- und Projektwoche“ (www.univie.ac.at). Auf den fächerübergreifenden Unterricht und wie dieser didaktisch umzusetzen ist wird dabei aber nicht eingegangen. Das ist durchaus überraschend, da auf politischer und vor allem auf wissenschaftlicher Ebene die verstärkte Zusammenarbeit der Fächer vehement gefordert wird.

Wie kann die Schule auf diese Forderungen eingehen? Einerseits lernen die Studierenden in der fachbezogenen Ausbildung in erster Linie die Vermittlung des Faches ohne den Blick auf Nachbardisziplinen zu werfen. Andererseits unterrichtet die Lehrperson anschließend an einer Schule, dessen gesamter Stundenplan in der Regel in einzelne Fachdisziplinen unterteilt ist. Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass die Motivation der Lehrerinnen und Lehrer für einen fächerübergreifenden Unterricht überschaubare Dimensionen behält.

Deswegen hält Kleiner (2007, S. 32) folgendes fest:

„Lehrer(innen)ausbildung ist heute weitgehend orientiert an Inhalten und Methoden der den Unterrichtsfächern zugeordneten Fachwissenschaften. Lehrerinnen und Lehrer verstehen sich primär als Lehrer/innen des Faches („Fachlehrer/innen“). Der Diskurs über das „Unterrichten“ zwischen den Disziplinen wird nicht hinreichend geführt.“

Es ist demnach sehr wichtig bei der universitären Ausbildung anzufangen, wenn mehr überfachliches Unterrichten stattfinden soll. Klafki (2002, S. 157) fordert eine verstärkt Auseinandersetzung der Student/innen mit interdisziplinären und fachübergreifenden Fragestellungen an den Universitäten. Moegling (1998) ruft diesbezüglich ins Gedächtnis, dass Methoden und Didaktik eine Art Vorbildwirkung für Student/innen und zukünftige Lehrer/innen haben. Deswegen fragt der Autor (S. 208):

„Wo bleiben in der Hochschuldidaktik hier die oftmals von den HochschullehrerInnen in Publikationen vertretenen Ansprüche auf Ganzheitlichkeit, Projektorientierung, fächerübergreifendes Lehren und Lernen mit allen Sinnen? Wie sollen zukünftige LehrerInnen zu einer neuen Form des Unterrichts finden, wenn ihre professionelle Deformation nicht nur in ihrer eigenen Schulzeit gründet, sondern auch im Rahmen ihres eigenen Lehramtstudiums betrieben worden ist?“

Die Universitäten sind gefordert das Vorzuleben und auf das Vorzubereiten, was in der Schule von den Pädagogen/innen erwartet wird. So entsteht auch für Duncker et al. (2005, S. 7) „ein immenser Gewinn, wenn für die Studierenden das oft nur als additiv wahrge-

nommene Nebeneinander fachlicher und didaktischer Anliegen überschritten werden kann.“

Resümierend kann gesagt werden, dass es zum Einen Ziel ist, den Bereich des fächerübergreifenden Unterrichts in die Ausbildung einfließen zu lassen, zum anderen muss sich das System Schule ändern, damit überfachliches Unterrichten produktiv ist und längerfristig möglich wird.

### **7.3. Warum wird fächerübergreifender Unterricht in der Schule gefordert?**

Lorenz et al. (2000, S. 13) bringt es auf den Punkt indem er schreibt: „was liegt näher, als Dinge zusammenzuführen, die Zusammengehören.“ In diesem Sinne werden anschließend Argumente für das überfachliche Unterrichten angeführt.

#### **7.3.1. Wissen neu ordnen und strukturieren**

Als erstes Argument sei hier das simple Faktum erwähnt, dass es die heutige Zeit mit der Wissensvielfalt erfordert, neue Ordnungsmuster in Wissenschaft und Gesellschaft zu bringen und damit verbunden neue Unterrichtsansätze zu entwickeln. Auf komplexe Problemstellungen kann nicht mehr nur ein Fach eine zufrieden stellende Antwort geben.

So sprechen sowohl Rabenstein (2003), als auch Duncker (1997) das Problem an, dass die Schulfächer nicht mehr dem aktuellen Anforderungsprofil von Wissenschaft und Gesellschaft, sondern einer Fachstruktur der Vergangenheit entsprechen. Somit ist das Schulsystem mit der derzeitigen Fächerung in Disziplinen nicht mehr aktuell und müsste zumindest teilerneuert werden. Die Einführung des überfachlichen Unterrichts scheint hier zumindest eine passende Antwort zu sein. In der Literatur wird demnach die Forderung nach fächerübergreifendem Unterricht häufig mit der Veränderung von Wissen bzw. von Wissenschaft in Verbindung gebracht. Moegling (1998, S. 11) schließt sich dem an und argumentiert für den fächerübergreifenden Unterricht, indem er von „wachsenden Ansprüchen nach Überschaubarkeit und Strukturierungsfähigkeit“ spricht.

Das Beispiel „Bionik“ zeigt, dass sich komplexe Probleme nicht mehr von Spezialisten der Fachgebiete lösen lassen.

Die Erkenntnisse dieser noch jungen Wissenschaftsdisziplin könnten weder von einem/r Spezialisten/in der Fächer alleine, noch von je einer Person aus Biologie und Technik gemeinsam geliefert werden. Die Verknüpfungsmöglichkeiten können im rein fachlichen

Denken nicht erkannt und genutzt werden, da mögliche Überschneidungen aufgrund der Unkenntnis in der Nebendisziplin gar nicht sichtbar sind. Erst die Kombination schafft einen fruchtbaren Boden für neues, gesellschaftsrelevantes Wissen, denn gerade im interdisziplinären Denken ergeben sich viele neue Ansätze für Wirtschaft und Forschung. Schule hat die Pflicht auf dieses Denken vorzubereiten und wissenschaftspropädeutische Arbeit zu leisten.

### **7.3.2. Verbindung von Wissen und problemlösendes Denken**

Es ist von großer Bedeutung, dass „fachliche Komponenten nicht nur additiv, sondern synthetisch zusammengeführt werden“ (Rommel, 2001, S. 359). Für die Praxis bedeutet dies beispielsweise nicht nur sportliche und physikalische Inhalte gemeinsam zu vermitteln, sondern auch auf ihre Interaktion einzugehen. Wie beeinflusst Sport die Physik? Welche Vorteile für den Sport ergeben sich aus den physikalischen Erkenntnissen? Im Vordergrund steht demnach eine Vernetzung von Disziplinen.

In weiterer Folge spricht Rommel (2001, S. 357) an, dass das im Fachunterricht vermittelte Wissen zwar in „isolierten Einzelteilen“ vorhanden ist, aber nicht mehr zu einer Einheit verschmelzen kann. Der Autor verweist darauf, dass der daraus entstandene Begriff „Einheit der Bildung“ schon im Jahr 1930 von Karl Jasper definiert wurde. Zudem beleuchtet Rommel kritisch, dass sich die Fächer in der Schule mehr und mehr spezialisieren, was zu einer inhaltlichen Abschottung gegenüber anderen Fächern geführt hat. Eine moderne Schule, die sich mit den modernen Problemen und aktuellen Themen beschäftigt, soll und muss diesem Trend entgegenwirken.

Lorenz et al. (2000, S. 21) fordert deswegen „eine Form des Denkens (...), die die Probleme aus dem Wirkungszusammenhang unterschiedlicher Einzelbereiche erschließt und versteht.“ Von besonderer Bedeutung sind nicht die einzelnen Inhalte, sondern deren Verbindungen.

„Nur durch die Erkenntnis von Zusammenhängen findet der Lernende einen Weg durch die Wissensfülle, hat er am Ende eine Chance, sich Wissen sinnvoll und nachhaltig anzueignen.“

Dies schafft Motivation und Wissensdurst und führt im Idealfall zu einem lebenslangen Lernen. Außerdem rückt durch die ständige Schulung des problemlösenden Denkens das Verstehen und Anwenden in den Vordergrund und das sinnlose Auswendiglernen kann vermieden werden. Somit verbirgt sich im überfachlichen Unterricht auch die Möglichkeit das Lernen zu lernen, so Lorenz et al. (2000).

Auch Stadler (1999, S. 10; vgl. Wagenstein, 1965) übt Kritik am reinen Fachunterricht und beschreibt das Problem, dass Schülerinnen und Schüler den Stoff oft nicht wieder erkennen, wenn sie diesem in einem anderen Zusammenhang begegnen.

### **7.3.3. Eigenverantwortung und Selbstständigkeit**

Das Lernen im fächerübergreifenden Unterricht orientiert sich nicht an einer Fächereinteilung, sondern an Problemstellungen. Dieses Problem wird aus der Perspektive mehrerer Fächer betrachtet und Schüler/innen haben die Aufgabe Elemente aus den Disziplinen zur Lösung des Problems heranzuziehen. Dies erfordert und fördert die Eigenständigkeit und das selbstorganisierte Arbeiten der Lernenden.

Rabenstein (2003) spricht an, dass speziell der fächerübergreifende Projektunterricht die Möglichkeit zu Lernerfahrungen in den Bereichen Selbstständigkeit und Verantwortungsbewusstsein eröffnet. Schülerinnen und Schüler beteiligen sich nicht nur bei Planung, Durchführung und Auswertung, sondern sie haben auch das Recht Entscheidungen zu fällen und den Unterricht aktiv mit zu gestalten. Die Aufgabenstellung muss entsprechend gewählt werden, sodass dies möglich ist.

### **7.3.4. Kommunikation**

Da für die Bearbeitung moderner wissenschaftlicher Problemstellungen meist Spezialisten aus mehreren Fachgebieten herangezogen werden müssen, kommt der Kommunikation eine tragende Rolle zu. Gute Ergebnisse setzen eine gute Arbeit und diese setzt wiederum eine gute Gesprächsbasis voraus. Deswegen müssen Schüler/innen als mögliche fachliche Spezialisten/innen der Zukunft darauf vorbereitet werden.

Rabenstein (2003, S. 48) erwähnt als Unterrichtsbeispiel ein Oberstufen-Kolleg in Bielefeld. Schüler/innen vertiefen sich in unterschiedliche Stoffbereiche und werden so zu Experten/innen auf diesem Fachgebiet. Anschließend bilden sich neue Gruppen, wobei je Gruppe nur ein Experte/in aus einem Fachgebiet vorhanden ist. Das heißt in jeder Gruppe befinden sich mehrere Fachleute, die sich jeweils unterschiedlich spezialisiert haben. Auf diese Art und Weise kann sich die überfachliche Kommunikation verbessern. Zudem werden die Grenzen der eigenen Perspektive aufgezeigt und erfahren.

Es geht jedoch nicht nur um die Bearbeitung von Problemen, sondern auch darum diese für den Laien verständlich zu machen. Tenorth (1994, S. 95) erwähnt das „gesellschaftliche Problem der Trennung von Laien und Experten, samt den Folgen, die das für die Bildung des Laien als Experten für das Allgemeine hat.“ Da Laie und Experte/in zu einem Thema

üblicherweise einen unterschiedlichen Sprachgebrauch nachgehen, muss der Kommunikation eine verstärkte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Bedeutung des Informationsflusses zwischen Experten/innen und Laien zeigte beispielsweise die Volksabstimmung über das Atomkraftwerk „Zwentendorf“ in Österreich im Jahr 1978.

### **7.3.5. Ergänzung zum Fachunterricht**

Der Fachunterricht hat Vor- und Nachteile. Zunächst unterstreicht ein Blick auf die Nachteile vom ausschließlichen Fachunterricht die Notwendigkeit einer Veränderung im Schulsystem. Moegling (1998, S.31; zit.n. Memmert, 1997, S.14f) beschreibt 5 Nachteile, die ein Fachunterricht mit sich bringt:

1. „Isoliertes Wissen“
2. „Schubladendenken“
3. „Kopflastigkeit“
4. „Zersplitterung“ und
5. „Lückenhaftigkeit“.

Dem gegenüber stehen eine Reihe von Vorteilen, wie Moegling (1998, S.31) weiter beschreibt:

„Angesichts komplexer gesellschaftlicher Problemstellungen bedeutet heute Fachkompetenz nicht nur die fachspezifische Vertiefung, sondern auch das Erkennen der fachlichen Grenzen, der Notwendigkeit fächerüberschreitenden Denkens, den Diskurs über die Reichweite eines Faches und über die Chancen fächerübergreifenden Lernens“.

Auch Lorenz et al. (2000, S. 15f.) beschreibt die Notwendigkeit der Fächerung in der Schule, da Wissen strukturiert und viele Perspektiven auf die Wirklichkeit gegeben werden. Außerdem können Fächer nur dann sinnvoll überschritten werden, wenn dies existieren.

Die Vorteile sind so ausgeprägt, dass keinesfalls von einer Abschaffung des Fachunterrichts gesprochen werden darf. Auch Stadler (1999) stellt klar, dass es nicht um ein Ersetzen des fachlichen durch einen fächerübergreifenden Unterricht geht, sondern vielmehr um ein besseres Verhältnis von disziplinären und interdisziplinären Unterricht.

„Fachunterricht macht die jeweils spezifische Perspektive wie auch die damit verbundene Art der Problembehandlung erkenn- und erlebbar, fächerübergreifender Unterricht hingegen relativiert die Einzelbefunde und zeigt zugleich die großen Zusammenhänge in der generellen Perspektive.“ (Stadler, 1999, S. 15)

Moegling (1998, S. 34) schließt sich dem an und betont, dass die Schule „sowohl eine differenzierend-teilhafte, als auch eine komplex-fächerübergreifende Perspektive zur Wirklichkeit“ lehren muss. Abgesehen davon hebt der Autor die Notwendigkeit des fächerübergreifenden Unterrichts für die Öffnung des Weltbildes der Lernenden hervor.

„Eine ausschließlich fachspezialisierte Sichtweise der Wirklichkeit trägt zur Einengung der Weltwahrnehmung bei und verhindert die kritische De- und Neukonstruktion von Welt im Rahmen einer Konzeption, die an der Erziehung zur Mündigkeit interessiert ist.“ (Moegling, 1998, S. 41)

Überfachlicher Unterricht kann als ein zusätzliches und notwendiges Element zum fachlichen Unterricht angesehen werden, das zu einer breiteren Bildung und besseren Qualifikation beiträgt. „Schüler dürften nicht nur Spezialisten für das Fachliche, für das Teilhafte sein, sondern Schule müsse ebenfalls (und genauso zentral) zur Spezialisierung auf Zusammenhänge qualifizieren.“ unterstreicht Moegling (1998, S. 57) die Bedeutung der Koexistenz.

Da sowohl dem Fachunterricht, als auch dem überfachlichen Unterricht wichtige Funktionen zukommen ergänzt Stadler (1999), dass eine Balance zwischen überfachlichen, projektorientierten und fachsystematischen Unterricht erforderlich ist.

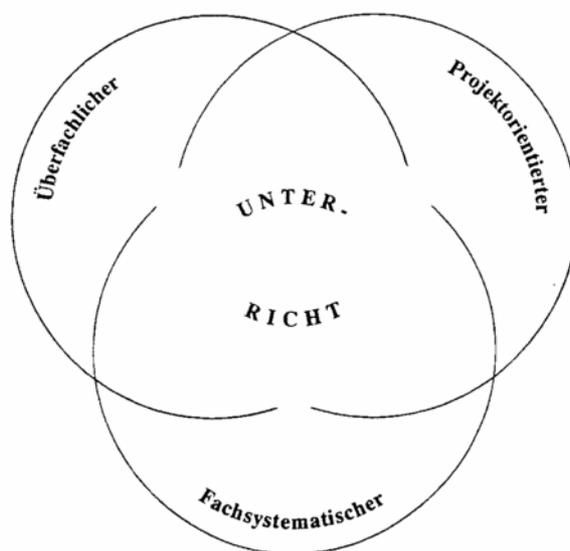


Abb. 6: Überfachlicher, projektorientierter und fachsystematischer Unterricht (Stadler, 1999, S. 11)

## **8. Didaktische Konzepte des fächerübergreifenden Unterrichts**

Zunächst wird der Begriff der „Einheit der Bildung“ erläutert und mit dem fächerübergreifenden Unterricht in Verbindung gebracht.

Dann werden ausgewählte sportdidaktische Konzepte auf deren Eignung für den fächerübergreifenden Unterricht geprüft, wobei auf die Problematik der didaktischen Komplexität und Vielfalt eingegangen wird.

Mit dem mehrperspektivischen Unterricht wird ein erstes theoretisch brauchbares Konzept beleuchtet. Damit ist aber noch keine ausreichend vielschichtige Antwort auf die Frage, wie fächerübergreifend in der Schule unterrichtet werden kann, gegeben. Deswegen werden zwei weitere Konzepte für den überfachlichen Unterricht vorgestellt: Das reflexive, handlungsorientierte Konzept nach Rabenstein (2003) und das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept in Anlehnung an Moegling (1998).

Demnach stehen in Summe drei Konzepte für eine Diskussion über deren Eignung für die Kombination „Physik“ und „Bewegung und Sport“ zur Verfügung.

### **8.1. Von der „Einheit der Bildung“ zum fächerübergreifenden Unterricht**

Die „Einheit der Bildung“ wird durch die stetige sinngeladene Einordnung von Wissen in die subjektive Wirklichkeit erlangt. Rommel (2001) spricht dabei von einer Integration zu einer Einheit. Das setzt die Fähigkeit der Verbindung und Vernetzung von gelernten Elementen mit bestehenden Erfahrungen voraus und erfordert nicht das punktuelle Vorhandensein von isoliertem Wissen.

Rommel (2001, S. 363) bezieht sich zunächst auf C. P. Snow und dessen Vortrag „The Two Cultures and the Scientific Revolution“ aus dem Jahr 1959 indem er schreibt, dass die „Einheit der Bildung“ nicht oder nur sehr begrenzt erreichbar ist. Der Grund liegt in der gegenseitigen Geringschätzung und Nichtakzeptanz von Natur- und Geisteswissenschaften. Bezogen auf den fächerübergreifenden Unterricht und dessen Auswirkungen auf das System Schule vermerkt Rommel (2001, S. 370) schließlich:

„Die eigentliche Verbindungsleistung muss das Subjekt erbringen. Es ist herausgefordert, altes mit neuem Wissen zu vernetzen, schon gelernte Strukturen in Frage zu stellen, um sie in Kohärenz mit aktuellen Erkenntnissen um- oder wieder aufzubauen. (...) Das Postulat von der ‚Einheit der Bildung‘ kann angesichts dieser Begründungslage allenfalls noch als regulative pädagogische Idee verstanden werden, die faktisch aber nicht erreichbar ist. Viel entscheidender

wird dabei sein, dass jedes Subjekt die unterrichtlich erschlossene Möglichkeit bekommt, ‚Einheiten‘ zu bilden (...).“

Für die Praxis bedeutet dies, dass den Lernenden ein Weg aufgezeigt werden muss, wie sie die ihnen zugeworfenen Wissens Elemente einordnen und mit bereits bestehendem Wissen in Verbindung bringen können. Die Lernenden müssen dafür das Herstellen von Bezügen aktiv lernen.

Rommel (2001) schreibt weiters, dass das gefächerte Wissen mit der Biografie der Lernenden verbunden werden muss. Hier scheint der überfachliche Unterricht eine geeignete Vermittlungsmethode zu sein, weil die vielschichtige Behandlung eines Problems die Chance erhöht, möglichst viele Schüler/innen anzusprechen. Zudem steht beim überfachlichen Unterricht, wie noch gezeigt werden wird, die Selbsttätigkeit im Vordergrund, was sich zudem positiv auf den Lernprozess auswirken könnte.

## **8.2. Fächerübergreifender Unterricht aus sportdidaktischer Sicht**

Was ist ein didaktisches Konzept?

Balz (1992, S. 13) spricht von „potentiellen Handlungsorientierungen“. Weiters wird „unter einem fachdidaktischen Konzept ein systematischer gedanklicher Entwurf verstanden, der für die pädagogische Gestaltung des Schulsports bestimmte Ziele, Inhalte und Methoden empfiehlt.“

Wie Kleiner (2007, S. 37f.) ausführt, haben sich die allgemeine Didaktik und die Sportdidaktik zu weiten und komplexen und. So schreibt der Autor:

„Die Auffassung, man erspare den Studierenden und Lehrer(inne)n Überraschungen, indem man ihnen möglichst viele didaktische Modelle vorstellt und mitgibt, um diese in alternativen didaktischen Situationen anzuwenden, kann auf Grund der Reflexion über das Verhältnis von Theorie und Praxis nicht fruchten.“ (Kleiner, 2007, S.51)

Zur Verdeutlichung gibt folgende Grafik einen Überblick über die Vielfalt sportdidaktischer Konzepte.

<p><b>CRUM (1992)</b> <b>stellte vier Schulsportkonzeptionen heraus:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Das biologisch-funktionale Leibesübungskonzept</li><li>- Das bildungstheoretische Leibeserziehungskonzept</li><li>- Das konforme Sportsozialisationskonzept</li><li>- Das kritisch-konstruktive Bewegungsozialisationskonzept</li></ul> <p><b>BALZ (1992) teilte ein in:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Das Konzept Sportartenprogramm</li><li>- Das Konzept Handlungsfähigkeit im Sport</li><li>- Das Körpererfahrungskonzept</li><li>- Das Entpädagogisierungskonzept</li></ul> <p><b>SCHALLER (1992)</b> <b>fand wiederum vier Konzepte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Das Konzept „Körpererfahrung“</li><li>- Das Konzept „Gesundheit“</li><li>- Das Konzept „Soziales Lernen“</li><li>- Das Konzept „Handlungsfähigkeit im Sport“</li></ul>	<p><b>Für GRÖSSING (1993)</b> <b>gab es nur drei Konzepte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Das Sportartenkonzept</li><li>- Das offene Bewegungskonzept</li><li>- Das Körpererfahrungskonzept</li></ul> <p><b>SCHIERZ (1997)</b> <b>sprach von Entwürfen und nennt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Entwürfe einer <i>fundamentalistischen</i> Sportpädagogik</li><li>- Entwürfe der <i>ontologischen</i> Sportpädagogik</li><li>- Entwürfe der <i>konstruktivistischen</i> Sportpädagogik</li><li>- Entwürfe der <i>pragmatischen</i> Sportpädagogik</li></ul> <p><b>PROHL (1999)</b> <b>hält drei Strömungen fest:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Die pragmatisch-qualifikatorische Strömung der Sportdidaktik</li><li>- Die kritisch-emanzipatorische Strömung der Sportdidaktik</li><li>- Die „spaß“- und „kultur“orientierte Strömung der Sportdidaktik</li></ul>
--	--

**Abb. 7: Überblick über sportdidaktische Konzepte (Hummel, 2000, S. 10)**

Als Sportlehrer/in ist man verleitet sich die Frage zu stellen, welches Konzept für den eigenen Unterricht das „Richtige“ ist.

Hummel (2000, S. 10) hält diesbezüglich klar fest: „Auch der Sportunterricht ist ein viel zu komplexer und komplizierter Prozess, als dass er von einer fachdidaktischen Theorie, durch ein fachdidaktisches Modell adäquat analysiert, beschrieben und orientiert werden könnte.“

Die Lehrperson kann und soll eine Auswahl treffen, was für den Unterricht und für die jeweiligen Inhalte sinnvoll bzw. notwendig ist. So sollte man als Lehrperson ein gewisses Maß an Flexibilität beweisen, um die didaktische Vorgehensweise an den Inhalt und an die Zielperspektive anzupassen. Demnach ist es nach Hummel (2000, S. 12) nicht entscheidend welches Konzept ausgewählt wird, sondern dass es dem Bildungsauftrag nachkommt, um dem Sport auch die nötige Berechtigung im Fächerkanon zu geben.

### **8.2.1. Konzepte der Sportdidaktik und deren Eignung für den fächerübergreifenden Unterricht**

Können bereits bestehende Konzepte für einen fächerübergreifenden Unterricht herangezogen werden? Zur Beantwortung dieser Frage werden 4 gängige Konzepte analysiert:

#### *1. Das Sportartenkonzept:*

Wie Balz (1992) beschreibt und der Name vermuten lässt, steht dabei die sportliche Tätigkeit im Vordergrund. Das Konzept hat Bewegungsbildung und Körperbildung zum Ziel und es geht dabei um das Unterrichten von Sportarten wie Schwimmen, Leichtathletik oder Ballspiele. Das Konzept ist für den fächerübergreifenden Unterricht ungeeignet,

„weil pädagogische Annahmen über bildende Wirkungen des Sports gar nicht gehegt werden. (...) Die begrenzte Aufgabe für den Sportunterricht besteht darin, bei den Schülern konditionelle Fähigkeiten und motorische Fertigkeiten auszubilden, um sie für den Sport außerhalb der Schule zu qualifizieren.“ (Balz, 1992, S. 14)

Dies kommt nicht der wichtigen Forderung des Sportunterrichts nach, den Schülerinnen und Schülern ein tieferes Verständnis und kognitives Wissen über Bewegung zu vermitteln.

#### *2. Das Körpererfahrungskonzept*

Bei diesem Konzept ist es Ziel, die Schüler/innen für den eigenen Körper zu sensibilisieren, Erfahrungen mit dem eigenen Körper zu ermöglichen und ein entsprechendes Bewusstsein zu vermitteln. Das lässt wenig Raum für den fächerübergreifenden Unterricht und ist deswegen als ungeeignet einzustufen.

#### *3. Konzept der Entpädagogisierung*

Wie der Name bereits vermuten lässt richtet sich das Konzept der Entpädagogisierung gegen eine Vereinnahmung des Sports durch die Pädagogik und Didaktik. Im Grundgedanken ist der „Spaßfaktor“ des Sports verankert, wobei den Schüler/innen ein möglichst ungezwungener und direkter Zugang zum Sport ermöglicht werden soll. Balz (1992, S. 15) hält fest, dass „diese Position als sportverwurzelt und antididaktisch bezeichnet werden“ kann. Der Sport steht im Vordergrund und jede nähere Betrachtung ist mehr oder weniger unerwünscht. Deswegen ist auch dieses Konzept nicht bei der Realisierung eines fächerübergreifenden Unterrichts hilfreich.

#### 4. Das Konzept der sportlichen Handlungsfähigkeit

Im Zentrum dieses Konzepts steht die Frage nach dem Sinn. Welchen Sinn hat der Sportunterricht für Schüler/innen? Warum wird Sport „gemacht“? Können die Ausübenden für sich einen Sinn definieren und inwieweit kann jede/r Einzelne einen persönlichen Nutzen aus der Sportausübung ziehen?

„Handlungsfähigkeit schließt zudem neben der motorischen Dimension auch kognitive Aspekte des Sport-Begreifens und soziale Aspekte des sportlichen Miteinanders ein.“, so Balz (1990, S 14).

Damit nähern wir uns einem Konzept für den fächerübergreifenden Unterricht an, da das Begreifen und Verstehen vom Sport eine genauere Betrachtung und ein tieferes Verständnis voraussetzt. Es geht nicht mehr um die reine Ausübung, sondern verstärkt um den Faktor Bildung im Sport.

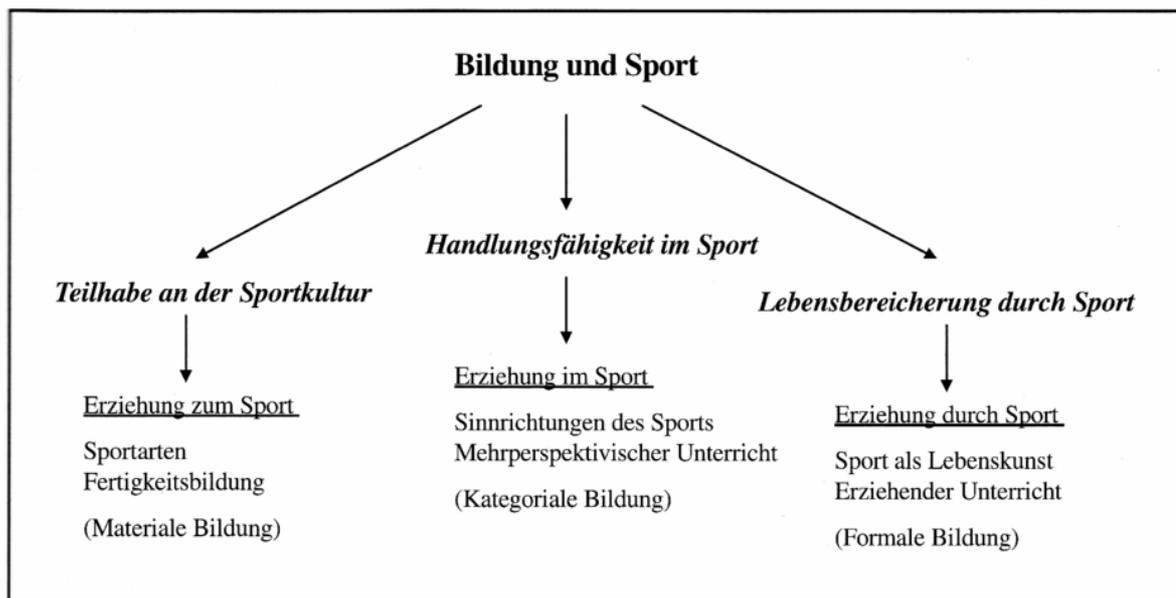


Abb. 8: Handlungsfähigkeit im Sport (Größing, 2001, S. 27)

Die Handlungsfähigkeit im Allgemeinen, also das Spielen, Organisieren, Lernen, Reflektieren, Vergleichen, Erkunden, Diskutieren, Nachmachen, Verstehen, Analysieren usw. kann beispielsweise im mehrperspektivischen Unterricht realisiert werden.

Resümierend ist keines der genannten Konzepte für den Fächerübergreifung geeignet, weswegen neue Ansätze entwickelt bzw. bestehende Konzepte modifiziert werden müssen.

### 8.3. Der Mehrperspektivische Unterricht

Bei diesem Konzept geht es um die Beleuchtung eines Sachverhalts aus mehreren Blickwinkeln. Das Konzept der Mehrperspektivität erfordert mehr als nur eine primäre, persönliche Darstellung der Wirklichkeit. Auch die wie Duncker (2005, S. 16) formuliert „sekundäre Ordnung“ ist von gleichwertiger Bedeutung.

Die Lehrperson muss dafür sorgen, dass den Schüler/innen viele Perspektiven auf einen Inhalt präsentiert werden. Auf diesem Weg können mehrere Sichtweisen und eine differenzierte Weltanschauung entstehen, was Voraussetzungen sind, um Dinge wirklich verstehen und beurteilen zu können. Ein wichtiges Lernziel laut Duncker (2005) ist die Erkenntnis, dass die Meinung über einen Sachverhalt stark vom Standpunkt der Betrachtung abhängig ist. Dabei ist es wichtig den eigenen Standpunkt zu relativieren und in Frage zu stellen. Das Erkennen, Akzeptieren und Verinnerlichen von unterschiedlichen Perspektiven und Meinungen kann zum Nachdenken über die eigene Perspektive und schließlich zu einer Erweiterung des eigenen Horizontes führen. Duncker (2005, S. 11) schreibt dazu: „Im Wechsel der Perspektiven gilt es, den Aspektreichtum der Welt zu entdecken und eine neue Beweglichkeit im Sehen und Denken zu gewinnen.“ Das bedeutet allerdings nicht, dass der eigene Standpunkt beliebig in Frage gestellt oder ganz aufgegeben werden soll. Entscheidend ist vielmehr die Erweiterung der subjektiven Wahrnehmung um neues Wissen und um neue Erfahrungen.

„Eine mehrperspektivische Didaktik will langfristig den hypothetischen Charakter von Aussagen durchsichtig machen. (...) Es schafft ein Bewusstsein davon, dass man eigentlich nicht die Welt selbst, sondern immer nur ein Bild von ihr zeigen kann.“, ist Duncker (2005, S. 17) überzeugt.

Demnach bietet dieses Konzept die Möglichkeit zu erkennen, dass es nicht immer ein „richtig oder falsch“ gibt, dass es keine absolute Wahrheit gibt und dass Wissen immer eine Form von Konstruktion bleibt.

Als weiteren elementaren Punkt erwähnt Duncker (2005, S. 15f.) das „Prinzip des Zeigens“, weil den Lernenden möglichst breite Fächerung von Aspekten und Sichtweisen präsentiert werden soll. Insofern sind Selbstständigkeit und Selbsttätigkeit vorerst nachrangig. „Selbsttätigkeit entsteht nicht von selbst, sondern wird erst evoziert durch eine Professionalität des Zeigens.“ fügt der Autor hinzu. Wichtig für den Lernprozess ist zudem das Fragen-Stellen von Schüler/innen.

Grundsätzlich lassen sich aber nicht für jedes Thema mehrere Perspektiven finden und es ist auch wichtig zu vermitteln, dass manches Wissen als gesichert gilt. Trotzdem lassen sich zentrale und moderne Bildungselemente mit der mehrperspektivischen Betrachtung problemorientiert im Unterricht analysieren und diskutieren werden.

Ein Beispiel: Die Vorgänge im kernphysikalischen Labor „CERN“ bei Genf eignen sich für eine Thematisierung und wissenschaftliche Beschreibung in der Gymnasialen Oberstufe. Eine mehrdimensionale Betrachtung würde aber auch eine Diskussion aus moralischer, wirtschaftlicher und philosophischer Sicht (sekundäre Ordnung) erfordern. Dies würde dann einem Fächerübergreif Physik, Ethik, Geografie und Philosophie entsprechen.

Angestrebt wird zudem eine gute Balance zwischen Theorie und Praxis. Eine praxisorientierte Herangehensweise im mehrperspektivischen Unterricht schafft die Möglichkeit für wirklichkeits- und lebensnahes Lernen. Dieses Lernen und Aufnehmen mehrerer Perspektiven muss laut Duncker (2005) an die Biografie der Schüler/innen anschließen und in ein „Spannungsverhältnis“ mit dieser treten. Dem schließt sich auch Laging (1999, S. 3) an:

„Daher muss jede didaktische Reduktion und damit die quantitative und qualitative Auswahl der Lerninhalte verbunden werden mit einer didaktischen Inszenierung, die es dem Lernenden ermöglicht, sich die Wirklichkeit (die zum Inhalt des Unterrichts werden soll) aus einem neuen Blickwinkel unter Einbeziehung des subjektiven Erfahrungshorizontes anzueignen.“

Auch Wagenschein (1965) erkennt die Notwendigkeit, dass der/die Lernende eine Verbindung zwischen Wissen und Erfahrung herstellen muss, um neue Erkenntnisse sinnvoll einordnen zu können.

### **8.3.1. Mehrperspektivität und fächerübergreifender Unterricht**

Kann dieses Konzept auf den fächerübergreifenden Unterricht angewendet werden?

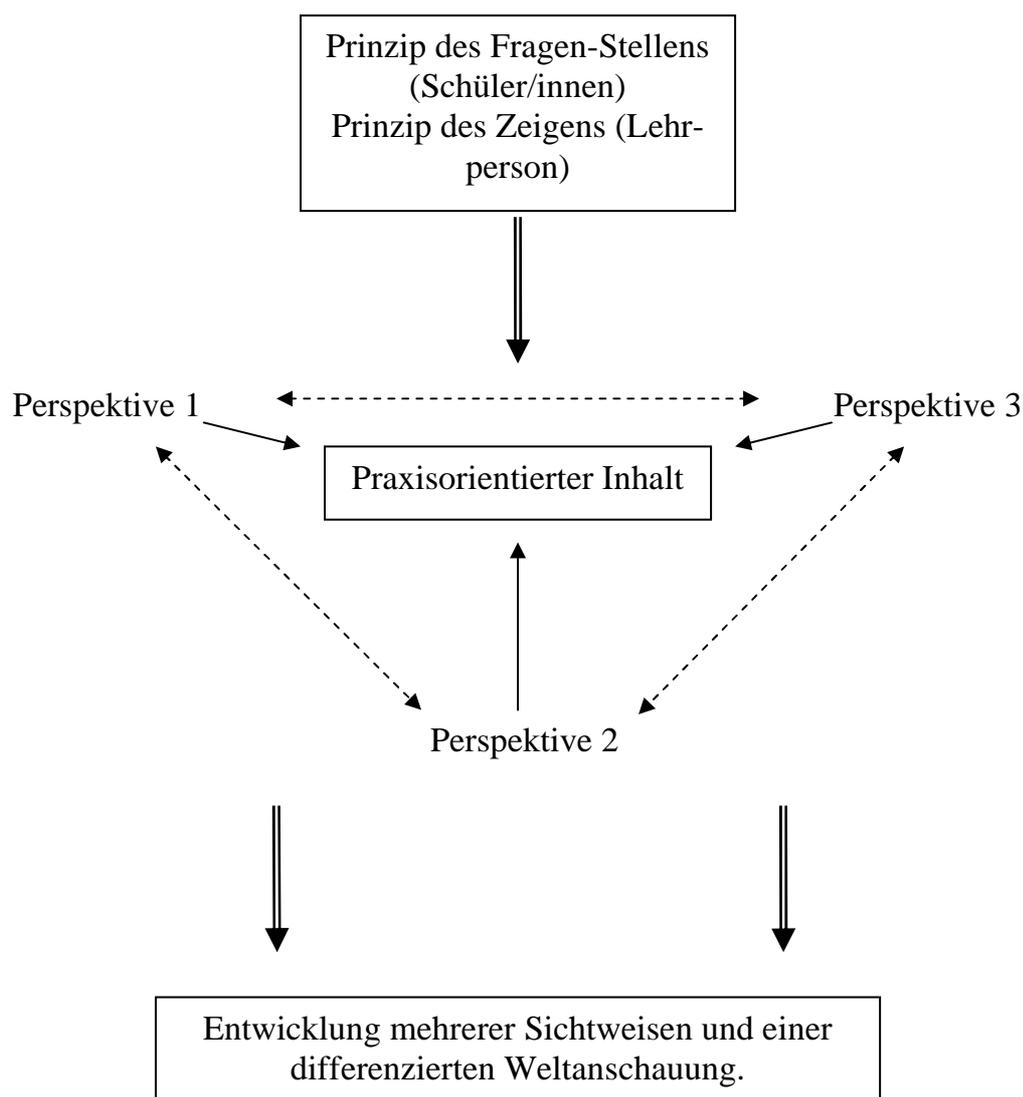
Aus didaktischer Sicht rückt das Problem in den Mittelpunkt, nicht das Fach. Daher müssen nicht nur Inhalte und Themen begründet werden, sondern auch die Perspektiven. Existieren viele Perspektiven auf ein Problem, so ist es offensichtlich, dass sich eine konstruktive Bearbeitung nicht von Fachgrenzen einschränken lassen darf.

„Das Prinzip der Perspektivenvielfalt (...) zeichnet sich gerade dadurch aus, dass es versucht, Übergänge und Brücken zwischen oft heterogenen Aspekten einer Sache oder der Form ihrer Aneignung herzustellen.“ halten Duncker, Sander und Surkamp (2005, S. 7) fest.

Das sich Befassen mit und Analysieren von unterschiedlichen Aspekten eines Themas kann in weiterer Folge auf Fächer ausgeweitet werden, wenn diese selbst als Perspektiven aufgefasst werden:

„Der Vorteil ist, dass die Perspektive eines Faches selbst als solche gekennzeichnet werden kann, so dass damit Perspektive und Resultat als wechselseitig aufeinander bezogen darstellbar werden. Damit wird gerade für die Didaktik auf der Metaebene eine interessante interdisziplinäre Verflechtung sichtbar, die bis hinein in handlungsorientierte und fächerübergreifende Unterrichtsvorhaben konkretisierbar werden kann. Insofern werden über das Prinzip der Perspektivenvielfalt sowohl die Identität einzelner Fachdidaktiken als auch ihre wechselseitige Verbindung im Gesamtzusammenhang des schulischen Lehrens und Lernens verortbar.“ (Duncker et al., 2005, S.7)

Das heißt, dass das mehrperspektivische Konzept für den fächerübergreifenden Unterricht zur Entfaltung kommen kann, wenn die Perspektiven die Dimensionen von Unterrichtsfächern annehmen.



**Abb. 9: Mehrperspektivität und Fächerübergreifung**

## 8.4. Der problemorientierte und reflexive Ansatz

Rabenstein (2003) beschreibt zwei Ansätze des fächerübergreifenden Unterrichts, die gemeinsam ein Konzept bilden:

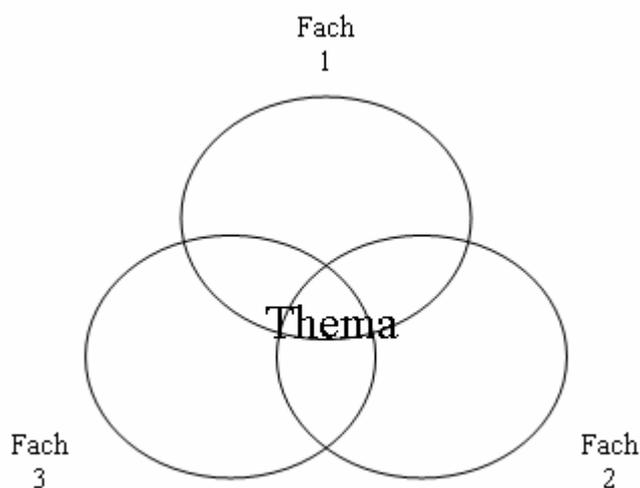
1. Der problemorientierte Ansatz
2. Der reflexive Ansatz

### 8.4.1. Der problemorientierte Ansatz

Es ist laut Stadler (1999, S. 11) als wahrscheinlich einzustufen, dass „eine Affinität zwischen Projekt und fächerübergreifendem Unterricht sich zwar mit hoher Wahrscheinlichkeit einstellen wird, im Einzelfall aber nicht zwingend ist.“ Diesen Gedanken greift der

problemorientierte Ansatz auf, da er sich im Zuge des Projektunterrichts realisieren lässt. Dabei geht es um ein Anschließen an die Erfahrung und Interessen der Schüler/innen, damit sie möglichst selbstständig und eigenverantwortlich das Wissen aus mehreren Fächern zur Lösung eines Problems heranziehen können. „Hierbei soll die Projektmethode durch Interdisziplinarität, Handlungsorientierung, Schülerorientierung und deutlichem Problembezug gekennzeichnet sein.“ (Moegling, 1998, S. 55).

Für Rabenstein (2003, S. 47) ist es unumstritten, „dass Denken und Erfahrung in einem unauflösbaren Zusammenhang stehen.“ Deswegen wird der Ansatz auch als „Konvergent“ (S. 51) bezeichnet, da das Wissen mehrere Fächer gemeinsam zu einem Ergebnis führen sollen. Dabei werden Fachgrenzen automatisch überwunden. Ziel ist es über das aktive Handeln Denkprozesse zu verinnerlichen und ein Produkt zu erhalten.



**Abb. 10: Konvergenter, problemorientierter Ansatz**

Die Schülerinnen und Schüler haben nicht nur Einfluss auf die Durchführung, sondern gestalten auch in hohem Maß die Planung und Auswertung mit. Der Planung muss laut Moegling (1998, S. 56) viel Bedeutung beigemessen werden und diese muss mit großer Sorgfalt durchgeführt werden. Für den Autor birgt die Projektmethode den Vorteil der Abwechslung und der „Überwindung des Sitzkörpers“.

*Nachteil vom problemorientierten Ansatz:*

Eine Reflexion ist nur schwer möglich, da aufgrund der Produktorientierung ein Handlungsdruck entsteht, der zu einer Zeitknappheit führen kann. Der Schwerpunkt liegt am Endergebnis, so bleibt für reflexive Gedanken über den Entstehungsprozess keine ausrei-

chende Gelegenheit. Zudem kann die Qualität eines Produktes besser beurteilt werden, als der Grad einer Reflexion, weswegen das Hauptaugenmerk von Schülerinnen und Schülern stets am Resultat liegen wird.

#### **8.4.2. Der reflexive Ansatz**

Dabei handelt es sich wie Rabenstein (2003) vermerkt um ein divergentes Konzept, da die Unterschiede der Fachdisziplinen aufgezeigt werden. Es soll darüber reflektiert werden, welche die Perspektiven der einzelnen Disziplinen sind und wie diese zu ihrem Erkenntnisstand gekommen sind. Wie konstruiert eine Disziplin ihr Wissen und wo liegen deren Grenzen? Was können Schüler/innen aus der Begrenztheit von Fächern für ihre persönliche Sichtweise mitnehmen? Das sind zentrale Fragestellungen.

Dabei relativiert die Perspektive eines Faches jene eines anderen Faches. Auf diesem Weg kann ähnlich dem mehrperspektivischen Konzept Wissen eingeordnet bzw. Fächer strukturiert werden und eine neue Sichtweise auf die Wirklichkeit entstehen. Wird ein Inhalt aus mehreren Blickwinkeln betrachtet, so werden die Lernenden mit größerer Wahrscheinlichkeit ihre eigene Sichtweise neu überdenken.

„Für die fächerübergreifende Bearbeitung eines Problems bedarf es also ausdrücklich der Reflexion der unterschiedlichen Zugangsweisen, Methoden und Inhalte der Fächer, um interdisziplinäre Verständigung überhaupt zu ermöglichen.“ (Rabenstein, 2003, S. 51)

*Nachteil vom reflexiven Ansatz:*

Es werden kaum Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit geschult. Zudem ist die aktive Beteiligung der Lernenden nicht in gleicher Weise wie beim problemorientierten Ansatz möglich.

#### **8.5. Das reflexive, problemorientierte Konzept**

Angesichts dieser Schwächen, die beide Ansätze einzeln aufweisen stellt sich die Frage nach deren Zusammenführung.

Wird die Bedeutung des Produkts in den Hintergrund gestellt, so wird Handlungsdruck von den Lernenden genommen und es könnte Raum für Reflexionen geschaffen werden. Für die Praxis bleibt allerdings offen, ob die Schüler/innen dann noch mit dem nötigen Ernst ans Werk gehen und ob darunter die Qualität des Projekts nicht leidet.

Rabenstein (2003, S. 53f.) wirft daher die Idee auf, die beiden Ansätze abwechselnd in den Unterricht einzubauen. Das heißt es würde ein „Zusammenspiel der didaktischen Grundprinzipien der Erfahrung und der Reflexion“ entstehen.

Dies könnte so funktionieren: Im Rahmen eines Projekts wird das Wissen aus mehreren Fachdisziplinen gebündelt und zur Lösung einer komplexen Problemstellung eingesetzt. Die Selbstständigkeit in den Arbeitsgruppen ist essentiell und eine Voraussetzung für das Gelingen des Projekts, so Rabenstein (2003). Die aktive und eigenverantwortliche Beteiligung der Lernenden schafft ein Produkt. Dieses wird entsprechend thematisiert und honoriert. Im zweiten wichtigen Schritt wird schlussendlich jedes Fach auf dessen Beitrag analysiert. Welche Sichtweise lieferte ein Fach und was war dessen Rolle? Wo lagen die Grenzen und wie war die Kommunikation zwischen den Fächern? Wie Rabenstein (2003, S.56) schreibt, soll schlussendlich die „Reflexion zu einer Bewusstwerdung der fachlichen sowie der eigenen subjektiven Perspektive“ führen.

#### **8.5.1. Reflexion und Problemorientierung im Projektunterricht**

In der von Rabenstein (2003, S. 228f.) durchgeführten Studie ist ersichtlich, dass in der Praxis das problemorientierte Konvergenzprinzip dominiert. Das Wissen der Fächer wird zur Problemlösung herangezogen und additiv vermengt, ohne inhaltliche oder methodische Unterschiede der Disziplinen festzuhalten. So wird das reflexiv orientierte Divergenzprinzip stark vernachlässigt.

In dieser Studie wird ein Projekt in vier Phasen eingeteilt:

- (1) „Planungsphase
- (2) Eröffnungsphase
- (3) Erarbeitungsphase
- (4) Abschlussphase“

Es zeigt sich, dass nicht nur während dem Projekt, sondern auch schon in der „Planungsphase“ eine Diskussion über die einzelnen Perspektiven auf ein Thema zu kurz kommt. Die Reflexion findet nicht von selbst statt, sondern muss geplant und gezielt initiiert werden.

Damit die Differenzen der Fächer besser zur Geltung kommen erhebt Rabenstein (2003) die Forderung, dass dem reflexiven Ansatz bereits in der Planung und in der Eröffnungsphase große Aufmerksamkeit geschenkt wird. Von Anfang an müssen mehrere Sichtwei-

sen und deren Beziehungen zueinander ins Spiel gebracht werden. Selbstverständlich müssen die Schüler/innen aktiv in diesen Prozess miteinbezogen werden.

Es ist darüber hinaus entscheidend bei der Wahl des Themas darauf zu achten, dass es zum Einen nicht zu kurz ist, da dann die Schüler/innen in ihren Lernerfahrungen eingeschränkt werden. Zum Anderen sollte es nicht zu weitläufig sein, weil in diesem Fall die Orientierung schwierig wird und es unter Umständen nicht mehr zu Bezugspunkten und gemeinsamen Ergebnissen kommt, welche Voraussetzungen für eine sinnvolle Reflexion sind.

In der „Eröffnungsphase“ (Rabenstein, 2003, S. 230) wird ein Kontakt zu den Schüler/innen hergestellt indem an deren Interessen, Erfahrungen und Vorwissen angeknüpft wird. Das Thema wird eingegrenzt und der Spielball von den Lehrenden zu den Lernenden weitergegeben.

In der Studie kommt Rabenstein zu der Erkenntnis, dass auch in der Projekteröffnung die Reflexion stark in den Hintergrund gedrängt wird.

„In der Eröffnungsphase ordnen die Lernenden zwar auf den Impuls der Lehrenden hin die Ideen den Fächern zu, doch wird die Diskussion über die Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Fächer nicht geführt. Die Aspekte, die die Lernenden schließlich auswählen, um die Themen fachspezifisch zu vertiefen, werden nicht wieder in einen Zusammenhang zu der übergreifenden Frage gestellt.“ (Rabenstein, 2003, S. 237)

Die Schüler/innen und Schüler wurden nicht im ausreichenden Maße aufgefordert, die Stellungen und Positionen der einzelnen Disziplinen zum Thema herauszuarbeiten. Um eine Reflexion zu ermöglichen muss das Umfeld, also die Aufgabenstellung, die Einteilung der Gruppen, die Zielsetzung, das Material, der Zeitplan usw. einen entsprechenden Rahmen erhalten.

„Fächerübergreifender Projektunterricht erfordert, dass Lernende und Lehrende die unterschiedlichen fachlichen Perspektiven als Behauptungen, Informationsstücke und Antworten auf eine Frage verstehen lernen können.“ (Rabenstein, 2003, S. 237)

Im Sinne des reflexiven Ansatzes schlägt Rabenstein (2003, S. 231) eine Diskussion über die beteiligten Fächer vor. Welche Position nimmt jedes Fach ein und wo sind die Überschneidungen? Wie arbeiten die Fächer zusammen und wofür ist kein Fach zuständig? Welchen Bezug zur eigenen Biografie weisen die Gegenstände auf und inwieweit wird das Thema mein zukünftiges Leben beeinflussen?

Für die weitere eigenständige Bearbeitung in Gruppen müssen aus der Vielfalt an Unterthemen schließlich Schwerpunkte gesetzt werden.

In der „Erarbeitungsphase“ (Rabenstein, 2003, S. 232) bearbeiten die Lernenden das Thema selbstständig. Den Lehrenden kommt eine schwierige Aufgabe zu, da sie einerseits beratend tätig sein müssen, andererseits nicht wertend sein dürfen. Zu beachten ist laut Rabenstein (2003) auch, dass sich Schüler/innen oft nicht trauen ihre Wissenslücken preis zu geben.

Die Aufgabe muss so gestellt werden, dass die Lernenden das Thema aus unterschiedlichen Blickwinkeln sehen. So entstehen viele Perspektiven, die anschließend verglichen und analysiert werden können. Hier findet ein Fächerübergreifung statt, indem Brücken und Verbindungen zwischen den einzelnen Perspektiven und Fächern hergestellt werden. „Die Lernenden müssen also Beziehungen zwischen den Gegenständen einerseits und zwischen den Gegenständen und dem eigenen Lebenszusammenhang andererseits herstellen können.“, schreibt Rabenstein, 2003, S. 231)

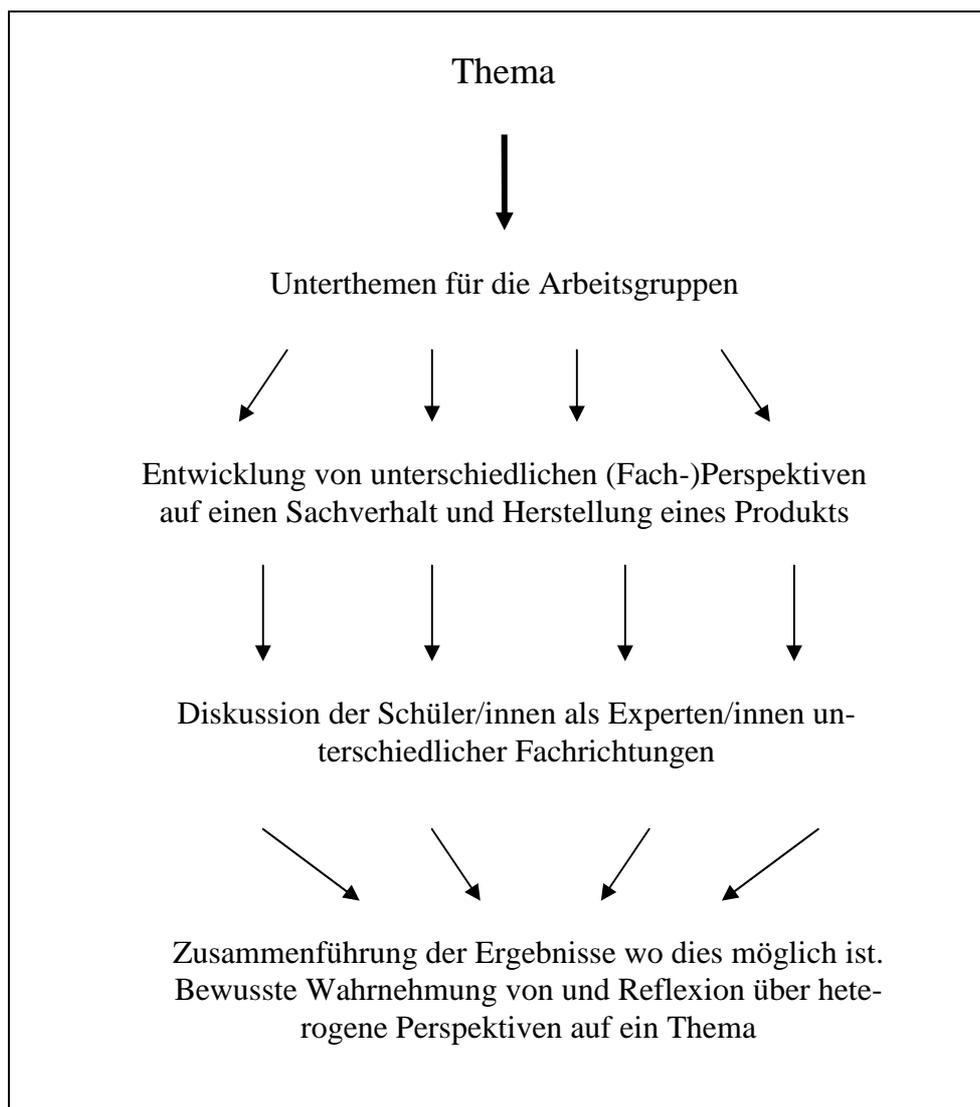
Schlussendlich soll ein Ergebnis entstehen, was aber die Perspektivenreflexion einschränken kann. Zu lösen wäre dies laut Rabenstein (2003, S. 235) wie folgt:

„Vorstellbar sind auch solche Produkte, in denen explizit unterschiedliche Perspektiven dargestellt bzw. die Beiträge der unterschiedlichen Fächer nachträglich von den Lernenden kommentiert werden können.“

In der „Abschlussphase“ (S. 235) bilden sowohl die Präsentation der Produkte als auch die Reflexionen über die Produkterstellung den Abschluss des Projekts. Hier werden auch offene Fragen diskutiert. Die Diskussion mit Mitschüler/innen ist ein wichtiges Element, da Widersprüche und Lücken aufgedeckt werden und da das Wissen nicht als etwas Endgültiges, sondern als Position oder manchmal vielleicht nur als Meinung wahrgenommen werden kann. Die Schüler/innen lernen zu Argumentieren, den eigenen Standpunkt zu vertreten und andere Sichtweisen zu verinnerlichen.

Im Zuge dessen kann auch ein wesentlicher Beitrag zur Perspektivenreflexion geleistet werden. Indem sich die Gruppen unterschiedliche Perspektiven auf ein Thema erarbeitet haben und dann darüber diskutieren werden sie erkennen, dass es keine absolute Wahrheit gibt. Manche Widersprüche lassen sich möglicherweise nicht sofort aus dem Weg räumen und es haben beide Perspektiven ihr Geltungsrecht. Für diesen Prozess ist es Vorausset-

zung, dass die Mitglieder der Gruppen eine entsprechende Sicherheit bezüglich ihrer Expertenmeinung haben, um in eine Konfrontation mit anderen Experten treten zu können. Im nächsten Schritt könnten die Lernenden nach einer höheren Ebene suchen, auf der sich die Gegensätze auflösen bzw. vereinen lassen, wie Rabenstein (2003, S. 239) erwähnt. Die Lehrperson nimmt dabei die Moderatorrolle ein. Sind noch fachliche Fragen offen, so könne diese im Fachunterricht fortgeführt werden.



**Abb. 11: Das reflexive, problemorientierte Konzept nach Rabenstein (2003)**

Es zeigt sich, dass das reflexive, problemorientierte Konzept und jenes des mehrperspektivischen Unterrichts große Ähnlichkeiten aufweisen. Allerdings steht bei der, wie Duncker (1997) schreibt, „Didaktik der Perspektivität“ eher die Vermittlung und das Zeigen vielfältiger Perspektiven im Vordergrund. Beim Konzept nach Rabenstein (2003) geht es vor

allem um die selbsttätige Erarbeitung und die intensive Reflexion der unterschiedlichen Zugänge.

## **8.6. Handlungsorientierung und Ganzheitlichkeit**

Moegling (1998) versucht die Handlungsorientierung und ganzheitliches Lernen mit dem Fächerübergreif in Verbindung zu bringen.

In diesem Kapitel wird zunächst geklärt, was „Handlungsorientierung“ ist und worin dessen Bedeutung für die ganzheitliche Erziehung liegt. Im nächsten Schritt wird erläutert, warum das Prinzip der Ganzheitlichkeit in der Schule wichtig ist. Für die Umsetzung in der Schule werden 4 methodisch-didaktische Wege präsentiert:

1. Exemplarisches Lernen
2. Praktisches Lernen
3. Imaginatives Lernen
4. Lernen über empirische Forschung

Anschließend wird ausführlich auf die Umsetzung des handlungsorientierten, ganzheitlichen Konzepts im Zuge des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens Bezug genommen.

### **8.6.1. Zur Bedeutung der Handlungsorientierung:**

Entscheidend ist die Verbindung zwischen Handeln und Denken, welche praxisrelevantes und anwendungsorientiertes Lernen ermöglicht. Zur Veranschaulichung dient als Beispiel das Unterrichtsthema Windkraft. „Denken“ könnte mit einer Diskussion über Energiepolitik und erneuerbare Energiequellen oder mit einer Literaturrecherche über den physikalischen Hintergrund der Windenergie realisiert werden. Der Forderung nach „Handeln“ könnte mit dem Bau einer kleinen Windkraftanlage Rechnung getragen werden.

Moegling (1998, S. 42f; vgl. Jank & Meyer, 1993) beschreibt acht Kennzeichen handlungsorientierten Lernens:

1. „Schüleraktivierung“: Diskussionen, Selbsttätigkeit und schülerzentrierte Inhalte stehen im Vordergrund.
2. „Produktorientierung“: Damit werden Ergebnisse des Handelns und Denkens gemeint. Solche „Produkte“ können alles sein, was Schüler/innen erzeugt haben und wodurch ein Lerneffekt erzielt wurde.

3. „Interessensorientierung“: Nicht die vorgegebenen Inhalte aus dem Lehrplan, sondern die Interessen der Schüler/innen sind das Entscheidende bei der Planung und beim Unterricht.
4. „Schülerbeteiligung“, sowohl im Unterricht, als auch in der Planung.
5. „Schulöffnung“ für externe Einrichtungen zur Verbesserung der Lehr- und Lernmöglichkeiten. Damit ist auch die gegenseitige, emotionale Öffnung von Schüler/innen und Lehrer/innen für eine intensivere Zusammenarbeit gemeint.
6. „Ausgewogenheit von Hand- und Kopfarbeit“ im Sinne der Handlungsorientierung.
7. „Prozessorientierung“: Nicht nur das Ziel bzw. Ergebnis ist von Bedeutung, sondern auch der Weg dort hin.
8. „Ganzheitlichkeit“  
„Handlungsorientiertes Lernen steht für ein Spektrum didaktischer Konzepte, die über den kognitiv dominierten Unterricht, der den Schüler in seiner Ganzheit verdrängt und übersieht, hinausgelangen wollen: Erfahrungsorientierter Unterricht, Exemplarisches Lernen, praktisches Lernen, offener Unterricht, entdeckendes Lernen, Projektunterricht“. (Moegling, 1998, S. 42)

In Verbindung mit dem fächerübergreifenden Unterricht beschreibt Moegling (1998, S. 48f.) fünf methodische Wege:

1. „Exemplarisches Lernen“
2. „Praktisches Lernen“
3. „Imaginatives und Szenisches Lernen“
4. „Lernen über empirisches Forschen“
5. „Projektorientiertes Lernen“

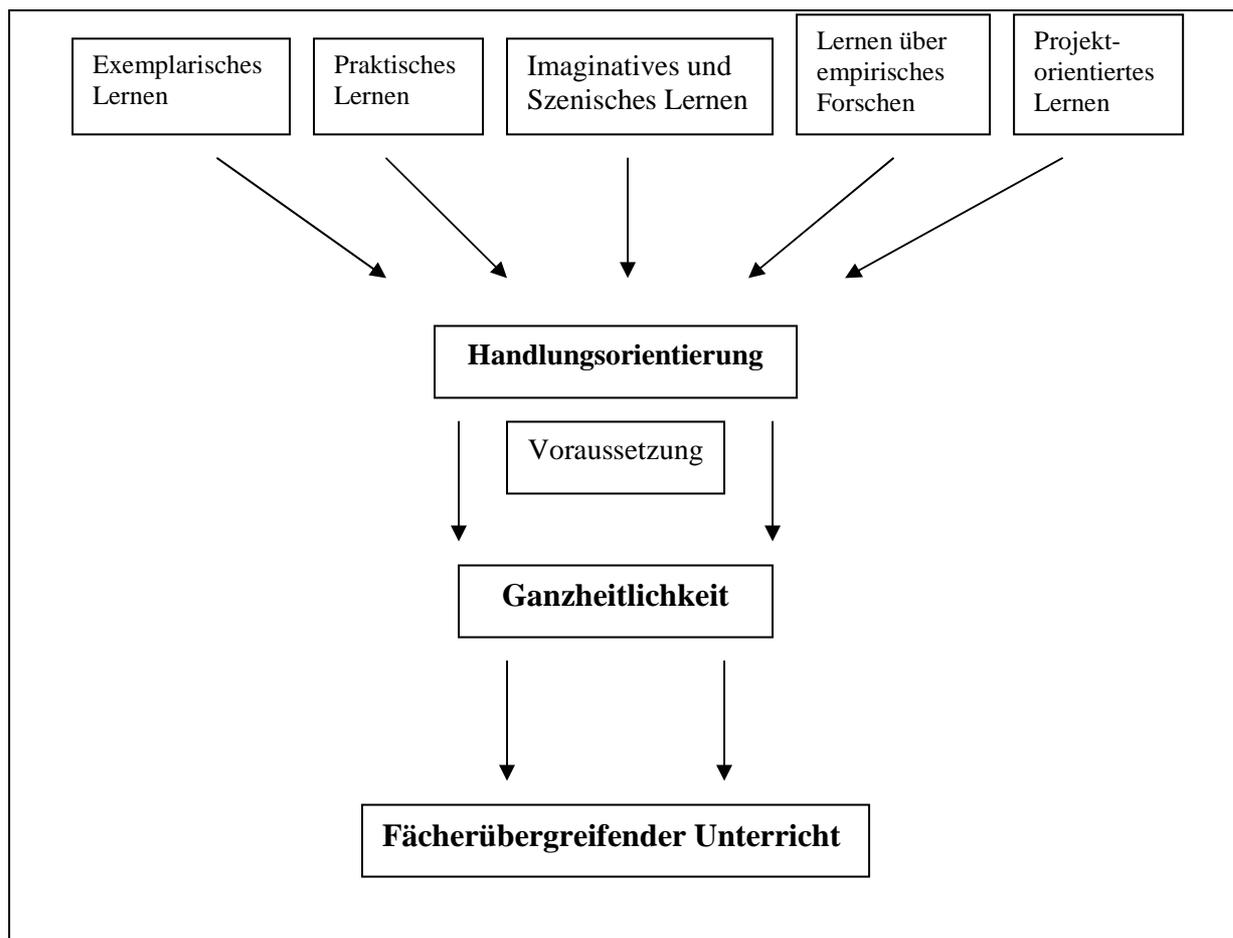


Abb. 12: Ganzheitlichkeit und fächerübergreifender Unterricht (vgl. Moegling, 1998)

Handlungsorientierung realisiert sich in der Schule beispielsweise durch exemplarisches Lernen, praktisches Lernen, entdeckendes Lernen oder im Projektunterricht. Diese methodischen Lernwege sind die Voraussetzung dafür, dass von einer ganzheitlichen Unterrichtsweise gesprochen werden kann. Ganzheitlichkeit ist laut Moegling (1998) notwendig, um fächerübergreifendes Lernen zu ermöglichen.

„Ohne den Blick auf den Handlungsaspekt von Unterricht ist eine ganzheitliche Erziehung nicht leistbar. Handeln als die Integration von „Denken und Machen“ muss Essenz und Zielpunkt eines sich als ganzheitlich begreifenden Unterrichtskonzeptes sein.“ (Moegling, 1998, S. 45)

### 8.6.2. Was meint Ganzheitlichkeit?

Emer, Horst und Kroeger (2000, S.141) halten bezüglich dem ganzheitlichen Lernen folgendes fest: „Die Kopfarbeit soll durch Herz und Hand ergänzt werden. Kreatives, rezeptives, entdeckendes und produktives Handeln sind zu verbinden.“

In Anlehnung an Moegling (1998) lassen sich folgende für eine ganzheitliche Vorgehensweise charakteristische Punkte zusammenfassen:

- Die Einbeziehung des „ganzen“ Menschen mit seiner/ihrer Lebensgeschichte und mit seinem/ihrer Charakter in Lern- und Erziehungsprozesse.  
„Lernen in einem tieferen Sinne – nachhaltiges Lernen – trete nur ein, wenn der Mensch als Ganzes, also auch in seiner Leiblichkeit und in seinen biografischen und sozialökologischen Bezügen, berücksichtigt werde.“ (Moegling, 1998, S. 12)
- Eine objektive und vielschichtige Wahrnehmung der Welt.
- Erleben von tiefgehenden Erfahrungen wie „Entspanntheit, Hier-und-Jetzt-Erfahrungen, Erlebnisse sensibler Mitmenschlichkeit, des Aufgehens im Tuns, sowie das schlagartige Erkennen von erhellenden Zusammenhängen und Querverbindungen“ (Moegling, 1998, S. 39).
- Der Unterricht nach ganzheitlichen Gesichtspunkten nimmt die lernende Person als „Leibsubjekt“ wahr, also dessen Gefühle, Geist, Seele und Körper.

Moegling (1998) spricht allerdings davon, dass Ganzheitlichkeit neu zu überdenken und zu definieren sei, wenn Konzepte des fächerübergreifenden Lernens entworfen werden sollen. Anstelle des Strebens nach Vollständigkeit schulischen Wissens sollte zum Beispiel „exemplarisches Lernen“ im Mittelpunkt.

### **8.6.3. Exemplarisches Lernen**

Wagenschein (1999) und Moegling heben die Bedeutung des exemplarischen Lernens hervor. Dieses geht tiefer und vermittelt nicht nur einen Teil oder einen speziellen Ausschnitt eines Stoffgebietes, wie der Ausdruck „exemplarisch“ vielleicht vermuten lassen würde. Moegling (1998) spricht sogar davon, dass das exemplarische Lernen der fortlaufenden Spezialisierung entgegenwirke. Es ist also vielmehr ein thematischer Schwerpunkt für ein größeres Stoffgebiet charakteristisch. „Das Einzelne, in das man sich hier versenkt, ist nicht Stufe, es ist Spiegel des Ganzen.“ schreibt Wagenschein (1999, S. 32).

Bei diesem didaktisch-methodischen Weg sind die Inhalte nicht wie in einem Lehrbuch von Stunde zu Stunde aufbauend, sondern es wird aktiv von den Schülerinnen und Schülern um einen Themenschwerpunkt ein fächerübergreifender Wissensstock aufgebaut. Moegling (1998, S. 49) vermerkt diesbezüglich: „Das exemplarische Lernen, das sich zunächst auf das Teilhafte bezieht, ist in der Lage, Bezüge des Ganzen durchblicken zu lassen.“

Das exemplarische Lernen kommt auch der Forderung nach Ganzheitlichkeit nach. Wagenschein (1999) fordert dafür, dass der/die Lernende in seinem/ihrer gesamten Wesen in den Lernprozess integriert werden muss.

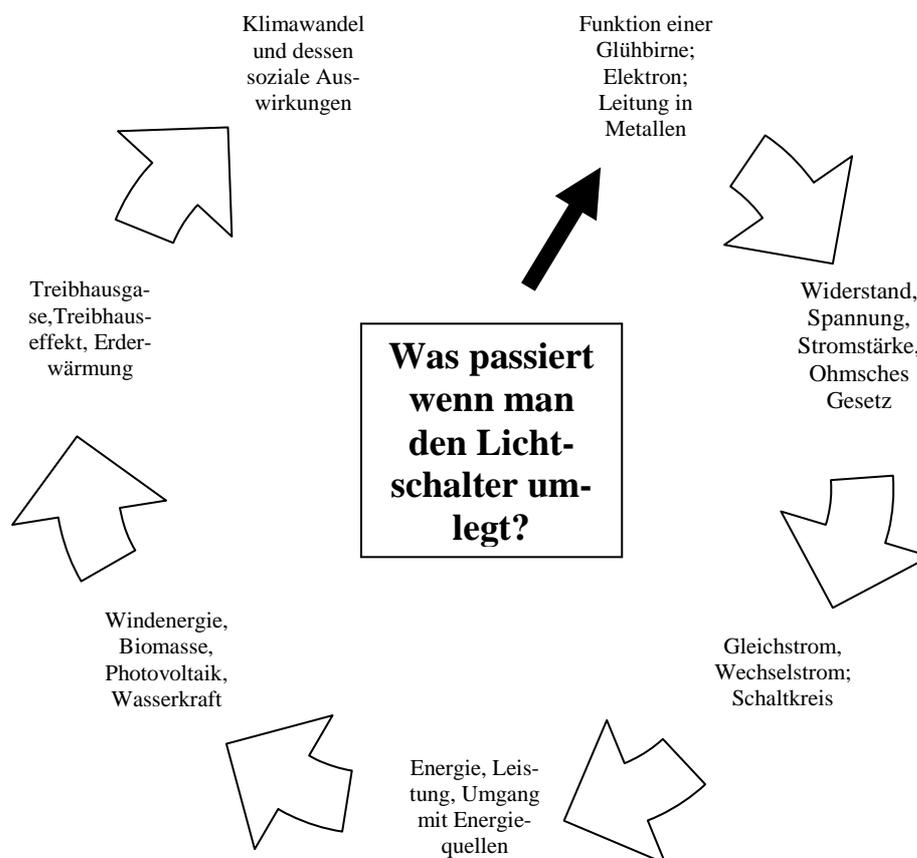
Dem schließt sich Moegling (1998, S. 50) an und führt fort, dass der als „Spezialist“ gilt, der „auf einem besonderen Arbeitsgebiet auch alle wesentlichen darin enthaltenen - auch fächerübergreifenden - Bezüge kennt und auch weiß, wie diese Kontakt zu komplexeren Erkenntnisebenen, zum Ganzheitlicheren haben.“

„Dies bedeutet, daß ein Schüler Experte für ein Thema wird, sich hierauf umfassend bezieht und sowohl gleichzeitig als auch im Nachhinein zum Spezialisten für die Transzendierung des speziellen Gegenstandsbezug wird. Dies meint Ganzheitlichkeit auf der inhaltlichen Ebene.“ (Moegling, 1998, S. 50)

Das Detail wird also zum Ausgangspunkt für einen immer größeren Themenbereich, der sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf mehrere Fächer ausweiten wird. Moegling (1998, S. 188) spricht in diesem Zusammenhang von der „Trägerfunktion des Überfachlichen im Speziellen.“ Dabei muss nicht von der einfachsten Frage eines Gegenstandsbereichs ausgegangen werden. Auch fehlende Vorkenntnisse der Schüler/innen sind bei der Durchführung des „exemplarischen Lernens“ nicht hinderlich, da diese im kommunikativen Diskurs ohnehin angesprochen werden. Wichtiges Lernziel ist die Entwicklung und Verbesserung des problemlösenden Denkens. Wie Wagenschein (1999) schreibt wird vor allem die wissenschaftliche Denkweise gelehrt. Als Problem sieht der Autor die Zerpflückung in Unterrichtseinheiten an, die dem Lernprozess im Weg stehen können.

Folgendes Unterrichtsbeispiel dient zur Veranschaulichung: Einer Gruppe von Schüler/innen wird die Frage gestellt: Was passiert wenn man den Lichtschalter umlegt?

In der Interaktion von Lernenden und Lehrenden wird nun das Thema bearbeitet. Dabei werden Wellen geschlagen, die auf andere Bereiche des Themas, schließlich auf andere Bereiche des Faches und schlussendlich auf andere Fächer überschwappen. Inhaltlich könnte das folgende Gestalt annehmen.



**Abb. 13: Beispiel für Exemplarisches Lernen**

Das ist eine Möglichkeit das Prinzip der Ganzheitlichkeit im Unterricht umzusetzen.

#### **8.6.4. Praktisches Lernen**

Moegling (1998) hebt die Bedeutung des praktischen Lernens hervor und fordert dessen Einbindung in das Schulsystem.

„Über den weitgehenden Verzicht auf das praktische Handeln und auf die auch hiermit verknüpft einhergehenden kognitiven, emotionalen und sozialen Lernprozesse, würde sich die Dominanz eines gymnasial verschulten und verkopften Menschenbildes mehr und mehr durchsetzen.“, so Moegling (1998, S. 51).

Das handwerkliche Tun und Schaffen, das Schrauben, Sägen und Hämmern, die Berührung von Dingen, das Herstellen von funktionalen Gegenständen, das Bewegen und Erkunden neuer Umgebungen, das emotionale Ausleben von Gefühlen, das gemeinsame Arbeiten usw. sind Beispiele für das praktische Lernens. Da dieses beim Heranwachsen der Kinder mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt wird, kann die Schule hier ansetzen und

diesem Trend entgegenwirken. „Hier gehe es also um elementare Bildungsgehalte, von denen ausgehend, sich komplexere Einsichten herleiten lassen.“ so Moegling (1998, S. 52). Abgesehen davon ist es für Moegling (1998) didaktisch wertvoll, dass Schüler/innen ein unmittelbares Feedback durch ihre praktische Arbeit erhalten, und zwar unabhängig von der Kritik eines Erwachsenen.

Sowohl das Ganzheitlichkeitsanliegen, als auch die Handlungsorientierung werden bei dieser Methodik in zufrieden stellendem Ausmaß berücksichtigt.

### **8.6.5. Imaginatives oder Szenisches Lernen**

Eine Person, die einen Roman liest entwickelt eine genaue Vorstellung über das Aussehen der Hauptdarsteller und macht sich ein geistiges Bild von deren Lebensumfeld. Dies wird als imaginatives Lernen aufgefasst und ist die Voraussetzung, um einen komplexen Sachverhalt zu verinnerlichen. Auch Moegling (1998, S. 53) merkt an: Es „muß ein Bild des Ganzen vorhanden sein, um das Detail einordnen zu können.“

Moegling (1998, S. 53) kritisiert:

„Wenn Kinder und Jugendliche zunehmend von den auf Profitinteressen ausgerichteten Vorgaben der Vorstellungsindustrien im Rahmen von Fernsehen, Kino und Computerspielen abhängig werden, geht ihnen die produktive und kreative Potenz verloren, die u.a. zur späteren Existenzbewältigung und zum erfolgreichen Verhalten, ja vielleicht auch zum erfolgreichen schulischen Lernen erforderlich sind. Schulischer Unterricht könnte hierauf reagieren, indem bewußt Gelegenheiten imaginativen Lernens geschaffen werden.“ (s. 53)

Rollenspiele scheinen für Moegling (1998) hierfür perfekt geeignet, um persönliche und gesellschaftliche Parameter ganzheitlich zu inszenieren. Es ist eine logische Folge, dass es in diesem Zusammenhang keine Fächergrenzen gibt.

### **8.6.6. Lernen über empirisches Forschen**

„Die empirische Vorgehensweise berührt sozialwissenschaftliche Fragestellungen, reicht über mathematisch-statistische Verfahren, Methoden sprachlicher Konstruktion, De- und Rekonstruktion, bis hin zum philosophischen Diskurs über die Konstruktion von Wirklichkeit.“ (Moegling, 1998, S. 2000)

Mit Hilfe von empirischen Forschungen können Schüler/innen handlungsorientiert arbeiten und Wirklichkeit konstruieren. Ein fächerübergreifender Bezug ist gegeben.

Moegling (1998, S. 200) fasst unter anderem folgende Funktionen empirischer Techniken zusammen:

- Aus der Sicht der Lernenden werden neue Bereiche erforscht und Erkenntnisse selbstständig angeeignet.
- Das Erfahren von empirischen Methoden und deren Bedeutung für die Wirklichkeitskonstruktion ist ein wichtiges Lernelement.
- Empirische Forschung nimmt eine wichtige Funktion „in der selbstreflexiven Evaluation des Unterrichtsprozesses ein“.

### **8.7. Didaktische Umsetzung des dritten Konzepts**

Neben Rabenstein (2003) realisiert auch Moegling (1998) den fächerübergreifenden Unterricht primär mithilfe unterschiedlicher Projekte.

Für Moegling (1998, S. 116) kristallisieren sich 4 Punkte heraus, die für ein Projekt charakteristisch sind:

- Handlungsorientierung (Reflektieren, Bewegen, Angreifen, Lernen, Planen, Präsentieren, Spielen, Schaffen, Diskutieren...)
- Schülerorientierung (Miteinbeziehung der Lernenden in Projektprozess; an Erfahrungen der Lernenden anschließen)
- Fächerübergreif
- Problemorientierung (Problem steht im Mittelpunkt)

In der Praxis nimmt der Autor die Lehrer(innen)rolle als Initiator und Moderator wahr. Sie ist zurückgezogen, um Schüler/innen zu mehr Aktivität anzuregen. Die Lehrperson tritt nicht nur im Unterricht, sondern auch in der Planung zurück. Es ist laut Moegling (1998, S. 42) essentiell, dass die Lehrkraft „SchülerInnen befähigt, ihre Lernprozesse auch selbst zu planen, möglichst selbstständig zu realisieren und reflektierend auszuwerten.“ Dies setzt voraus, dass weder die Planungs- noch die Lernprozesse von Fachgrenzen eingeschränkt werden. In der Unterstufe ist die Rolle der Lehrperson in der Regel dominanter, als in der Oberstufe, was an der Selbstständigkeit der Lernenden liegt. Positiv auf die Projektarbeit wirkt sich weiters ein starker Einbezug von Medien sowohl von Schüler/innen-, als auch von Lehrer/innenseite aus.

Zudem kommt, wie das auch Rabenstein (2003) vermerkt, dem Ergebnis eine große Bedeutung zu. Moegling (1998, S. 186) nennt als Beispiele Formen von „praktischen Handlungsprodukten“, die dem Machen entspringen, und „kognitiv ausgerichteten Handlungs-

produkten“, welche dem Denken entsprechen. Somit ist der „Integration von ‚Denken und Machen‘“, wie das Moegling (1998, S. 45) fordert, Rechnung getragen.

In der Praxis erweist sich der exemplarische Zugang als optimal, um ein sachliches Problem auf inhaltlicher Ebene zu klären. Es ist für Schüler/innen selbstverständlich die Fächergrenzen zu überschreiten, wenn ihnen der Freiraum hierfür gelassen wird.

Daraus zieht Moegling (1998, S. 187) folgenden Schluss:

„Leben in seiner Gestalthaftigkeit ist nur durch einen unnatürlichen fachspezialisierten Kunstgriff auf den Fächerkanon eingrenzbar. Der Gegenstand der Untersuchung selbst in seiner Gestalthaftigkeit war es, der seine Trägerfunktion, seine in ihm enthaltene Systematik und Dynamik entfalten konnte, dem Unterricht Struktur gab, sobald die Schülerinnen die Freiheit bekamen, dies zu entdecken.“

Abgesehen davon zeigt sich, dass das Sichtbarwerden von Querverbindungen, das Erkennen von Zusammenhängen und die Aneignung von Wissen im Projekt sehr motivierend für die Schüler/innen sind.

Besonders wichtig ist auch die Kommunikation mit Lehrer/innen, die nicht am Projekt beteiligt sind. Denn in Leistungsgruppen bzw. Wahlpflichtfächern existiert meist eine neue Gruppenzusammensetzung. Schüler/innen und Schüler können dann zu Experten in Themengebieten werden, was zu einem zusätzlichen Motivationsschub führen kann. Zudem wirkt es sich laut Moegling (1998) motivierend aus, wenn für Schüler/innen lebensweltliche und lebensnahe Elemente in den Unterricht einbezogen werden.

Moegling (1998) spricht aber auch ein Problem an, nämlich jenes der inhaltlichen Überforderung von Schüler/innen und Lehrpersonen. Es können Schwierigkeiten in der Grenzziehung entstehen, wenn mehr und mehr Verbindungen entstehen und wenn immer größere Kreise gezogen werden. Die Lehrkraft muss in diesem Fall bewusst gegensteuern, dem Projekt eine deutliche Rahmung und ein klares Ziel geben, da das Thema und die Struktur sonst in der Fülle der Informationen verschwimmen und unsichtbar werden würde.

Aus der Sicht der Lehrperson ist ein Projekt zeitlich aufwendig und kostet viel Energie. Handelt es sich um ein größeres Projekt ist die Zusammenarbeit von mehreren Lehrkräften erforderlich, die sich nicht nur persönlich gut verstehen, sondern auch fachlich ergänzen sollten.

„Am leichtesten und zeitsparendsten ist natürlich das fächerübergreifende Lehren zu gestalten, wenn zwei Schulfächer von ein und demselben Kollegen in einer Lerngruppe unterrichtet werden.“ (Moegling, 1998, S. 204)

Ein Projekt und das Aufsuchen von außerschulischen Lernorten kann laut Moegling (1998) nur selten durchgeführt werden, da der Stundenplan und damit verbunden andere Kollegen in ihrer Arbeit beeinträchtigt werden.

Weiters gibt er zu bedenken, dass bei der Durchführung eines Projekts nicht zu früh zu viele Informationen gegeben werden sollen, da dann Interesse und Aufmerksamkeit zu sinken drohen.

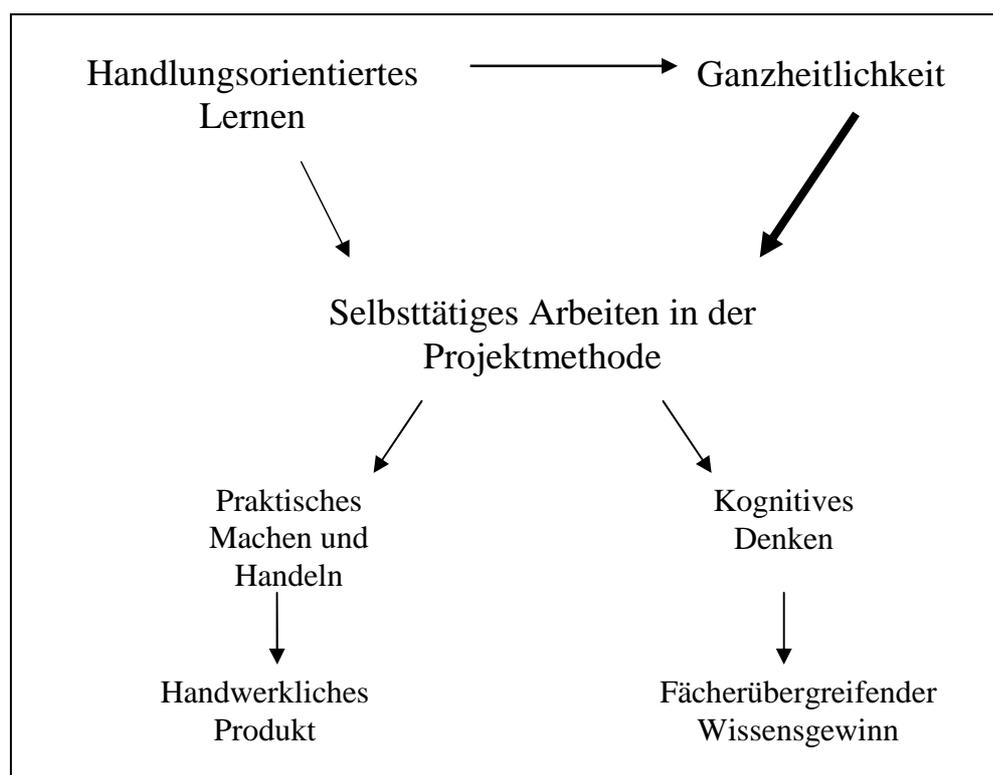


Abb. 14: Das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept (vgl. Moegling, 1998)

Dieses Konzept weist mit jenem nach Rabenstein (2003) insofern Ähnlichkeiten auf, als das auch hier das Problem im Zentrum steht und die Projektmethode zu einer selbstständigen Bearbeitung von Seiten der Schüler(innen) führen soll. Bei Moegling (1998) sind aber die praktischen und schaffenden Elemente stärker im Vordergrund. Ein angreifbares Produkt soll dabei die Inhalte verdeutlichen und anschaulich machen. Darüber hinaus spricht Moegling vielschichtigere Lernmöglichkeiten an, da der Mensch nicht nur mit seinem/ihrem Geist, sondern genauso mit seinem/ihrem Körper und der Seele miteinbezogen werden soll.

Für Rabenstein (2003) ist die kognitive Bearbeitung inklusive Präsentation ein zentrales Element. Hinzu kommt die anschließende Diskussion, wobei die jeweiligen Beiträge und Rollen der Fächer reflexiv in den Vordergrund gestellt werden sollen.

## **9. Wie kann fächerübergreifender Unterricht in der Schule realisiert werden?**

Eingangs wird der Blick auf das Schulsystem gerichtet und der Frage nachgegangen, wie sich dieses verändern muss um das angestrebte Ziel, nämlich den Fächerübergreif systematisch einzuführen, zu erreichen.

In dieser Arbeit wurden mit dem Konzept des mehrperspektivischen Unterrichts, dem problemorientiert, reflexiven Konzept und dem handlungsorientierten, ganzheitlichen Konzept drei Möglichkeiten der didaktischen Umsetzung beschrieben. Im folgenden Kapitel soll die Praxis vordergründig sein. Die wertvollen Erfahrungen der „Leibnizschule“ in Hannover werden im weiteren Verlauf genützt, um Modelle darzustellen, welche die zeitlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen eines fächerübergreifenden Projekts näher definieren. Dabei werden die Ausführungen zwecks der Übersichtlichkeit in Zielsetzung, Planung, Durchführung und Auswertung unterteilt.

### **9.1. Fächerübergreifender Unterricht im System Schule**

Eine Diskussion über die Einbettung im Schulsystem und über Änderungen auf institutioneller Ebene würde mit Sicherheit den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Im Folgenden soll lediglich Raum für ein paar Gedanken für diesbezügliche Forderungen gegeben werden. Selbstverständlich ist fächerübergreifender Unterricht auch im derzeitigen System jederzeit möglich. Beispielsweise dann, wenn sich zwei Lehrpersonen im Fachunterricht nach Absprache auf dasselbe Thema beziehen. Oder wenn eine Lehrkraft Aspekte von einem Nebenfach in den Unterricht einfließen lässt. Fächerübergreifender Unterricht ist vielschichtig, kann von einer oder mehreren Lehrer/innen, in einem Stundenteil oder über einen längeren Zeitraum in einem Projekt realisiert werden und selbst wenn ein Experte für eine Diskussion über einem gesellschaftlichen oder wissenschaftlichen Problem eingeladen wird, so kann man hierbei unter Umständen schon vom überfachlichen Unterricht sprechen.

Dennoch stellt sich die Frage, ob es anhand der bisherigen Argumente nicht notwendig wäre, den fächerübergreifenden Unterricht systematisch einzuführen und als etwas Selbstverständliches anzusehen? Wäre es nicht gerechtfertigt ihm ein gleiches Maß an Akzeptanz bei Schüler/innen und Lehrer/innen entgegen zu bringen, wie dem Fachunterricht? Raben-

stein (1999, S. 32) fordert eine „Institutionalisierung von Ort und Zeit für fächerübergreifendes Lernen.“ Die Autorin spricht weiters die Notwendigkeit der Verbindlichkeit an. Es müsse den Schüler/innen Aufgaben gestellt werden, die nur mit Hilfe der Zusammenarbeit mehrerer Fächer gelöst werden können. Diese müssten in Lehr- und Stundenplan verbindlich verankert sein.

Dem schließt sich auch Lorenz et al. (2000) an und fügt hinzu, dass die Leistungen im fächerübergreifenden Unterricht auch in die Benotung einfließen müssen.

Weitere Voraussetzungen sind Motivation und Wille von Schulleitung und Lehrkörper. Dazu beitragen könnte eine zusätzliche bezahlte Unterrichteinheit pro Projekt, denn der Autor Lorenz et al. (2000) berichtet aus der Praxis, dass viel unbezahlte Arbeit in das Gelingen eines Projekts investiert werden muss. Selbstverständlich müsste die Teilnahme einer Lehrkraft am Projekt stets auf Freiwilligkeit basieren.

Abgesehen davon ist es erforderlich, dass mehrere Lehrkräfte in Planung und Durchführung kooperieren. Dies hat den Vorteil, dass sich die Qualität des Unterrichts aufgrund mehrerer Sichtweisen verbessern könnte, birgt aber möglicherweise laut Lorenz et al. (2000) die Angst, Einblicke in das eigene Unterrichtsverhalten gewähren lassen zu müssen. Das gilt besonders für unsichere Lehrer/innen.

Als Chance zur Verbesserung der Lehrfähigkeiten kann angesehen werden, dass Lehrer/innen die Gelegenheit der Teamarbeit für Hospitationen und gegenseitiges Feedback nützen.

## 9.2. Zielsetzung

Zunächst sei in diesem Zusammenhang auf eine Schule in Hannover verweisen. Diese hat einen fächerübergreifenden Schwerpunkt gesetzt und auf deren Homepage ist zu lesen:

„Ziel des Fächerübergreifenden Unterrichts ist es, für Schülerinnen und Schüler neue Lernpotenziale zu erschließen, die die Zukunft des Arbeitslebens erfordern. (...) Dabei sollen die beabsichtigten Lernziele in der Vertiefung und Erweiterung des Gelernten, nicht der Eliminierung der Fachstrukturen liegen.“  
(www.leibniz-schule.net)

Rabenstein (2003) beschreibt folgende Zielvorstellung vom fächerübergreifenden Unterricht:

„Sein zentrales Anliegen ist, wissenschaftspropädeutisches Lernen durch die Reflexion unterschiedlicher Fachperspektiven zu ermöglichen: Indem die Lernenden sich die Konstruktionsprinzipien und Gültigkeitsbereiche fachlichen Wissens vor Augen führen, könne sie Einsicht in die Begrenztheit fachspezifi-

scher Sichtweisen und der eigenen Perspektive gewinnen“ (Rabenstein, 2003, S. 44)

Als weitere Ziele werden von Lorenz, Rödiger, Spickenbom, Stupperich und Thunich (2000, S. 10) die Verbesserung der Unterrichtsqualität und ein differenzierter Blick auf Methoden und Inhalte angegeben. Zudem sind Selbstständigkeit, Eigenverantwortlichkeit und die Fähigkeit zu reflexiven Gedankengängen wichtige Punkte, welche im Überfachlichen erreicht werden können.

Soll Wissen von der Lehrperson weitergegeben werden, so erweist sich der Fachunterricht mit all seinen Methoden als geeigneter Rahmen. Geht es aber um die praktische Anwendung und um das Verarbeiten von komplexeren Problemstellungen, so sind die Gruppenarbeit, der offene Unterricht und die Projektmethode besser geeignet. Auf diesem Weg sollen auch unterschiedliche Methoden nicht nur von Seiten der Lehrperson angewendet, sondern auch von den Schülerinnen und Schülern verinnerlicht werden.

### **9.3. Die Planung**

Laut Lorenz et al. (2000) muss zunächst klar sein, welcher Inhalt bzw. welches Problem sich für den Fächerübergreif eignet. Daraus ergibt sich eine Fächerkombination, die auf passende Überschneidungen und Verbindungen untersucht werden kann. Nach und nach kristallisiert sich ein Thema heraus. Wenn Inhalt und Thema geklärt sind wird der Organisation und der Methode vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt. „Die Organisation und die Methode muss dem Unterrichtsinhalt zuarbeiten, nicht umgekehrt.“, bestätigt Lorenz et al. (2000, S. 49).

Die folgenden Fragen (vgl. Lorenz et al., 2000) sollten während der Planung stets im Blickfeld bleiben:

- Ist das Projektthema altersadäquat und mit dem Lehrplan vereinbar? Welche Vorkenntnisse sind erforderlich? Wird dadurch die zeitliche Platzierung im Schuljahr eingeschränkt oder ist das Projekt vom Wissensstand der Lernenden jederzeit möglich?
- Welche inhaltlichen Punkte sind essentiell und in welcher Reihenfolge müssen diese zum Zug kommen? Welche Methodik wird angewandt?
- Wie ist der zeitliche Ablauf?

- Macht das Thema ein Aufsuchen von außerschulischen Lernorten und die Durchführung von Exkursionen möglich? Ist ein lebensweltlicher Praxisbezug für Schüler/innen gegeben und erkennbar?
- Um welche Art des überfachlichen Unterrichts handelt es sich? Ist ein Fach dominant und steht im Vordergrund? Welche Anteile haben die jeweiligen Fächer und worin besteht der Zusammenhang zum Projektthema? Wie arbeiten die Lehrkräfte zusammen?
- Welche Materialien werden benötigt und wie werden diese beschafft?
- Kann das Thema zu einem zufrieden stellenden Ergebnis in Form eines Produktes oder einer Präsentation führen?

In der Planung sollten bereits zentrale Lernziele fixiert werden, die während dem Projekt adaptiert werden können. Lorenz et al. (2000, S. 86f.) nennt drei Möglichkeiten der Lehrzielbestimmung:

1. Ein Fach übernimmt die inhaltliche Zielsetzung. Das zweite Fach wirkt unterstützend und gibt primär den dazugehörigen methodischen Weg vor.
2. Beide Fächer tragen zur inhaltlichen Zielsetzung bei.
3. Die Erarbeitung einer Präsentation mit konkreten Inhalten bestimmt das Ziel.

#### **9.4. Die Projektmethode**

Sowohl Rabenstein (2003), als auch Moegling (1998) sehen das Projekt als optimalen Rahmen für den fächerübergreifenden Unterricht. Auch Lorenz et al. (2000, S. 22f.) schließt sich dem an und beschreibt auf der Basis einer langjährigen Erfahrung an der Leibnizschule in Hannover folgende Vorgehensweise.

Die Lehrperson erläutert die Thematik und die grundlegende Aufgabenstellung. Die Schüler/innen werden von der Lehrperson in Arbeitsgruppen unterteilt, welche Themen, Aufgaben und Materialien erhalten. Im Sinne der Selbstständigkeit kann die Beschaffung von Materialien und Quellen auch den Lernenden überlassen werden. Es ist möglich, dass einzelne Gruppen ihre Aufgabe mit den Inhalten und Methoden eines Faches bearbeiten, wenn in weiterer Folge ein deutlicher Bezug und klare Verbindungen zu anderen Lerngruppen hergestellt werden.

Folgende Form des fächerübergreifenden Unterrichts beschreibt Lorenz et al. (2000) als geeignet:

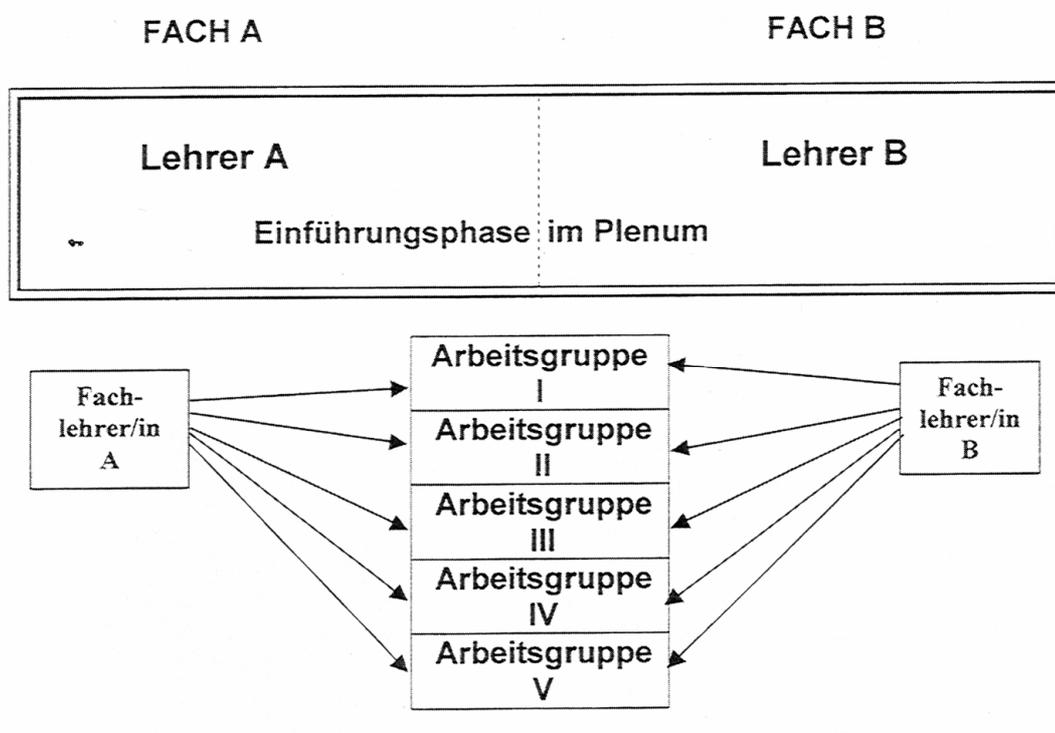


Abb. 15: Modell eines fächerübergreifenden Unterrichts (Lorenz et al., 2000, S. 28)

Dabei interagieren zwei Fächer, wobei jedes Fach Stunden abgibt und für den überfachlichen Unterricht zu Verfügung stellt. Die Einführungsphase im Plenum soll alle Schüler/innen gemeinsam auf das Projekt vorbereiten. Dann folgt die Arbeit in Gruppen. Im Zuge dessen kristallisieren sich laut Lorenz et al. (2000, S. 69) zwei Formen heraus:

1) „Halbjahresunterricht“:

Der fächerübergreifende Unterricht wird ein halbes Jahr begleitend zum Fachunterricht durchgeführt, wobei jedes beteiligte Fach eine Stunde abgibt. Das heißt das Projekt wird über einen langen Zeitraum mit geringer Intensität durchgeführt. Dies kann dazu führen, dass das Thema uninteressant und das Projekt langweilig und wenig ertragreich wird. Es könnte der Eindruck eines unnötigen Zusatzes zum normalen Unterricht entstehen. Außerdem wird ein zweistündiges Fach sehr in seiner Handlungsfähigkeit eingeschränkt, da nur noch eine Stunde für den Fachunterricht bleibt.

2) „Blockunterricht“:

Das Projekt nimmt eine Zeitspanne von 4 – 6 Wochen pro Semester ein und wird im Blockunterricht durchgeführt. Während dieser Zeit geben die beteiligten Disziplinen zwei oder mehr Stunden ab. Lorenz et al. (2000) hält dies für die bessere Lösung, weil die Schüler/innen eine intensive Auseinandersetzung mit einem Thema über einen überschaubaren Zeitraum erfahren. Für den Stundenplan ist es von Vorteil, wenn die Stunden der Projektfächer hintereinander stattfinden und keine Randstunden sind.

#### **9.4.1. Die Gruppenarbeit**

Die Aufgabe einer Gruppe kann in groben Zügen wie folgt beschrieben werden. Zunächst müssen Material und Quellen gefunden werden, um viele Informationen zu bekommen. Diese müssen geordnet und das relevante Wissen für die Aufgabenstellung herausgefiltert werden.

Das Arbeiten in Gruppen erfordert (vgl. Lorenz et al., 2000, S. 24f.) aus der Sicht der Schüler/innen:

- Gleicher Arbeitsaufwand und Einsatz aller Mitglieder
- Kooperation in der Gruppe und gegenseitige Hilfestellung unter den Gruppen
- Die Arbeitsplanung (Ziele, Tempo, Aufgabenverteilung) muss von allen Teilnehmern einer Gruppe mitentschieden und mitgetragen werden
- Übernahme von Verantwortung
- Das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren
- Hilfsmittel einzusetzen und gegebenenfalls die Lehrperson zu fragen

Für die Lehrkraft gilt es bei der Gruppenarbeit folgendes zu bedenken:

- Auffinden geeigneter Themen und rechtzeitiges Besorgen von Quellen und Materialien
- Sinnvolle Einteilung der Gruppen
- Aufbauen einer realistischen Zeitstruktur, sodass Stehzeiten vermieden werden
- Bei Notwendigkeit eine beratende Funktion ausüben, sonst eher im Hintergrund bleiben
- Kontrolle und Bewertung der Ergebnisse

Die Verantwortung für die Durchführung liegt je nach Reifegrad in unterschiedlichem Ausmaß bei den Schüler/innen. Während Rabenstein (2003) im Zuge des schülerzentrierten Parts davon spricht, dass die Lehrperson keine Kontrolle über den Lernweg hat, meint Moegling (1998, S. 193):

„Der Wunsch, den SchülerInnen die Kompetenz zu einer selbstständigen Handlungsorientierung zu ermöglichen, bedeutet nicht immer Nachgeben oder auch beständiges Abwarten von seiten des Lehrers, sondern heißt auch das (nicht-amtsautoritäre) Einbringen eigener Vorschläge und Ideen und manchmal auch das argumentative Beharren hierauf, wenn es um essentielles geht.“

Lorenz et al. (2000, S. 23) spricht dabei von der heiklen „Balance zwischen Selbst- und Lehrersteuerung“. Beispielsweise ist das Zeitmanagement eine schwierige Aufgabe, die unter Umständen das Eingreifen der Lehrkraft erfordert.

Die Gruppenarbeit eignet sich für das Erreichen folgender Lernziele:

- Das Erlangen von Wissen und die Entwicklung problemlösenden Denkens im Grenzbereich zweier Fächer
- Produktorientiertes Lernen
- Die Bedeutung von gegenseitiger Hilfestellung erkennen und Teamwork erfahren
- Das Auffinden von eigenen Lösungswegen
- Die Bedeutung des Fragen-Stellens für den Erkenntnisgewinn verinnerlichen
- Vielfältige Methoden, Arbeits- und Präsentationstechniken erfahren

Im nächsten Schritt geht es für die Schüler/innen darum, sich der zentralen Fragestellung auf vielen verschiedenen Ebenen und aus mehreren Perspektiven zu nähern. Schlussendlich sollen Ergebnisse zusammengeführt und eine Präsentation erstellt werden.

Resümierend lässt sich folgendes behaupten:

„Die Präsentation als Ziel und die Gruppenarbeit als Methode fördern Schlüsselqualifikationen wie Kooperations- und Konfliktfähigkeit, Kreativität und Flexibilität sowie Zuverlässigkeit und Ausdauer.“ so Lorenz et al. (2000, S. 89).

## **9.5. Auswertung und Evaluation**

Wie kann die Qualität des fächerübergreifenden Unterrichts überprüft werden? Welche Aussagen können über das Gelingen und über die Sinnhaftigkeit eines Projekts getätigt

werden? Was wurde aus der Sicht der Schüler/innen gelernt? Welche Schlüsse und Konsequenzen lassen sich für die Zukunft daraus ableiten?

Um auf diese Fragen eingehen zu können, muss eine Evaluation durchgeführt werden, welche auf drei Ebenen stattfinden kann:

#### **9.5.1. Beschreibung und Auswertung durch die Lehrperson(en)**

Lorenz et al. (2000, S. 66f.) nennt unter anderem folgende Punkte, die in der Auswertung reflektiert werden können:

- „Umsetzbarkeit der Idee“
- „Funktionieren der Kooperation“
- „Eignung der Materialien“
- „Funktionieren der Organisation des Fächerübergriﬀs“
- „Beurteilung des zeitlichen Ablaufs“
- Exkursionen und außerschulische Lernorte
- Didaktik und Unterrichtsformen

Die Herausgeber des Erfahrungsberichts der Leibnizschule geben auch ein konkretes Beispiel eines Auswertungsbogens, der vom schulinternen „Didaktischen Arbeitskreis“ entwickelt wurde. In diesem Fragebogen wurden folgende Punkte reflektiert (Lorenz et al., 2000, S. 72f.):

1. *Didaktik* (Lernziele der Fächer, Bezug zum Lehrplan, außerschulische Lernorte, Eignung der Thematik, soziale Erziehung und Arbeiten in der Gruppe, didaktischer Wert der Präsentation)
2. *Methodik* (Art der Fächerverbindung, Stellung von fächerübergreifenden Aufgaben, Organisation der Gruppenarbeit, Differenzierung in der Gruppenarbeit, Einflussnahme der Lehrkraft, Sicherung der Ergebnisse, Materialbeschaffung, Praxisbezüge, Benotung)
3. *Unterrichtsorganisation* (Block- oder Halbjahresunterricht und Erfahrungen damit)
4. *Präsentation und Zeitaufwand* (Rolle der Präsentation, Auswirkungen und zeitlicher Aufwand der Präsentation, zeitliche Organisation des Projekts, Arbeitsaufwand)

### **9.5.2. Feedback von Schüler/innen**

Die Rückmeldung kann in Form von Briefen, mündlich in Abschlussrunden, in Einzelgesprächen oder mithilfe von Fragebögen erfolgen. Weiters kann über die Leistung der Schülerinnen und Schüler bei Präsentationen, Tests oder Heftführungen auf den Erfolg eines Projekts rückgeschlossen werden. Was wurde auf welche Weise gelernt? Wurden die Möglichkeiten voll ausgeschöpft oder wäre mehr drinnen gewesen?

Im Zuge dessen kann also eine subjektive Bewertung der Lernenden als Parameter herangezogen werden, wobei die Reflexivität der Perspektiven, soziale Lernformen und die Persönlichkeitsentwicklung von Schüler/innen auf diesem Weg nur schwer abprüfbar oder messbar sind.

### **9.5.3. Beurteilung und Analyse durch Außenstehende**

Nicht am Projekt beteiligte Personen können ein Unterrichtsgeschehen oft besser beurteilen und interpretieren. Diese Analysen können die Lehrperson, das Unterrichtsgeschehen, die Didaktik und Methodik, soziale Prozesse, den zeitlichen Ablauf, Ergebnisse usw. umfassen. Deswegen sollte die Möglichkeit der Hospitation genützt und eine offene Diskussion und gegenseitige Beurteilung zugelassen werden.

Von besonderer Bedeutung ist, dass von solchen Beurteilungen, Auswertungen und Evaluationen möglichst viele Lehrkräfte profitieren. Schriftliche Berichte könnten dafür sorgen, dass die Ergebnisse zu einer Verbesserung vom überfachlichen Unterricht und der dazugehörigen Didaktik führen. Das ist außerordentlich wichtig, weil sich die Didaktik des fächerübergreifenden Unterrichts in Österreich noch in den Kinderschuhen befindet und Erfahrungsbericht eine absolute Mangelware sind. Das Wissen und die Erfahrung sollten zur schnellen Verbesserung von Didaktik und Methodik auch an vielen anderen Schulen und Hochschulen zugänglich sein.

## **9.6. Zusammenfassung des Modells der Leibnizschule Hannover**

Die untere Grafik soll das von der Leibnizschule in Hannover verwendete Modell zum fächerübergreifenden Unterricht darstellen und zusammenfassen.

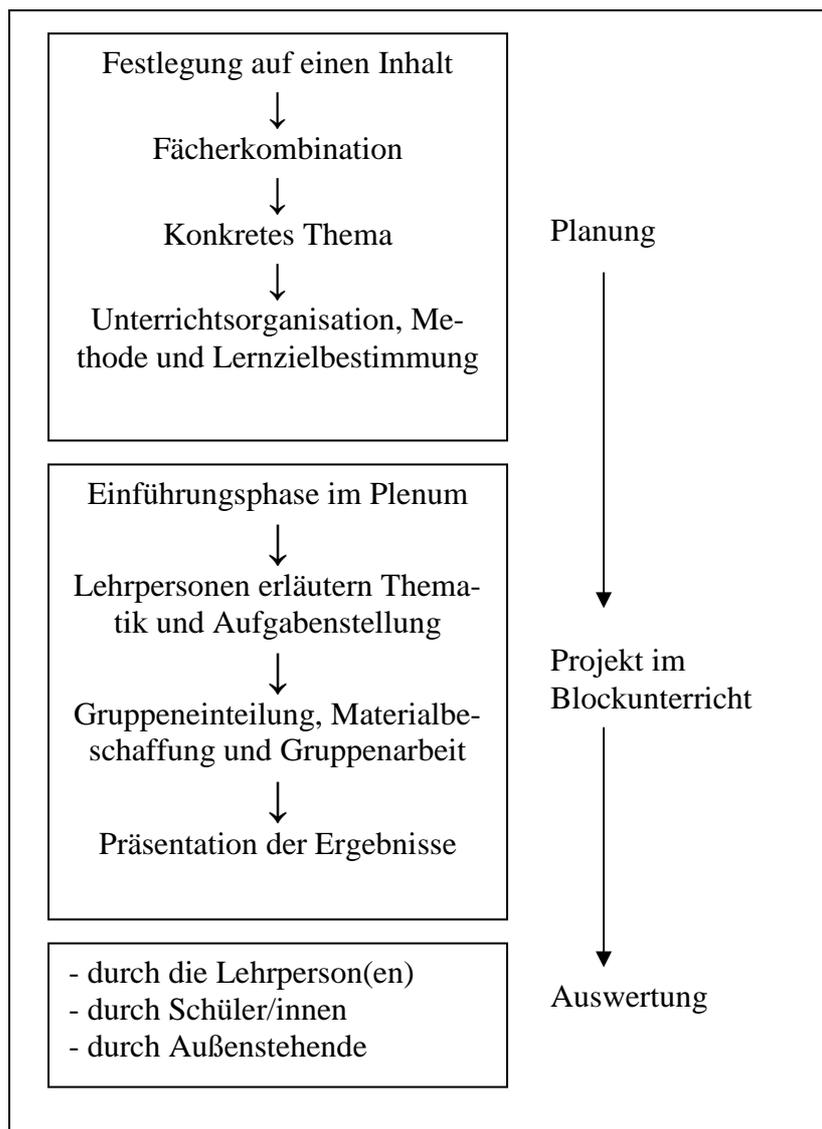


Abb. 16: Erstes Modell des fächerübergreifenden Unterrichts

### 9.6.1. Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Auswertung der Leibnizschule

Für die von Lorenz et al. (2000, S. 79f.) beschriebene Auswertung wurden 20 Fragebögen herangezogen. Die Zusammenfassung dieser qualitativen Analyse soll eine erste allgemeine Orientierung über die Chancen und Grenzen des fächerübergreifenden Unterrichts geben.

Positives:

- ⇒ Es findet eine „Erziehung zur Kooperations- und Teamfähigkeit“ statt.
- ⇒ In der Präsentationsarbeit stecken vielfältige Lernmöglichkeiten.
- ⇒ Eine Verbesserung des sozialen Miteinanders in der Klasse wurde beobachtet.

- ⇒ Klar scheint, dass in der Gruppenarbeit unterschiedlichste Lerntechniken und Bearbeitungsmethoden entwickelt werden.
- ⇒ Es ergeben sich häufig Lernmöglichkeiten in der selbstständigen Organisation des Arbeitens.

Negatives:

- ⇒ Ein überdimensional hoher Arbeitsaufwand für Lehrerinnen und Lehrer wurde vermerkt.
- ⇒ Das vorhandene Unterrichtsmaterial ist für den Fachunterricht ausgelegt und somit kaum für den Fächerübergreifung geeignet. Folglich muss Material neu angeschafft oder selbst hergestellt werden.
- ⇒ Schülerinnen und Schüler zeigen oft eine sehr geringe Bereitschaft zur selbsttätigen Gruppenarbeit. Diese Aussage wurde mit der Forderung nach einer Stärkung und früheren Spezialisierung auf diese Methode verbunden. Auch die selbstständige Organisation der Arbeit überfordert manche Lernende.
- ⇒ Die Gestaltung des Stundenplans erwies sich als immens schwierig.

Allgemeine Beobachtungen der Lehrer/innen:

- ⇒ Die Verbindung der beiden Fächer erfolgte entweder im Plenumsunterricht oder durch die Beibehaltung der Gruppen in beiden Fächern.
- ⇒ Die Ergebnisse der Gruppen wurden sehr oft durch Vorträge und Präsentationen mit anschließender Diskussion zusammengeführt.
- ⇒ Die Präsentation der Ergebnisse ist essentiell für die Motivation und das Absichern der Ergebnisse.
- ⇒ Der Großteil der Lehrer(innen)-Belegschaft spricht sich klar für den Blockunterricht aus. Als Problem werden die Randstunden angesehen.
- ⇒ Ungefähr die Hälfte der Befragten sieht den erhöhten Zeitaufwand in Bezug auf das Ergebnis nicht gerechtfertigt. Damit der fächerübergreifende Unterricht wie beschrieben eingeführt werden kann, müsste der Aufwand für Lehrkräfte um 50% gesenkt werden. Auch ein Mehraufwand auf Seiten der Schüler/innen ist erkennbar.

Die Zusammenarbeit mit Kolleg/innen wird als positiv, wenn auch ungewohnt eingestuft. Hier fehlt es an der notwendigen Routine, was die Forderung der Einführung dieses Unterrichtsstils an der Universität unterstreicht.

Als negativ erwähnt Lorenz et al. (2000) zudem die schwierige Themenfindung aufgrund der vorgesehenen fachorientierten Inhalte der einzelnen Schulstufen, die nur wenige Überschneidungsmöglichkeiten bieten.

Entscheidende Faktoren für das Gelingen oder Nichtgelingen eines Projekts sind die Motivation, die Disziplin und die Arbeitsbereitschaft der Lernenden. Um die Schüler/innen an die selbstständige Arbeit in der Gruppe zu gewöhnen und so die Erfolgchancen zu erhöhen, schlägt Lorenz et al. (2000, S. 91) vor, solche Techniken schon früh und intensiv in den Schulalltag einfließen zu lassen. So können die Effizienz des Lernprozesses maximiert, die Konzentration gesteigert und die Ergebnisse verbessert werden.

### 9.7. Ein alternatives Modell zur Durchführung eines fächerübergreifenden Projektunterrichts

Erneut handelt es sich um einen Pflichtunterricht und im Zentrum steht nach wie vor das Denken und Handeln im überfachlichen Unterricht. Das alternative Modell hat folgende Struktur:

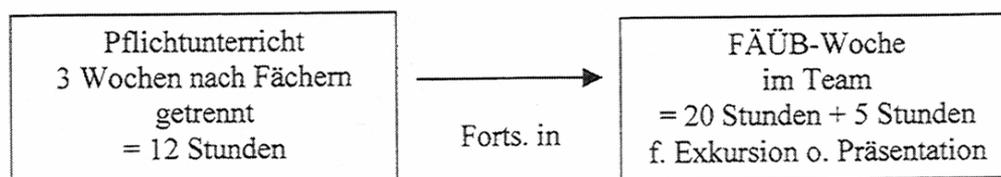


Abb. 17: Modell für den überfachlichen Projektunterricht (Lorenz et al., 2000, S. 92)

In einer dreiwöchigen Vorbereitungszeit werden die Lernenden in den beteiligten Fächern inhaltlich vorbereitet. Die Lehrkräfte unterrichten dabei getrennt und nach Absprache. Anschließend folgt eine Woche, in der die gesamte Unterrichtszeit für das fächerübergreifende Projekt aufgewendet wird.

Vorteile sind die Unabhängigkeit im Stundenplan und das zeitlich unkomplizierte Durchführen von Exkursionen. Zudem ist es möglich, dass während der Projektwoche 2 – 3 Lehrende eine Klasse im „Teamteaching“ unterrichten und so die Gruppen unterschiedliche Lernorte aufsuchen können.

Lorenz et al. (2000) empfiehlt diese Modell für die Schulstufen 7 bis 10.

## 10. Zusammenfassung und Ausblick

Nach der Begriffsbestimmung wurde mit einer ausführlichen Argumentation für die Notwendigkeit vom überfachlichen Lernen und Lehren als Ergänzung zum Fachunterricht fortgesetzt. Es hat sich gezeigt, dass das Überschreiten von Fächern neue, übergreifende Didaktikansätze erfordert, welche optimalerweise bereits an der Universität vermittelt und vorgelebt werden sollten.

Anschließend wurden folgende Konzepte und Modelle für dessen Realisierung in der Schule herausgearbeitet:

- Der mehrperspektivische Unterricht
- Das problemorientierte, reflexive Konzept nach Rabenstein (2003)
- Das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept nach Moegling (1998)
- Das Modell nach Lorenz et al. (2000)
- Das alternative Modell nach Lorenz et al. (2000)

Da die Konzepte und Modelle ineinander verflochten sind, ergeben sich einige Überschneidungen und Gemeinsamkeiten:

- ⇒ Dominant ist die Projektmethode, die ein Ergebnis in Form eines Produktes oder einer Präsentation zum Ziel hat.
- ⇒ Planung und Durchführung sind von großem zeitlichen und organisatorischen Aufwand und erfordern viel Engagement von Lehrer/innen und Schüler/innen.
- ⇒ Das Lernen muss an Biografie der Schüler/innen anschließen und die Inhalte sollten einen Praxisbezug haben.
- ⇒ Ein ausgewogenes Verhältnis von Theorie und Praxis bzw. von Denkprozessen und praktischen Handlungen wird angestrebt.
- ⇒ Durch Exkursionen werden Projekte unterstützt und didaktisch ergänzt.
- ⇒ Mehrere Perspektiven müssen deutlich gemacht und reflektiert werden.
- ⇒ Da Selbstständigkeit, Eigenverantwortlichkeit und Selbsttätigkeit der Lernenden essentiell sind, ist die Methode der Gruppenarbeit angemessen.

Eine interessante Fragestellung wäre, wie sich die Schule verändern muss, damit die beschriebenen Konzepte und Ansätze bestmöglich in die Tat umgesetzt werden können. Eine

Analyse und Diskussion über strukturelle und organisatorische Veränderung von Schule zur verbindlichen Einführung vom überfachlichen Unterricht würden allerdings in diesem Theorieteil zu weit führen wurden deswegen weitgehend ausgeklammert.

## **11. Die Eignung der Konzepte für die Fächerkombination Bewegung und Sport – Physik**

In der Begriffsbestimmung wurden viele Möglichkeiten und Arten des überfachlichen Unterrichts angesprochen. Die im zweiten Teil der Diplomarbeit gegebenen Praxisbeispiele können primär dem „fächerergänzenden und fächerübergreifenden Projektunterricht“ zugeordnet werden. Wiederholend seien folgende Charakteristika dieser Methode angeführt:

- Problemorientierung.
- Das Thema wird aus der Perspektive zweier oder mehrerer Fächer betrachtet.
- Integrative Wissensvermittlung.
- Der Fachunterricht wird teilweise aufgelöst und an dessen Stelle treten Projekte.
- Gruppenarbeit.

Nun folgend soll auf die Frage eingegangen werden, welche der beschriebenen Konzepte sich auf den fächerübergreifenden Unterricht Physik und Bewegung und Sport anwenden lassen.

Da der Sport eine psychische, physische, kognitive und soziale Funktion hat, spielt das Prinzip der Ganzheitlichkeit eine wesentliche Rolle. Weiters beinhaltet das Unterrichtsfach auch vielfältige Handlungsmöglichkeiten wie Arbeiten, Bewegen, Aufbauen, Planen, Erkunden, Spiele, Leistungen, Messen oder emotionales Empfinden. Deswegen wird es auch dem Anspruch nach Handlungsorientierung gerecht, wie es auch das „Konzept der sportlichen Handlungsfähigkeit“ bestätigt. Es ist somit naheliegend, dass das von mir beschriebene handlungsorientierte und ganzheitliche Konzept nach Moegling (1998) eine gute Basis ist, um Physik und Bewegung und Sport fächerübergreifend zu unterrichten.

Das Konzept des mehrperspektivischen Unterrichts erscheint für diese Zwecke als weniger geeignet. Hierbei geht es um die Vermittlung mehrerer Sichtweisen auf einen Inhalt und um die Erkenntnis, dass die Meinung über einen Sachverhalt von der Perspektive abhängig sein kann. Meine Fächerkombination legt aber eine naturwissenschaftliche Vorgehensweise nahe, weswegen es zweifelhaft ist, dass sich mehrere konträre Blickwinkel auf eine Problemstellung ergeben werden.

Das ist auch der Grund, warum das Konzept nach Rabenstein (2003) weniger passend ist. Der reflexive Charakter ist bei einer physikalisch-sportlichen Problemlösung erwünscht,

aber in meinen Augen nicht vordergründig. Somit wird dem divergenten Ansatz im Gegensatz zum konvergent, problemorientierten Ansatz wenig Bedeutung beigemessen. Wichtiger als das Hervorheben der unterschiedlichen Zugänge der Fächer ist die gemeinsame Vorgehensweise beim Lösen eines Problems.

Wie bereits erwähnt weisen die Konzepte Überschneidungen auf, daher wird immer wieder der ein oder andere Ansatz in die Praxisbeispiele didaktisch einfließen. Im Vordergrund steht allerdings das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept nach Moegling (1998) mit einer stark problemorientierten Ausrichtung.

Nun folgend soll ein erster Überblick über die 5 Praxisbeispiele der vorliegenden Diplomarbeit geben werden. Die Frage nach der Altergruppe orientiert sich natürlich primär am physikalischen Wissen der Schüler/innen, generell sind die Projekte für 6., 7. und 8. Klassen (10 – 12 Schulstufe) eines österreichischen Gymnasiums geplant.

### 11.1. Überblick über die Praxisbeispiele

Thema	Inhaltliche Lernziele	Kurzcharakteristik
<i>Physik des Bergwanderns</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanische Grundlagen (Kinematik, Energie und Energieerhaltung, Arbeit, Leistung, Einheit Kalorien) mit Sport in Verbindung bringen</li> <li>• Sport in der Natur erleben</li> </ul>	Eine Bergwanderung wird physikalisch analysiert. Dabei bekommen vier Gruppen unterschiedliche Aufgaben, die sie zunächst planen und vorbereiten. Nach der Wanderung werden die Ergebnisse präsentiert und protokolliert. Auf diesem Weg soll Physik am eigenen Körper erfahren und anschaulich gemacht werden.
<i>Physik des Laufens</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanische Grundlagen</li> <li>• Anwenden von kinematischen Bewegungsgleichungen</li> <li>• Exaktes Messen</li> <li>• Darstellen von Bewegungen in Diagrammen</li> <li>• Videoanalyse einer Beschleunigung</li> <li>• Energieversorgung des Körpers beim Laufen</li> </ul>	4 Gruppen beschäftigen sich mit physikalischen Grundlagen rund ums Laufen, wobei sich die erste Gruppe mit dem Geschwindigkeitsverlauf und dem Impuls eines Sprinters beschäftigt. Gruppen 3 und 4 sollen die Startbeschleunigung auf zwei unterschiedliche Arten ermitteln und die beiden Ergebnisse und Ansätze (Videoanalyse und Lichtschrankenmessung) miteinander vergleichen. Gruppe 4 ermittelt die Geschwindigkeiten auf mehreren Laufdistanzen und stellt diese in Relation. Auch auf die dazugehörigen sportwissenschaftlichen Hintergründe wird Wert gelegt.
<i>Splashdiving</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung des Energieerhaltungssatzes</li> <li>• Eigenschaften des Wassers</li> <li>• Fallgesetz</li> <li>• Wellenmechanik</li> </ul>	Über das exemplarische Lernen soll die Fragestellung „Wie kann die Höhe der Wasserfontäne maximiert werden?“ physikalisch diskutiert werden. Daraus soll vorab eine Theorie entwickelt werden, wie ein entsprechender Sprung zu gestalten ist. Diese Theorie muss schlussendlich in der Praxis überprüft werden.
<i>Physik des Wintersports</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Dynamik</li> <li>• Experimentelle Bestimmung der Erdbeschleunigung</li> <li>• Zentripetalkraft</li> <li>• Computerunterstütztes Auswerten von Bewegungen</li> <li>• Kräfte beim Skifahren</li> </ul>	Eine Wintersportwoche ist der passende Rahmen um eine sportwissenschaftlich-physikalische Analyse des Skifahrens und Snowboardens durchzuführen. Aufgaben wie die computerunterstützte Auswertung eines Carvingschwunges, die Erstellung eines Tages-Höhenmeterprofils oder die experimentelle Bestimmung der Erdbeschleunigung können von allen Gruppen eines Skikurses gemacht und die dazugehörigen Lernziele erreicht werden.

<i>Physik des Krafttrainings</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mechanische Grundlagen</li><li>• Sportbiologische Grundlagen</li><li>• Biomechanische Grundlagen</li></ul>	Eine Videoanalyse samt der Darstellung und Interpretation von physikalischen Größen wie Beschleunigung, Kraft oder Hubarbeit ist der Schwerpunkt dieses Themas. Auch der Gesundheitserziehung und der richtigen Übungsausführung wird Bedeutung beigemessen. Es wird zudem der Frage nachgegangen, welche Rückschlüsse sich aus den neuen Erkenntnissen für das individuelle Krafttraining ergeben.
----------------------------------	--	---

## 12. Physik des Bergwanderns (Beispiel 1)

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in den folgenden Kapiteln vektorielle Größen im Textfluss kursiv (z.B.  $F$ ,  $x$ ,  $v$ , ...) gekennzeichnet.

### 12.1. Lehrplanbezug und Lernziel

Die Auszüge aus dem Physik – Lehrplan für die gymnasiale Oberstufe (6. Klasse) entstammen der Homepage des Unterrichtsministeriums (BMUKK, 2008):

„Grundgedanken: Bewegung ist meßbar - Kräfte ändern eine Bewegung“

Lernziele aus dem Bereich der Mechanik:

- „Einen Meßvorgang durchführen und auswerten können“
- „gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen beschreiben, graphisch darstellen und berechnen können“
- „Mechanische Arbeit definieren und auf einfache Beispiele anwenden können“
- „Energie und Impuls als fundamentale Austauschgrößen begreifen“
- „die Bedeutung der Erhaltungssätze der Physik, im besonderen jener für Energie und Impuls erkennen“
- „Energie- und Impulssatz qualitativ und an einfachen Beispielen auch quantitativ anwenden können“

Lerninhalte:

- „Grundversuche zur Bewegungslehre; graphische Darstellung von Bewegungen“
- „Grundgleichungen der Mechanik, Inertialsysteme“
- „Messung von Geschwindigkeit und Beschleunigung in Schülerexperimenten“
- „Kraft, Federkraft, Reibung, Masse und Gewicht; zusammengesetzte Bewegung“
- „Hub-, Beschleunigungs- und Dehnungsarbeit; Beispiele aus der Erfahrungswelt der Schüler“
- „Unterscheidung der Begriffe Arbeit und Leistung; kinetische und potentielle Energie; Energieerhaltung, (...) Impuls und Impulserhaltung“.

Die Zitate aus dem „Lehrplan für Bewegung und Sport ab der 9. Schulstufe“ wurden der Verordnung des Bundesministers für Unterricht, Kunst und Sport (BMUKK, 2009, S. 6)

entnommen und sind unter dem Punkt „Erlebnisorientierte Bewegungshandlungen“ zu finden:

- „In verschiedenen Räumen und Elementen (Sporthalle; Sportplatz; Wald; Wasser; Schnee; Eis; Gelände; Fels; usw.).“
- „Aufsuchen und selbsttätiges Bewältigen von herausfordernden Bewegungssituationen und dabei die persönlichen Grenzen und Verhaltensweisen erfahren, ausloten und reflektieren; Gefahren einschätzen und situationsgerecht handeln (Wandern; [...]).“
- „Sportaktivitäten/-projekte gemeinsam planen, gestalten und reflektieren (Sporttage; Sportwochen; Sportfeste; fächerübergreifende erlebniskulturelle Veranstaltungen; usw.).“

## 12.2. Physikalische Grundlagen

### 12.2.1. Energie und Energieerhaltung

Der Definition der Energie muss im Unterricht viel Zeit gewidmet werden, da diese von fundamentaler Bedeutung für die Physik und den Sport ist. Somit ist die Thematisierung des Begriffes auch eine Voraussetzung für einen funktionierenden fächerübergreifenden Unterricht.

„Energie kann nicht verbraucht, sondern nur umgewandelt werden!“ und „Energie ist die Bereitschaft zu einer Arbeit!“. Diese beiden Sätze werden wohl den meisten Schülern aus dem Unterricht bekannt sein! Doch was bedeuten diese?

Das Vorhandensein von Energie ist die Voraussetzung für jedes Tun, für jedes Handeln und für jede Bewegung auf der Welt. Sei es die Bewegung des Windes, des Wassers, eines Autos oder eines Menschen. Dabei treten viele unterschiedliche Energieformen zutage, die ineinander umgewandelt werden können. Ein Beispiel: Um ein Auto zu betreiben wird die chemische Energie von Benzin oder Diesel in Bewegungsenergie umgewandelt. Beim Bremsen geht diese Bewegungsenergie in Reibung und schließlich in Wärmeenergie.

Der *Energieerhaltungssatz* besagt, dass die Gesamtenergie in einem System konstant ist (vgl. Tipler, 1994, S. 163). Ändert sich die Energie, so steht das System in Wechselwirkung mit seiner Umgebung.

Der erwähnte Energieerhaltungssatz gilt bei näherer Betrachtung nur für „Konservative Kraftfelder“.

*Kinetische und Potentielle Energie:*

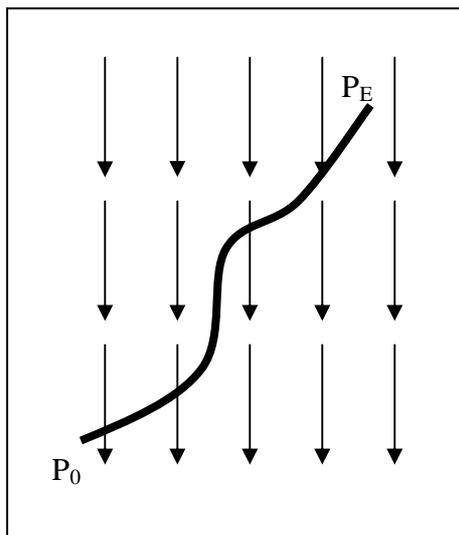
Die kinetische Energie  $E_{kin}$  ist die Arbeit, die von einer Kraft verrichtet wird, um einen Körper aus anfänglicher Ruhe auf eine Geschwindigkeit  $v$  zu beschleunigen.

$$E_{kin} = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

Die potentielle Energie  $E_{pot}$  bezüglich eines Bezugspunktes  $P_0$  lässt sich wie folgt definieren:

$$E_{pot} = - \int_{P_0}^{P_E} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Gemessen wird die negativ verrichtete Kraft  $F$  entlang eines Weges  $s$  von  $P_0$  zum Endpunkt  $P_E$ . Die Pfeile in der unteren Grafik symbolisieren das Kraftvektorfeld, was zum Beispiel der Gravitationskraft entsprechen könnte. Entscheidend ist dabei die Wegkomponente senkrecht zum Kraftfeld.



**Abb. 18: Potentielle Energie im Kraftfeld**

So lässt sich festhalten, dass die mechanische Gesamtenergie  $E_{ges}$  eines Systems die Summe aus kinetischer und potentieller Energie ist.

$$E_{ges} = E_{kin} + E_{pot}$$

$$E_{kin_1} + E_{pot_1} = E_{kin_2} + E_{pot_2}$$

### 12.2.2. Arbeit und Leistung

„Die Arbeit, die eine konservative Kraft an einem Massenpunkt verrichtet, ist unabhängig davon, auf welchem Weg sich der Massenpunkt von einem Ort zu einem anderen bewegt.“

(Tipler, 1994, S. 143)

Geht eine Person beispielsweise in stets gleicher Höhe um einen Berg (Äquipotentialfläche) so verrichtet sie physikalisch gesehen keine Arbeit (Reibung vernachlässigt).

Weiters spielt es keine Rolle, ob ein/e Wanderer/in auf direktem Weg vom Parkplatz ( $P_0$ ) zum Gipfel ( $P_E$ ) marschiert oder in Schlangenlinien rauf spaziert. Am Gipfel hat die Person ihre potentielle Energie erhöht, da sie ihren Körper gegen die Gravitationskraft der Erde bewegt hat. Kehrt der /die Bergsteiger/in wieder zum Parkplatz zurück, so hat er/sie in Summe keine Arbeit verrichtet, da  $E_{\text{pot}}$  wieder auf den Ausgangswert sinkt. Und es ist erneut egal, ob die Person beim runter gehen einen Umweg über eine Almhütte gemacht hat, oder nicht. Das Weg- Integral über die Kraft  $F$  ist Null, wenn Anfangs- und Endpunkt des Weges auf gleicher Höhe liegen.

$$W = \oint \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Den Schüler/innen muss demnach klar gemacht werden, dass zwischen Mühe oder Anstrengung und der physikalischen Größe Arbeit unterschieden werden muss.

Es gibt drei Gründe warum eine Person beim Wandern in der Ebene dennoch Energie umwandeln muss:

- Luftwiderstand und Reibung zwischen Sohle und Boden
- Physiologische Prozesse, Muskelarbeit und biomechanische Reibung
- Hubarbeit des Körpers

Verdeutlicht kann dies auch an einem einfachen Beispiel im Sportunterricht werden.

Eine schwere Last, zum Beispiel eine Hantel mit einer großen Masse soll auf einen Kasten gehoben werden. Findet die Hebebewegung vertikal statt, so wird das für eine/n Schüler/in sehr anstrengend sein. Wird die schwere Last über eine schiefe Ebene (Langbank) auf die Höhe gerollt, so wird das als deutlich leichter empfunden werden, obwohl gleich viel Arbeit verrichtet wurde.

Die Leistung  $P$  berechnet sich aus der Arbeit  $W$  pro Zeiteinheit  $t$ :

$$P = \frac{W}{t}$$

Nimmt man beispielsweise bei einem Marathonlauf die Arbeit von zwei Athleten als gleich an, so wird die Leistung bei der Person größer sein, die die 42,195 km in einer kürzeren Zeiteinheit gelaufen ist.

### 12.3. Didaktische Umsetzung

Moegling (1998) definiert 4 methodische Lernwege zur Vermittlung von fächerübergreifenden Inhalten in der Schule:

Das „Exemplarische Lernen“ wäre eine Möglichkeit für das Beispiel „Physik des Bergwanderns“, da eine physikalische Betrachtung des Bergwanderns sowohl ein deduktives, als auch ein induktives Vorgehen nahe legt. Meine Aufgabenstellung wird aber eher einem genauen Arbeitsauftrag entsprechen, darum ist das „Exemplarische Lernen“, bei dem eine inhaltliche Flexibilität notwendig ist, nicht vorrangig.

„Imaginatives Lernen“ erscheint mir für eine wissenschaftliche Analyse generell als ungeeignet. Damit lassen sich wohl eher gesellschaftliche oder persönlichkeitsbildende Parameter vermitteln. Und auch das „Lernen über empirische Forschung“ ist kein geeigneter Ansatz.

Das „Praktische Lernen“ hingegen eignet sich für den Sport allgemein und somit auch für dieses Unterrichtsbeispiel. Da diese Methode im Gegensatz zum „Exemplarischen Lernen“ als deduktiv einstuft ist, wird das Thema „Physik des Bergsteigens“ mit dem „Praktischen Lernen“ verknüpft.

Dabei dient ein Wanderausflug als Grundlage für die Thematisierung der Inhalte. Die Gruppen erhalten unterschiedliche fächerübergreifende Aufgaben, die bearbeitet und anschließend präsentiert werden sollen. Das Herstellen von Analogien sollen die Ergebnisse anschaulich machen, z.B. durch einen Vergleich der eigenen Leistung mit jener von Lance Armstrong bei der „Tour de France“.

Das Ziel ist die Erstellung eines Projektprotokolls, in dem das Wissen der Gruppen zusammengetragen wird.

Die folgende Übersicht gibt einen kurzen und groben Überblick über den Ablauf des Projekts. Bei den Zeitangaben handelt es sich um Richtwerte, die stark vom Wissenstand und von der Motivation der Lernenden abhängen.

## 12.4. Durchführung und Beispiele

Zeitlicher Rahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitungsphase: Individuell und selbstständig in den Gruppen (2-3 Stunden); zur Lernunterstützung können Schulbücher, Fachbücher und das Internet herangezogen werden.</li> <li>• Durchführungsphase: Wandertag</li> <li>• Abschlussphase: Erstellen eines Projektprotokolls (1-2 Stunden)</li> </ul>
Gruppeneinteilung	<p><i>Gruppe 1: Messen und Geschwindigkeit</i>  <i>Gruppe 2: Arbeit und Leistung</i>  <i>Gruppe 3: Energie</i>  <i>Gruppe 4: Kalorien</i></p>
Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wanderkarte und Wanderausrüstung</li> <li>• Stoppuhr und Maßband</li> <li>• Fotoapparat</li> </ul>
Didaktisches Konzept	Handlungsorientiertes, ganzheitliches Konzept
Methodik	Praktisches Lernen

Folgende Fragestellungen sollen auf fünf Gruppen aufgeteilt und zunächst theoretisch, dann mithilfe unterschiedlicher Mess- und Auswertungsmethoden am Projekttag praktisch bearbeitet werden.

- Wie groß war die Durchschnittsgeschwindigkeit?
- Wie viel Arbeit wurde verrichtet?
- Wie haben sich die kinetische und die potentielle Energie während der Wanderung verhalten?
- Welche Leistung wurde erbracht?
- Lassen sich die verbrauchten Kalorien abschätzen?

Alle Fragen sollen sowohl für die einzelnen Schüler/innen, als auch für die ganze Gruppe berechnet und beantwortet werden.

### *Gruppe 1: Messen und Geschwindigkeit*

Zunächst muss die Gruppe die zu bewältigende Höhendifferenz  $h$  bestimmen. Dies kann entweder mit einer topografischen Karte oder mit Hilfe eines Barometers erfolgen. Danach müssen die Längen  $l_1$  und  $l_2$  des Auf- und Abstiegs in Erfahrung gebracht werden. (Die individuelle Zeit  $t$  und die Masse  $m$  misst jeder Schüler und jede Schülerin für sich.)

Die Durchschnittsgeschwindigkeit  $v$  ergibt sich aus Weg durch Zeit, wobei diese für den Aufstieg, den Abstieg und für die gesamte Tour berechnet werden kann. Schlussendlich

sollen die Ergebnisse in ein Koordinatensystem (t auf der x-Achse, x bzw. v auf der y-Achse) eingetragen und interpretiert werden.

*Gruppe 2: Arbeit und Leistung*

Die verrichtete Arbeit und die dazugehörige Leistung sollen bestimmt werden.

Da Masse und Erdbeschleunigung g als konstant aufgefasst werden können, lässt sich auch schreiben:

$$W = mgh$$

Das Gehen ist allerdings keine horizontale Bewegung, sondern der Schwerpunkt des Körpers wird laufend gehoben und gesenkt. Deswegen kommt noch der Betrag der Hubarbeit  $W_{hub}$  pro Schritt hinzu.

$$W_{hub} = mgh^*$$

$h^*$ .....Schwerpunktserhöhung.

Die durchschnittliche Schwerpunktserhöhung kann gemessen werden, indem eine Person eine Kreide in fixer Position zum Körper hält und neben z.B. einer Tafel geht. Aus der Differenz von den Minima und Maxima des gezeichneten Striches lässt sich die Erhöhung berechnen (vgl. Mathelitsch, 2003, S. 4).

Abgesehen davon muss die Hubarbeit noch mit der Anzahl n der Schritte multipliziert werden. Dafür zählt auf einer abgemessenen und durchschnittlich steilen Strecke jede/r Schüler/in seine/ihre Schritte. Anschließend kann auf die Gesamtstrecke hochgerechnet werden.

Für die Gesamtarbeit  $W_{ges}$  ergibt sich also:

$$W_{ges} = W + W_{hub} = m \cdot g \cdot h + n \cdot m \cdot g \cdot h^*$$

Luftwiderstand und Reibung werden vernachlässigt.

Die Leistung jedes Schülers berechnet sich aus:

$$P = \frac{W_{ges}}{t}$$

### *Gruppe 3: Energie*

Es soll die potentielle Energie am Gipfel und der zeitliche Verlauf der kinetischen Energie berechnet werden.

Die kinetische Energie wird bei der Beschleunigung eines Massenpunktes aufgebaut. Bewegt sich dieser Körper mit konstanter Geschwindigkeit  $v$ , so bleibt die Energie konstant, um beim „abbremsen“ (negative Beschleunigung) wieder auf den Ausgangswert zu sinken.

Beschleunigt z.B. eine Person ( $m = 70\text{kg}$ ) aus anfänglicher Ruhe auf  $v = 2\text{m/s}$ , so ist die kinetische Energie anfangs Null und wird in der Folge auf  $E_{kin} = \frac{m \cdot v^2}{2} = 140\text{J}$  erhöht.

Bleibt die Person stehen wird  $E_{kin}$  wieder Null.

### *Gruppe 4: Kalorien*

Wie groß ist die durchschnittlich verbrauchte Energiemenge pro Schüler/in? Wie vielen Hamburgern, Schokoladen, Bananen...entspricht das? Welche Faktoren sind für den Kalorienverbrauch entscheidend?

Eine Kalorie (cal) ist die benötigte Wärmemenge, um die Temperatur von einem Gramm Wasser um  $1\text{C}^\circ$  zu erhöhen.

$$1\text{cal} = 4,184\text{J}$$

Über die Arbeit kann also sehr leicht auf die Kalorienmenge rückgerechnet werden. Allerdings wird sich für die rein mechanische Arbeit ein sehr geringer Kalorienwert ergeben.

Die Gründe dafür liegen in der Vernachlässigung folgender Faktoren:

- ⇒ Grundumsatz
- ⇒ Reibung im Körper (z.B. Gelenke und Muskeln)
- ⇒ Reibung zwischen dem Körper und seiner Umgebung (z.B. Luft und Boden)
- ⇒ Physiologische Prozesse (z.B. Herz-Kreislauf-System und Atmung)

Die Gruppeneinteilung bleibt während des gesamten Projekts bestehen. Zunächst erarbeiten sich die Gruppen die physikalischen und sportwissenschaftlichen Grundlagen, um bei der Exkursion konstruktiv messen zu können.

Nach der Bergwanderung muss ausreichend Zeit für die Auswertung der Ergebnisse eingeplant werden. Zudem muss jede Gruppe ihren Teil vom Projektprotokoll verschriftlichen und eine verständliche Präsentation gestalten.

Im Portfolio des Projekts sollen folgende Punkte enthalten sein:

- Aufgabenstellungen
- Physikalische und sportwissenschaftliche Grundlagen
- Benötigtes Material
- Durchführung und Ergebnisse
- Rollen und Beiträge der beteiligten Fächer
- Fotos des Wandertages
- Resümee über das Projekt

Bewertet und benotet werden Engagement, Präsentation und das Protokoll.

## 13. Physik des Laufens (Beispiel 2)

### 13.1. Lehrplanbezug und Lernziel

Lernziel (BMUKK, 2008):

- „Bewegung ist meßbar - Kräfte ändern eine Bewegung“
- „Einen Meßvorgang durchführen und auswerten können; gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen beschreiben, graphisch darstellen und berechnen können“
- „Momentan-Durchschnittsgeschwindigkeit“

Lerninhalte:

- „Geschwindigkeit, Beschleunigung; Grundversuche zur Bewegungslehre; graphische Darstellung von Bewegungen; Messung von Geschwindigkeit und Beschleunigung in Schülerexperimenten.“
- „Geschwindigkeiten von Läufern“
- „Größen und Sätze der Kinematik und Dynamik“
- „Mechanische Arbeit definieren und auf einfache Beispiele anwenden können“
- „Energie und Impuls als fundamentale Austauschgrößen begreifen“

Aus dem Oberstufenlehrplan für das Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ lassen sich folgende Elemente mit diesem Thema verwirklichen (BMUKK, 2009, S. 4):

„Grundlagen zum Bewegungshandeln

Weiterentwicklung und Sicherung der konditionellen Fähigkeiten:

- Kraft (Übungen aus den Bereichen Gerätturnen, Akrobatik und Leichtathletik; Übungen an Fitnessgeräten; usw.),
- Schnelligkeit (Übungen und Spiele zur Verbesserung bzw. Erhaltung der Aktions- sowie der Reaktionsschnelligkeit: Lauf-ABC, 30m-Sprints, Staffeln; usw.) und
- Ausdauer (Übungen und Spiele zur Verbesserung der aeroben und anaeroben Ausdauerfähigkeit im Indoor- und Outdoorbereich: Jogging, Mountainbike, Schwimmen, Eislaufen, Cross-Country; usw.).“

Zudem sollen Einblicke in die Arbeitsweisen von Physik und Sport gegeben werden.

## 13.2. Physikalische Grundlagen

In der Physik werden Einheiten nach dem internationalen Einheitensystem (SI-System) angegeben. Das bedeutet, dass bei Rechnungen und Analysen Längen  $s$  in Meter [m], Zeiten  $t$  in Sekunden [s], Massen in Kilogramm [kg] usw. angegeben werden. Damit sich Schüler/innen daran frühzeitig gewöhnen, sollten SI-Einheiten auch in der Praxis verwendet werden, also z.B. für die Geschwindigkeit m/s statt km/h. Weiters muss auf die sprachliche Genauigkeit höchsten Wert gelegt werden. Das betrifft unter anderem die falschen Ausdrücke „Stundenkilometer“ (heißt korrekt „Kilometer pro Stunde“ oder in SI-Einheiten „Meter pro Sekunde“) oder „Energie verbrauchen“ (diese kann ja nach dem Energieerhaltungssatz nur umgewandelt werden).

### 13.2.1. Kinematische Bewegungsgleichungen

Die Kinematik ist die Lehre der Bewegungen, wobei Kräfte nicht berücksichtigt werden. Es geht dabei also um die reine Beschreibung von Massepunkten nach Ort, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung.

Für unbeschleunigte Bewegungen gilt:

$$\vec{x} = \vec{v}_0 \cdot t + \vec{x}_0$$

Da die Bewegung unbeschleunigt ist, ist die Geschwindigkeit  $v_0$  konstant. Der Abstand vom Koordinatenursprung wird mit  $x_0$  angegeben. Geht es also um den Sprint eines/r Schülers/in zwischen zwei Bezugspunkten auf der Laufbahn, so kann aus der Geschwindigkeit der zurückgelegte Weg berechnet werden.

Für gleichförmig beschleunigte Bewegungen gilt:

$$\vec{x} = \vec{a}_0 \cdot \frac{t^2}{2} + \vec{v}_0 \cdot t + \vec{x}_0$$

Wird die Beschleunigung eines/r Sprinters/in als konstant angenommen, so verschwinden die Konstanten  $x_0$  und  $v_0$ , da der Koordinatenursprung praktischerweise mit der Startposition übereinstimmt und da die Ausgangsgeschwindigkeit Null ist. Somit verbleibt die Gleichung  $\vec{x} = \vec{a}_0 \cdot \frac{t^2}{2}$ , welche nach zweimaliger Integration zur bekannten Formel  $\vec{a} = \frac{\vec{v}}{t} = \frac{\vec{x}}{t^2}$  führt.

Der Impuls  $p$  ist ein vektorielle Größe und berechnet sich aus dem Produkt der Masse  $m$  und der Geschwindigkeit  $v$ .

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Generell darf die Bedeutung des Schätzens für den physikalischen Erkenntnisgewinn nicht verkannt werden. Um Wissen einordnen zu können sollten auch Relationen hergestellt werden. Ergebnisse dürfen nicht nur Zahlen mit Einheiten sein, sondern es muss von den Schüler/innen erkannt werden ob das viel oder wenig ist und ob das überhaupt stimmen kann. Werden die Größen angreifbar, so wird auch die Physik interessant und lebensnah. Die Physik ist überall im Alltag sichtbar und greifbar und sollte auch den Lernenden entsprechend dargestellt werden.

Wie viel sind 50 Watt? Kann mit einer Kraft von 500 Newton gestemmt werden? Ist die Umwandlung von 400 Joule realistisch? Was hat eine Beschleunigung von  $2\text{m/s}^2$  für Auswirkungen? Ziel ist es auch solche Fragen zu beantworten, damit sich die Schüler/innen unter dem Gelernten etwas vorstellen können.

### **13.3. Didaktische Umsetzung**

Grundsätzlich folgt das Projekt der Methode des „Praktischen Lernens“, wobei eine starke innere Differenzierung gegeben ist. Beispielsweise hat die Gruppe 2 mit der Videoanalyse einen technischen Schwerpunkt, während bei der Gruppe 4 sport- und ernährungswissenschaftliche Überlegungen im Vordergrund stehen. Die Bedeutung des Computers für die Wissenschaft und für graphische Darstellungen kann in den Gruppen 1 oder 3 erfahren werden. Das Beispiel soll an die Interessen der Lernenden anschließen und die individuellen Stärken ausnützen.

Zwei Gruppen haben die gleiche Zielsetzung mit unterschiedlicher methodischer Ausrichtung. Eine Gruppe ermittelt die Beschleunigung mittels Videoanalyse, die andere mit Lichtschranken und mathematischer Berechnung. Im Sinne des reflexiven, problemorientierten Konzepts können die Ergebnisse miteinander verglichen werden. Wie sind die Gruppen zu ihren Erkenntnissen gekommen? Gibt es unterschiedliche Ergebnisse und worauf sind diese zurückzuführen? Welche Rollen haben der Sport, die Physik oder die Technik im Lernprozess gespielt?

Das Thema „Physik des Laufens“ wird also einerseits über den handlungsorientierten Ansatz nach Moegling (1998), andererseits mithilfe des reflexiven, problemorientierten Konzepts nach Rabenstein (2003) im Unterrichtsprozess bearbeitet.

### 13.4. Durchführung und Beispiele

Zeitlicher Rahmen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorbereitungsphase: Individuell und selbstständig in den Gruppen (2-4 Stunden)</li><li>• Durchführungsphase: In Gruppen werden anhand sportlicher Handlungen physikalische Größen bestimmt und ausgewertet. (3-5 Stunden)</li><li>• Abschlussphase: Projektprotokoll (2-3 Stunden)</li></ul>
Gruppeneinteilung	<i>Gruppe 1:</i> Geschwindigkeit, Geschwindigkeitsverlauf und Impuls <i>Gruppe 2:</i> Berechnung der Größen Beschleunigung, Kraft, Arbeit und Leistung mittels Videoanalyse <i>Gruppe 3:</i> Berechnung der Größen Beschleunigung, Kraft, Arbeit und Leistung mittels Lichtschranken <i>Gruppe 4:</i> Vergleichen und sportwissenschaftliches Analysieren der Geschwindigkeiten auf unterschiedlichen Laufdistanzen
Material	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stoppuhr und Lichtschranken</li><li>• Videoanalyseprogramm und Videokamera</li><li>• Zugang zu Computer</li></ul>
Didaktisches Konzept	Handlungsorientiertes Konzept und reflexives, problemorientiertes Konzepts
Methodik	Praktisches Lernen

Nach einer theoretischen und physikalischen Einführung werden die Schüler/innen in 4 Gruppen unterteilt. Jede Gruppe bekommt eine eigene Aufgabenstellung, mit Ausnahme der Gruppen 2 und 3, die sich nur in der methodischen Ausrichtung unterscheiden. Nach der Bearbeitung ist jede Gruppe zu einer Präsentation und zum Erstellen eines Projektprotokolls aufgefordert. Diese beiden Aufgaben müssen folgende Punkte beinhalten:

- Aufgabenstellung
- Physikalische und sportwissenschaftliche Grundlagen
- Benötigtes Material
- Durchführung und Ergebnisse
- Probleme und Schwierigkeiten
- Beantwortung der Frage: Was haben wir gelernt?

Zum Projektabschluss bekommt jeder Schüler und jede Schülerin ein Portfolio zum Projekt.

*Gruppe 1: Geschwindigkeit, Geschwindigkeitsverlauf und Impuls*

1. Übung: Geschwindigkeitsschätzlauf einer unbeschleunigten Bewegung ( $a_0 = 0$ ):

Ein/e Schüler/in dieser Gruppe definiert eine realistische Geschwindigkeit (Einheit: [m/s]). Dann versucht er/sie zwischen zwei Markierungen eine möglichst konstante Geschwindigkeit zu laufen. Ein/e Partner/in misst die Strecke  $x$  und stoppt die Zeit  $t$ . „Eine Momentangeschwindigkeit existiert allerdings nur aus theoretischer Sicht, da für jede Geschwindigkeitsmessung die Messung über eine bestimmte Wegstrecke erfolgen muss.“, schreiben Duenbostl, Pindur und Wallisch (2005, S. 7) Es wird demnach immer eine Durchschnittsgeschwindigkeit gemessen.

$$\vec{x} = \vec{v}_0 \cdot t + \vec{x}_0$$

Wie gut war die Schätzung? Wie ist die Messgenauigkeit einzuschätzen und wie kann diese verbessert werden?

Alternativ kann die Zeitmessung mit Lichtschranken erfolgen.

2. Übung: Der Geschwindigkeitsverlauf (vgl. Duenbostl et al., 2005):

Es wird alle 10 Meter eine Lichtschranke angeordnet. Damit können die 100 Meter in 10 Bereiche unterteilt werden, in denen 10 Durchschnittsgeschwindigkeiten gemessen werden. Im ersten Zehntel der Strecke kann eine zusätzliche Lichtschranke installiert werden, da sich in diesem Bereich die Geschwindigkeit am stärksten ändert.

Ziel ist die Erstellung eines  $x$ - $v$ -Diagramms des Geschwindigkeitsverlaufes beim 100-Meter-Sprint.

Welche Rückschlüsse lassen sich nun aus den Ergebnissen ziehen (Beschleunigung, maximale Geschwindigkeit, Durchschnittsgeschwindigkeit)? Mit Hilfe der Literatur kann die Kurve interpretiert werden.

Ein Weltklassesprinter erreicht nach ca. 60 Metern die Höchstgeschwindigkeit, die er dann bis ins Ziel annähernd halten sollte. Zunächst erreicht die Beschleunigung einen Maximalwert, bevor sie immer geringer und schließlich Null wird.

Bei Hobby-Sportlern oder Schüler/innen hängen die Werte stark vom Trainingszustand und von der Muskelzusammensetzung ab. Bei Schüler/innen ist auch eine negative Beschleunigung, also eine Verringerung der Geschwindigkeit mit zunehmender Distanz wahrscheinlich.

### 3. Übung: Impuls

Wie verändert sich der Impuls? Dieser ist schließlich mit anderen bewegten Massen (z.B. Kanonenkugel, Auto oder Impuls eines getretenen Fußballes) in Beziehung zu bringen. Die Werte sind in eine Tabelle einzutragen.

*Gruppe 2 + 3: Einschätzung und Berechnung von Beschleunigung, Kraft, Arbeit und Leistung (Videoanalyse oder Lichtschranken)*

#### *Gruppe 2: Messung der Startbeschleunigung mittels einer Videoanalyse*

Die Beschleunigung einer Person wird auf Video aufgenommen. Die Qualität eines durchschnittlichen Fotoapparats ist vollkommen ausreichend und aufgrund der geringeren Datenmenge und der leichteren Übertragung auf den Computer einer Videokamera vorzuziehen.

(Tipp: Die Kamera sollte im Querformat eingesetzt werden, da ein Video nicht wie ein Foto am Computer um  $90^\circ$  gedreht werden kann.)

Ist die Datei im Computer, so kann diese mit einem Videoanalyseprogramm (z.B. Coach 6.0 Studio MV Student) bearbeitet werden. Dabei kann am Computer ein „Marker“ am Brustbein oder am Kopf der laufenden Person angebracht werden und mittels „automatischer Punktverfolgung“ eine Beschleunigung nicht nur zu jedem Zeitpunkt berechnet, sondern auch gleichzeitig in ein Diagramm eingezeichnet werden.

Aus der Beschleunigung kann über das erste Newtonsche Axiom die Kraft  $F$  berechnet werden. Weiters lassen sich die physikalischen Größen Arbeit und Leistung einfach daraus berechnen.

#### *Gruppe 3: Alternative Variante zur Messung der Startbeschleunigung*

Um die maximale Startbeschleunigung abschätzen zu können werden nach 5 Metern zwei Lichtschranken im Abstand von einem halben Meter angebracht. Innerhalb dieser beiden Schranken wird eine Durchschnittsgeschwindigkeit messbar, die einer Momentangeschwindigkeit weitgehend entspricht. Da die Anfangsgeschwindigkeit Null ist resultiert eine Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta v$ , die nach der Zeit abgeleitet die Beschleunigung ergibt. Wie in Gruppe 2 können daraus die Größen Kraft, Arbeit und Leistung bestimmt werden. Auch eine Analyse der kinetischen Energie wäre denkbar.

Für die anschließende Diskussion der Gruppen 2 und 3 ist natürlich Voraussetzung, dass bei der Analyse die gleichen Sprintläufe verwendet werden. Sind die Ergebnisse ähnlich? Welchen Einfluss hat der PC auf die Genauigkeit der Ergebnisse? Welche Vor- und Nachteile haben die beiden unterschiedlichen Zugänge? Ist die Videoanalyse der Lichtschrankenmessung vorzuziehen oder umgekehrt? Warum? Welche Ableitungen für das persönlich Training können aus den Resultaten gezogen werden?

Solche Fragen lassen sich reflexiv diskutieren und auf diese Weise einen hervorragenden Einblick in die wissenschaftliche Arbeitsweise gewinnen, die sich häufig über mehrere Zugänge einem Problem nähert.

Beispiel:

Die Gruppe berechnet eine Beschleunigung von  $a = 2\text{m/s}^2$  auf einem Weg von 5 Metern eines/r Schülers/in mit der Masse  $m = 70\text{kg}$ . Die dazugehörige Zeitdauer beträgt 1,58 Sekunden. In diesem Fall würden sich für die Kraft  $F$ , die Arbeit  $W$  und die Leistung  $P$  folgende Werte ergeben:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = 70 \cdot 2 = 140\text{N}$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = 140 \cdot 5 = 700\text{J} \approx 180\text{cal}, \quad [1\text{cal} \approx 4,18\text{J}]$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{700}{1,58} \approx 443\text{W} \approx 0,6\text{PS}, \quad [1\text{PS} \approx 735,5\text{W}]$$

Zum Vergleich: Die Leistung des Radprofis Lance Armstrong beträgt während eines 35-minütigen Anstiegs im Durchschnitt ca. 510 Watt ([www.radsport-forum.de](http://www.radsport-forum.de)).

*Gruppe 4: Vergleichen und sportwissenschaftliches Analysieren der Geschwindigkeiten auf Sprint, Mittel-, Kurz- und Langstrecke*

Es werden die Zeiten für unterschiedliche Laufdistanzen gemessen und daraus die entsprechenden Durchschnittsgeschwindigkeiten berechnet. Schließlich werden die Daten in EXCEL ausgewertet. Dieses Programm erscheint angemessen, da es übersichtlich ist und möglicherweise den Schüler/innen bereits bekannt ist. Ein Diagramm verdeutlicht die Abhängigkeit der Geschwindigkeit  $v$  von der Laufstrecke  $s$ .

Anschließend soll der Frage nachgegangen werden, wie die Kurve interpretiert werden kann? Warum kann man auf kurzen Distanzen eine deutlich höhere Durchschnittsgeschwindigkeit laufen? Welche Rolle spielt dabei die Energieversorgung des Muskels?

Beispiel:

t [s]	s [m]	V [m/s]
8	60	7,5
70	400	5,71428571
165	800	4,84848485
360	1500	4,16666667
900	3000	3,33333333
3300	10000	3,03030303

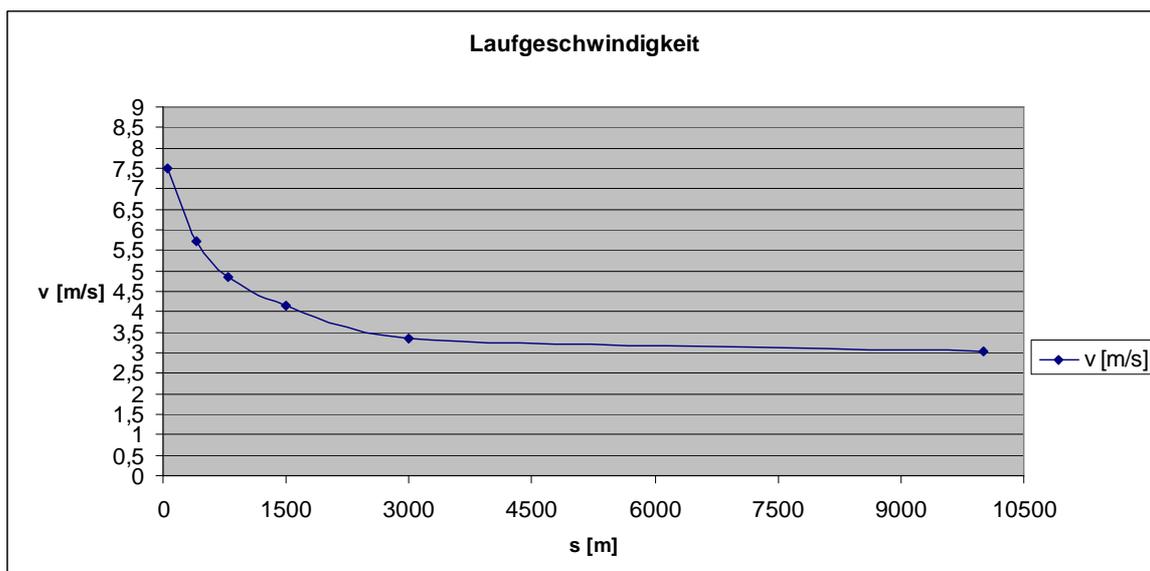


Abb. 19: Laufgeschwindigkeit in Abhängigkeit zur Strecke

## 14. „Splashdiving“ (Beispiel 3)

Was ist „Splashdiving“ und wie funktioniert es?

„Unter dem internationalen Begriff SPLASHDIVING™ fasst man alle Sprünge ins Wasser zusammen, die "frei" von einem Brett oder Turm ins Wasser gesprungen werden. Vergleichbar dem Snowboarden kann der Springer bei seiner Ausführung alle Bewegungsabläufe als eigene FREESTYLE-SHOW zeigen.“  
(www.splashdiving.com)

„Splashdiving“ ist eine sehr junge Funsportart, in der zwischen zwei Formen unterschieden wird:

1. „Show-Freestyle-Springen“:

Dabei springt eine Person aus einer Höhe von 0-10 Metern ins Wasser. Ziele sind einerseits eine möglichst individuelle und verspielte Durchführung in der Luft („Move“) und andererseits eine möglichst hohe Wasserfontäne („Splash-Down“).

2. „Turnier-Freestyle-Springen“:

Die Sprünge finden im Rahmen eines Wettkampfes statt. Mögliche Sprünge und deren Benotung sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.



Abb. 20: Sprungvariationen beim „Splashdiving“ (www.splashdiving.com)

Zu Deutsch heißen die Sprünge: Anker (Schwierigkeitsgrad: 2.1), Reißer (2.2), Stuhl (2.5), schmale Katze (3.0), Bombe (3.3), offene Bombe (3.4), Yogi Bombe (3.4), breite Katze (3.5), Kartoffel (3.6), Brauni (3.7), Brett (3.8), offenes Brett (3.8) und Open L-Vis (4,5). Bei der „schmalen“ und der „breiten Katze“ kann die Höhe der Wasserfontäne erhöht werden, indem die ausübende Person nach dem Eintritt ins Wasser den Körper öffnet.

## 14.1. Lehrplanbezug und Lernziel

Physik Oberstufen-Lehrplan für die 6. Klasse (BMUKK, 2008):

- „gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen beschreiben, graphisch darstellen und berechnen können“
- „Dimensionen von abgeleiteten Größen bestimmen können“
- „Energie und Impuls sind Erhaltungsgrößen“
- „Energie- und Impulssatz qualitativ und an einfachen Beispielen auch quantitativ anwenden können.“

„Anwendungen und Querverbindungen:“

- „Alltagsbezug: Fallbewegung“
- „Turmspringen, Kräfte im Sport, Kräfte bei Sturz oder Aufprall.“

Oberstufen-Lehrplan für das Unterrichtsfach Bewegung und Sport (BMUKK, 2009, S. 5):

„Gestaltende und darstellende Bewegungshandlungen“:

- „Verbessern der Bewegungs- und Ausdrucksmöglichkeiten des Körpers“
- „Erarbeiten von Bewegungsverbindungen und Erweitern akrobatischer und gauklerischer Fertigkeiten. Die Wirkung von Kunst und eigener Kreativität in Bezug auf das individuelle Leben erfahren“

## 14.2. Physikalische Grundlagen

Zur Berechnung der Fontänenhöhe wird der Energieerhaltungssatz angewendet.

$$W_{hub} + E_w + F_w s = E_{pot}$$

Dabei wird die potentielle Energie  $E_{\text{pot}}$  der springenden Person in die Hubarbeit  $W_{\text{hub}}$  der Fontäne, in die Wellenenergie  $E_w$  und in die „Abbremsenergie“  $F_w s$  umgewandelt. Unter der Abbremsenergie wird hierbei jene Energie verstanden, die zum Abbremsen der Person im Wasser notwendig ist. Diese ist das Produkt aus Strömungswiderstand  $F_w$  und mittlere Eintauchtiefe  $s$ .

Durch Einsetzen der jeweiligen Energieanteile ergibt sich folgende Gleichung:

$$M_F \cdot \vec{g} \cdot \vec{h}_F + \rho \cdot \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot A_*^2 + \frac{1}{2} \cdot \vec{v}^2 \cdot A \cdot c_w \cdot \rho = m \cdot \vec{g} \cdot \vec{h}$$

$M_F$ ... Fontänenmasse  
 $g$  ... Erdbeschleunigung  
 $h_F$ ... Höhe des Fontänenschwerpunkts  
 $\rho$  ... Dichte des Wassers  
 $T$  ... Periodendauer der Welle  
 $A_*$ ... Amplitude der Welle  
 $v$  ... Eintauchgeschwindigkeit  
 $A$  ... Querschnittsfläche der springenden Person  
 $c_w$ ... Widerstandsbeiwert  
 $m$  ... Masse der Person  
 $h$  ... Absprunghöhe des Schwerpunkts der Person

Da zum Beispiel die Luftreibung vernachlässigt wird, stellt diese Gleichung eine Vereinfachung dar.

Die Vorhersage der Fontänenhöhe und damit das Ziel der physikalischen Gleichung ist sehr schwer zu realisieren, da viele Parameter mit einer großen Ungenauigkeit behaftet sein werden. Die Querschnittsfläche, die Amplitude der Welle oder die Höhe des Fontänenschwerpunkts können nicht exakt angegeben werden. Außerdem wird der Großteil der potentiellen Energie des/r Springers/in in die „Abbremsenergie“  $F_w s$  umgewandelt. Wird dieser Wert nur geringfügig falsch berechnet, könnte der daraus resultierende Fehler größer sein, als die Energie für die Fontänenhöhe.

Es bleibt also festzuhalten, dass das vorliegende Experiment ein äußerst komplexer Vorgang ist und folglich die dazugehörige Theorie kaum konstruktiv entwickelt werden kann. Sollte also die Theorie mit der Praxis nicht übereinstimmen, so kann zumindest die Erkenntnis gewonnen werden, dass auf den ersten Blick einfache Modelle einen sehr schwie-

rigen und komplexen physikalischen Hintergrund haben. Auch die Begrenztheit der wissenschaftlichen Vorgehensweise kann auf diesem Weg erfahren werden.

### 14.3. Didaktische Umsetzung

Das Thema wird über das „Exemplarische Lernen“ realisiert. Die zentrale Fragestellung lautet: Wie muss ins Wasser gesprungen werden, damit es am Höchsten spritzt? Oder anders formuliert: Wie kann die Höhe der Wasserfontäne maximiert werden?

Bei diesem Thema muss ein besonderes Augenmerk auf die Qualitätssicherung und auf den Sicherheitsaspekt gelegt werden. Ersteres soll durch eine exakte physikalische und mathematische Analyse erreicht werden. Die physikalische Arbeitsweise zeichnet sich aber nicht nur durch die Beschreibung der Natur, sondern auch durch die Entwicklung von Theorien aus, die eine möglichst exakte Vorhersage ermöglichen. Auch dies soll in diesem Zusammenhang vermittelt werden. Experimente überprüfen eine Theorie, können diese aber niemals beweisen. Im Unterrichtsbeispiel kann dieser Theorie-Praxis-Zusammenhang sehr gut dargestellt werden, indem zunächst anhand physikalischer Gesetze ein Modell für einen Sprung entworfen wird. Anschließend wird in einem Schwimmbad dieses Modell auf seine Tauglichkeit geprüft.

Auch dieses Thema wird über die Projektmethode verwirklicht. Die Einteilung der Gruppen und deren Themen orientieren sich an der in einer Diskussion herausgearbeiteten inhaltlichen Vorgehensweise. Die zentrale Fragestellung lautet: „Wie kann die Höhe der Fontäne beim Sprung ins Wasser maximiert werden?“. Wie weitläufig und tiefgehend die Ausweitung des Inhalts auf andere Themen und Fächer ist hängt in hohem Maß von den Lernenden ab. Die Rolle der Lehrkraft ist jene eines/r Moderators/in, wobei je nach Selbstständigkeit und Motivation der Schüler/innen mehr oder weniger Einfluss genommen werden kann.

### 14.4. Durchführung und Beispiele

Zeitlicher Rahmen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorbereitungsphase: Diskussion im Plenum, Entwicklung einer Vorgehensweise und theoretische Bearbeitung (ca. 3 Stunden)</li><li>• Durchführungsphase: 2 Schwimmeinheiten</li><li>• Abschlussphase: Bearbeitung von Video, Plakat und Präsentation (mind. 4 Stunden)</li></ul>
-------------------	---

Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwimmbad mit Sprungmöglichkeit</li> <li>• Video- und Fotoapparat</li> <li>• Videoschnittprogramm</li> </ul>
Didaktisches Konzept	Handlungsorientiertes, ganzheitliches Konzept
Methodik	Exemplarisches Lernen

Beispiel einer herausgearbeiteten Vorgehensweise nach der Diskussion:

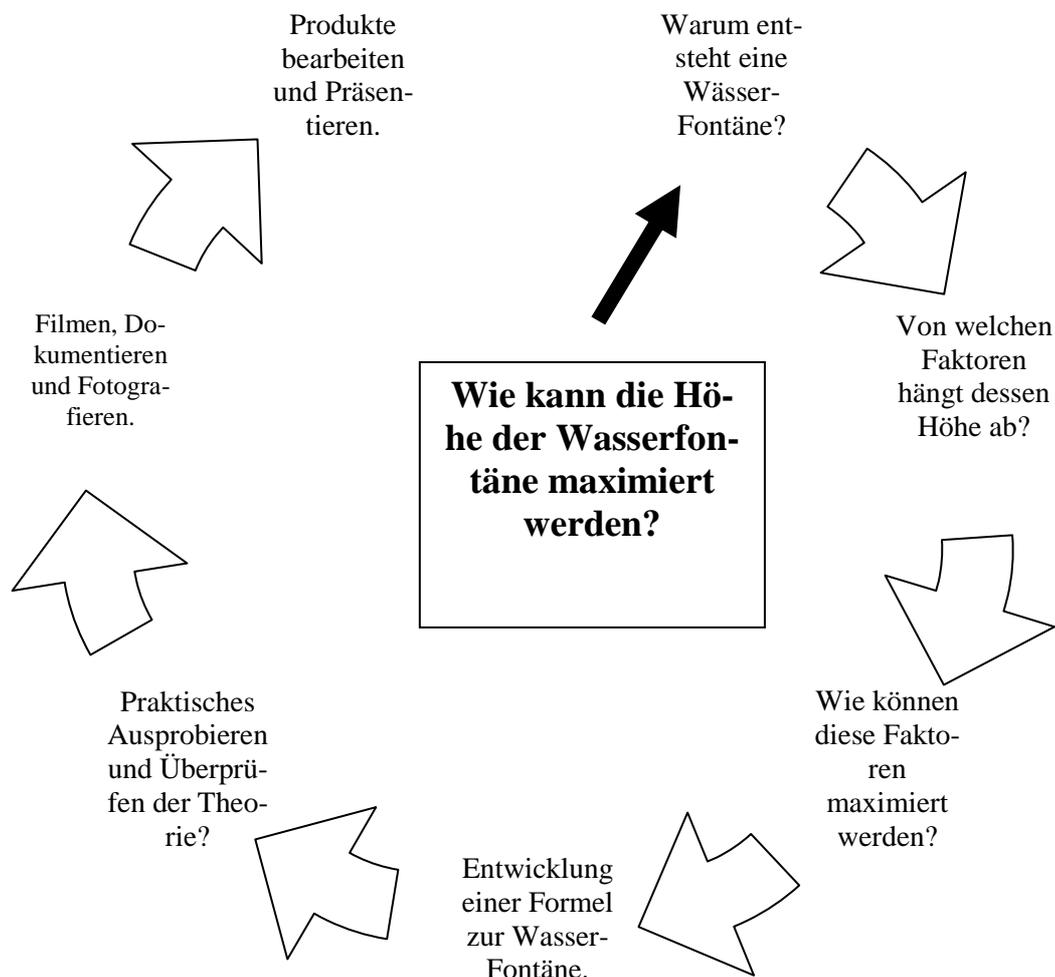


Abb. 21: Exemplarisches Lernen beim Thema „Splashdiving“

Bei diesem Beispiel könnte die Einteilung der Gruppen wie folgt aussehen:

*Gruppe 1* beschäftigt sich mit der physikalischen Analyse der Frage, warum eine Wasserfontäne entsteht. Mögliche Inhalte könnten wie folgt lauten:

- Impuls- und Energieerhaltung

- Eigenschaften des Wassers (z.B. Oberflächenspannung oder Reibung)
- Fallgesetz
- Ausbreitung von Wellen

*Gruppe 2* hat die Herausarbeitung von Faktoren, von denen die Höhe der Fontäne abhängt, zur Aufgabe. Diese könnten Masse, Volumen, Geschwindigkeit, Fläche oder Körperform sein.

*Gruppe 3* sucht nach einer mathematischen Formel, mit deren Hilfe sich die Fontänenhöhe vorhersagen lässt. Diese Gruppe könnte sich zusätzlich mit der Berechnung der Erdbeschleunigung  $g$  beschäftigen, welche sich aus der Fallzeit  $t$  und der Fallstrecke  $s$  ergibt.

$$\bar{s} = \frac{\bar{g}}{2} \cdot t^2$$
$$\bar{v} = \bar{g} \cdot t$$
$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Daraus können die Lernenden auch die Eintrittsgeschwindigkeit  $v$  berechnen.

Eine weitere interessante Zusatzaufgabe könnte wie folgt lauten: Welche Parameter ändern sich, wenn der Sprung unter gleichen Bedingungen (Stil und Sprunghöhe) am Mond durchgeführt wird? Ändert sich dann auch die Höhe der Fontäne?

Wegen inhaltlichen Überschneidungen wird eine gute Kommunikation zwischen den Gruppen notwendig sein und diese muss von der Lehrkraft je nach Reifegrad und Selbstständigkeit der Lernenden entsprechend injiziert werden.

Ist die Gruppenarbeit beendet und liegen entsprechende Ergebnisse vor, muss ein Wissensfluss zwischen den Gruppen erfolgen. Das heißt die Ergebnisse werden präsentiert und eine anschließende Diskussion soll die letzten Unklarheiten beseitigen. Zu jeder Theorie gehört die Durchführung eines Experiments, in diesem Fall das praktische Ausprobieren der Sprünge im Schwimmbad. Auch mit der Erkenntnis, dass sich so ein immer anders ablaufender Vorgang wie ein „Splash“ einer exakten Beschreibung durch ein physikalisches Gesetz entzieht.

Während der Durchführung ist ein fleißiges Filmen, Fotografieren und Protokollieren der Schüler/innen notwendig, um gute und spektakuläre Produkte erzeugen zu können. Für die Beibehaltung der 3 Gruppen wären folgende 3 Produkte denkbar:

1. Das Schneiden eines Videos mit den besten Szenen und mit Musikuntermalung.
2. Die Gestaltung eines Plakats mit Fotos und Erklärungen.
3. Die Entwicklung einer PowerPoint-Präsentation für Vorträge mit Impressionen und Endergebnissen.

Alle Aufgaben sind relativ arbeitsintensiv und setzen ein gewisses Maß an Motivation voraus, weil auch Arbeiten außerhalb der Schulzeit notwendig sind, wie zum Beispiel das Videoschneiden oder das Entwickeln von Fotos.

Auf die Sicherheit ist besonders großen Wert zu legen. Dabei müssen die Sprunghöhen dem Niveau der Schüler/innen angepasst werden und auf problematische Sprünge sollte verzichtet werden. Risiken, Disziplin und die Gefahr der Selbstüberschätzung sind thematisierungswürdig. Da der Schwimmunterricht zu meist in öffentlichen Bädern stattfindet, könnten sich andere Badegäste von den Wassersprüngen gestört fühlen. Auch dies gilt es zu berücksichtigen.

Im weiteren Verlauf wird nun die Wahl des untypischen und außergewöhnlichen Themas begründet:

- ⇒ Das Thema fordert und fördert aufgrund der Produktorientierung die Kreativität der Lernenden.
- ⇒ Stark im Vordergrund steht zudem eine Problemorientierung, was problemlösendes Denken und eine wissenschaftliche Vorgehensweise schult.
- ⇒ „Splashdiving“ stellt eine Abwechslung dar und schließt an die Interessen der Schüler/innen an. Auch physikalisch unmotiviert Kinder und Jugendliche können für die Inhalte gewonnen werden, da nicht sofort die Physik abschreckend im Vordergrund steht.
- ⇒ Die Verbindung von Physik mit einer „Funsportart“ ist reizvoll und könnte das Image des Faches verbessern. Zudem zeigt sich, dass die Physik aktuell und lebensnah ist.
- ⇒ Eine deutliche Fächerverbindung ist erkennbar. Neben dem sportlichen und dem physikalischen darf auch der künstlerische Wert nicht unterschätzt werden.

## 15. Physik des Wintersports (Beispiel 4)

Ich halte eine physikalische Betrachtung des Wintersports aus mehreren Gründen für sehr geeignet. Erstens ist der Wintersport eine der wenigen Gelegenheiten im Schulsport, in der die gesamte Klasse koedukativ unterrichtet wird. Da dies im Fachunterricht auch der Fall ist können die physikalischen Grundlagen exzellent mit der ganzen Klasse vorbereitet werden. Zweitens lassen sich in diesem Zusammenhang unzählige, hoch interessante physikalische Phänomene finden wie z.B. die Bildung von Eis, der Niederschlag von Schnee, die Tragfähigkeit eines zugefrorenen Sees, die Schneeerzeugung in Schneekanonen oder die spannende Analyse von Lawinen und deren Gefahr. Drittens können das Verstehen und die Verinnerlichung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu einer Verbesserung der sportlichen Fertigkeiten führen. Das heißt der Sport wird nicht nur physikalisch betrachtet, sondern die Physik wird auch direkt im Sport angewendet. Beispiele hierfür sind die Kräfte beim Carven oder die Drehimpulserhaltung beim Snowboarden.

### 15.1. Lehrplanbezug und Lernziel

Physik:

- ⇒ „Kräfte als Ursache von Bewegungs- und Formänderungen erkennen“
- ⇒ „Modell des materiellen Punktes, Bahn, Geschwindigkeit, Beschleunigung“
- ⇒ „Vektoren in der Bewegungslehre; Grundgleichungen der Mechanik“
- ⇒ „Kraft, Federkraft, Reibung, Masse und Gewicht; zusammengesetzte Bewegung“
- ⇒ „Messung von Geschwindigkeit und Beschleunigung in Schülerexperimenten“
- ⇒ „den Einfluss der Reibung auf die Bewegung erkennen“
- ⇒ „Physik als Erlebnis: Bereicherung des gefühlsmäßigen Erlebens von Natur und Technik und subjektiv befriedigende Beschäftigung mit Physik“ (BMUKK, 2008)

Sport: „Erlebnisorientierte Bewegungshandlungen“

- ⇒ „- In verschiedenen Räumen und Elementen (Sporthalle; Sportplatz; Wald; Wasser; Schnee; Eis; Gelände; Fels; usw.).“
- ⇒ „- In unterschiedlichen Situationen, Aufgabenstellungen und Bewegungsformen (allein; mit Partnern; kooperative Abenteuerspiele; Mannschaftswettkämpfe; Gerätarrangements; Skifahren; usw.).“

- ⇒ (...) „Gefahren einschätzen und situationsgerecht handeln (Wandern; Klettern; Schwingen; Ski-/Radtour; Biathlon; Orientierungslauf; Trekkingtour; usw.).“
- ⇒ „Sportaktivitäten/-projekte gemeinsam planen, gestalten und reflektieren (Sporttage; Sportwochen; Sportfeste; fächerübergreifende erlebniskulturelle Veranstaltungen; usw.).“

(BMUKK, 2009, S. 6)

## **15.2. Physikalische Grundlagen**

### **15.2.1. Bildung von Eis und Schnee**

Schnee entsteht, wenn sich kleine Wassertröpfchen aus Wolken an Kristallisationskeimen anlagern und unter der Schwerkraft Richtung Erdoberfläche fallen. Eine hohe Luftfeuchtigkeit begünstigt das Wachstum der Schnee- oder Eiskörner. Höhere Temperaturen bis knapp unter den Gefrierpunkt gehen häufig mit mehr Schneefall und mit größeren Schneeflocken einher, da die Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann.

In Wintersportorten wird Schnee in großen Mengen künstlich erzeugt. Obgleich es mehrere unterschiedliche Typen von Schneekanonen gibt, folgen die meisten einem ähnlichen physikalischen Prinzip. Ein Wasser-Luft-Gemisch wird unter hohem Druck und/oder mit einer großen Geschwindigkeit in die Umgebungsluft geschleudert. Wegen der Expansion kühlt sich das Gemisch stark ab und es bilden sich in der kalten Winterluft kleine Eiskristalle aus, die in Form von künstlichem Schnee zu Boden gehen. Negative Aspekte sind ein hoher Wasserverbrauch, ein erheblicher Energieaufwand und die immense Geräuschbelastung.

### 15.2.2. Von der Schneeballschlacht zur Lawinenkunde

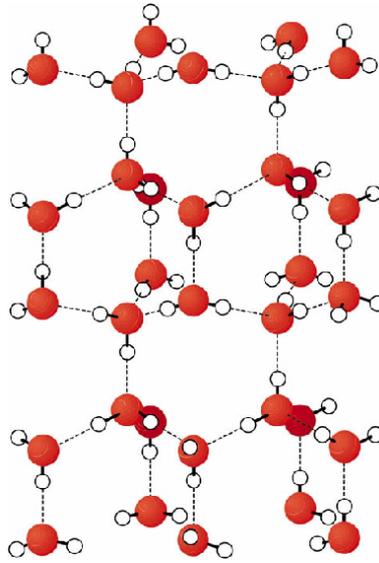


Abb. 22: Molekularer Aufbau von Eis ([www.hamm-chemie.de](http://www.hamm-chemie.de))

Der kristalline Aufbau von Eis zeigt eine Gitterstruktur wobei die Basis von  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekülen gebildet wird. Die strichlierten Verbindungen sind Wasserstoffbrücken, welche für die ringförmige, hexagonale Struktur sorgen. Die Wasserstoffbrückenbildung ist ein elektrostatisches Phänomen, das aufgrund des Dipolcharakters von  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekülen entsteht. Dabei verbindet sich ein leicht positiv geladenes Wasserstoffatom mit einem negativen Sauerstoffatom. Diese Bindung hat eine kurze Reichweite und ist verhältnismäßig schwach. Wird Wasser oder Eis in den gasförmigen Zustand umgewandelt, wird dem System Energie zugeführt, da die Wasserstoffbrücken zerstört werden müssen.

Eis ist relativ spröde und hat eine geringe Härte, deswegen bricht es leicht. Die Zerstörung der Gitterstruktur kann im weitesten Sinne als nicht reversibel aufgefasst werden.

Dies ist auch der Grund, warum sich trockener Schnee kaum verbindet, da hier die kristalline Form vorherrschend ist. Je feuchter der Schnee ist, umso eher kann sich aufgrund der schnellen Bildung von Wasserstoffbrücken im flüssigen Zustand eine Verbindung zwischen den Schneeflocken bilden.

Für eine Schneeballschlacht bedeutet dies, dass für die Herstellung eines Balles ausreichend flüssiges Wasser im Schnee gebunden sein muss.

Eine Analogie zur Lawinenkunde lässt sich insofern herstellen, als dass die Lawinengefahr dann zunimmt, wenn sich Schneeschichten (bzw. Schnee und Untergrund) nicht verbinden. Ist diese Verbindung nicht gegeben, so steigt mit zunehmender Hangneigung die Wahr-

scheinlichkeit, dass die Haftung der Schneedecke kleiner wird als deren Hangabtriebskraft. Ist dies der Fall besteht die Möglichkeit eines Lawinenabgangs. Ist dies gerade nicht der Fall, so kann die zusätzliche Gewichtskraft einer oder mehrerer Personen dafür sorgen, dass die Haftreibung überwunden wird.

Die Lawinenkunde ist einerseits unerhört wichtig, andererseits aber zu komplex und weitläufig, um sie mit einfachen physikalischen Überlegungen analysieren zu können.

### 15.2.3. Tragfähigkeit einer natürlichen Eisoberfläche

Die Bildung einer Eisoberfläche auf einem See oder Fluss hängt mit der Anomalie des Wassers zusammen. Wasser hat bei etwa 4°C die größte Dichte.

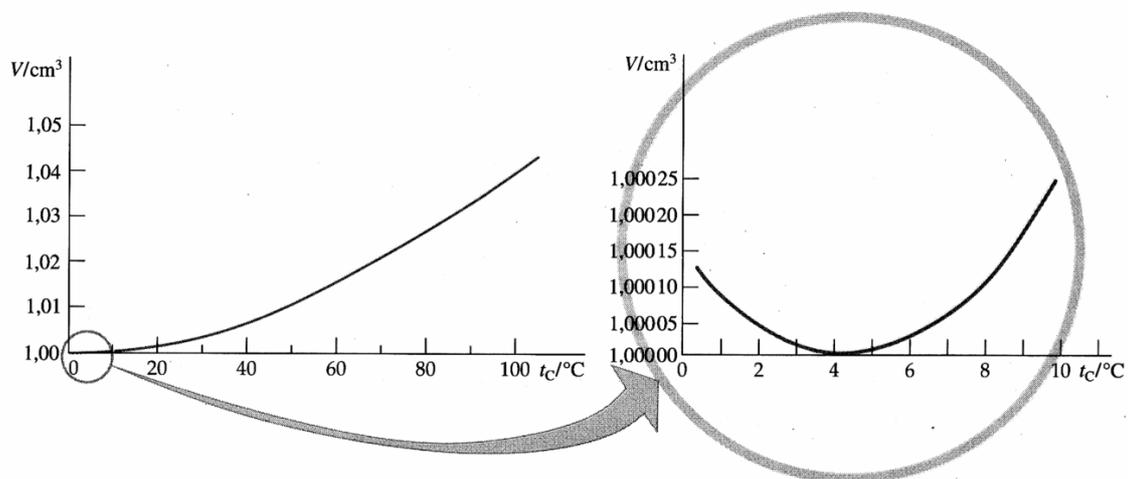


Abb. 23: Anomalie des Wassers (Tipler, 2000, S. 516)

Eine niedrigere Temperatur fördert die kristalline Struktur von Wasser, eine höhere Temperatur hat eine stärkere Wärmebewegung zur Folge. Beide Phänomene bringen eine Volumsausdehnung und damit eine Verringerung der Dichte mit sich. Das bedeutet, dass das Temperaturprofil eines zugefrorenen Sees am Grund 4°C und mit abnehmender Tiefe immer kälter wird. Die Eisschicht hat schließlich unter 0°C und wird wegen der geringeren Dichte nicht absinken, sondern sich an der Oberfläche ablagern.

Die Tragfähigkeit einer solchen Oberfläche nimmt mit dem Quadrat der Dicke zu. Um einen durchschnittlich schweren Menschen zu tragen benötigt das Eis eine Dicke von mindestens 5-8cm. Der Druck  $p$  ergibt sich aus dem Quotienten von Kraft  $F$  durch Fläche  $A$ :

$$p = \frac{F}{A}$$

Führt zum Beispiel eine Person mit der Masse  $m = 70\text{kg}$  mit Eislaufschuhen auf einem zugefrorenen See, kann anhand der oberen Formel der Druck auf die Eisoberfläche berechnet werden. Die Fläche  $A$  wird mit  $10\text{mm}^2 = 10^{-5}\text{m}^2$  abgeschätzt.

$$p \approx \frac{70 \cdot 10}{10^{-5}} = 7 \cdot 10^7 \text{ Pa} = 700\text{bar}$$

$$[10^5 \text{ Pascal} = 1\text{Bar}]$$

Da die Temperatur und damit auch der Schmelzpunkt vom Druck abhängig sind, sorgt diese Druckerhöhung für ein kurzfristiges Schmelzen des Eises unter den Kufen der Eislaufschuhe. Diese Flüssigkeitsschicht ist für die guten Gleiteigenschaften beim Eislaufen verantwortlich.

#### 15.2.4. Carven und die Zentripetalkraft

Um eine Kurve fahren zu können ist eine Kraft notwendig, die die Person auf der Kreisbahn hält. Diese Zentripetalkraft  $F_Z$  hängt von der Masse  $m$ , der Geschwindigkeit  $v$  und dem Kurvenradius  $r$  ab.

$$F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Bemerkung: Die Zentripetalkraft ist ein Vektor. Aufgrund der Umkehrbarkeit von Gleichungen kann in der oberen Formel der Radius  $r$  im Nenner nicht mit einem Vektorzeichen versehen werden. Korrekterweise müsste man den rechten Ausdruck der oberen Formel also noch mit dem Einheitsvektor  $\frac{\vec{r}}{r}$  multiplizieren. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird das vernachlässigt.

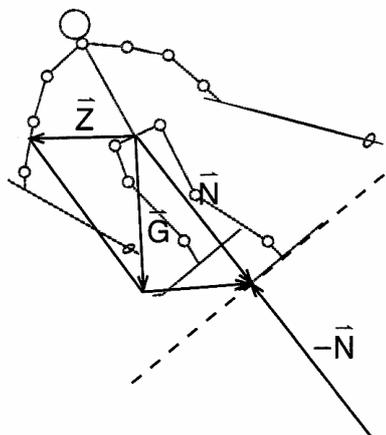


Abb. 24: Kräfte beim Skifahren (Jorch, Oberlack & Brötz, S. 323, 2005)

In Abb. 24 ist  $Z$  die Zentripetalkraft,  $N$  die Normalkraft und  $G$  bezeichnet die Gewichtskraft.

### 15.2.5. Reibung und die Hangabtriebskraft

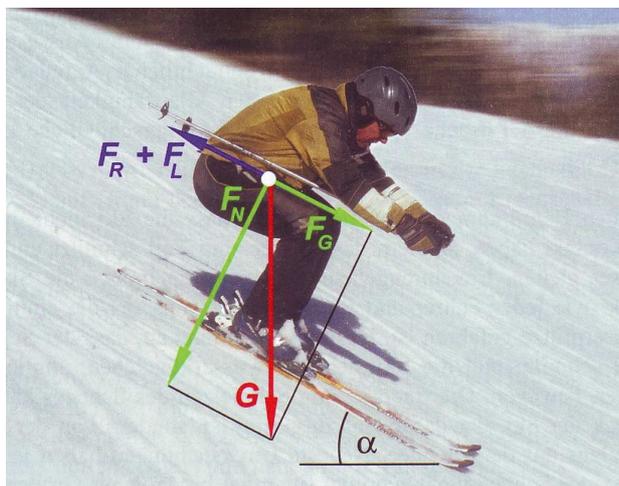


Abb. 25: Hangabtriebskraft (Mathelitsch und Thaller, 2008, S. 119)

In Abb. 25 ist ersichtlich, dass die Hangabtriebskraft  $F_G$  keine zusätzliche Kraft im System, sondern neben der Normalkraft  $F_N$  eine weitere Komponente der Schwerkraft  $G$  ist. Vernachlässigt wurde einerseits die Gleitreibung  $F_R$  zwischen Ski und Schnee, andererseits der Luftwiderstand  $F_L$ , der von der Querschnittsfläche  $A$ , der Geschwindigkeit  $v$ , der Dichte der Luft  $\rho$  und vom Widerstandsbeiwert  $c_w$  abhängt.

$$F_L = v^2 \cdot A \cdot c_w \cdot \frac{\rho}{2}$$

$$\vec{F}_R = \vec{G} \cdot \mu_R$$

$\mu_R$  ist der Gleitreibungskoeffizient und kann ungefähr mit einem Wert von 0,1 angenommen werden ([www.uni-bayreuth.de](http://www.uni-bayreuth.de)).

Der Luftwiderstand wirkt wie die Reibung der Hangabtriebskraft entgegen.

Zudem gelten folgende Relationen:

$$\vec{G} = m \cdot \vec{g}$$

$$\vec{F}_N = \vec{G} \cdot \cos \alpha = m \cdot \vec{g} \cdot \cos \alpha$$

Durch Vektorsubtraktion und der Berücksichtigung der Reibungskräfte lässt sich eine resultierende Kraft  $F_{res}$  definieren, welche auf den/die Skifahrer/in wirkt.

$$\vec{F}_{res} = \vec{F}_G - \vec{F}_R - \vec{F}_L = \vec{G} - \vec{F}_N - \vec{F}_R - \vec{F}_L$$

Setzt man die Kräfteformeln in diese Gleichung ein und vereinfacht, so ergibt sich:

$$F_{res} = m \cdot g \cdot (1 - 1,1 \cdot [\cos \alpha]) - v^2 \cdot A \cdot c_w \cdot \frac{\rho}{2}$$

Ist  $\alpha 90^\circ$ , so handelt es sich um den freien Fall und für die resultierende Kraft bleibt richtigerweise das Produkt aus Masse mal Erdbeschleunigung und der Luftwiderstand über. Dies wäre der freie Fall und  $F_{res}$  würde verschwinden, wenn die Differenz der beiden Terme in der oberen Gleichung Null wird. Dann wäre die Grenzggeschwindigkeit erreicht.

Ist die Behauptung mancher Skikommentatoren/innen richtig, dass schwere Fahrer/innen einen Vorteil beim Skifahren haben? Gilt das auch für den Freizeitbereich?

Grundsätzlich legt der erste massenabhängige Term der oberen Formel nahe, dass Fahrer/innen mit mehr Gewicht tatsächlich eine größere talwärts gerichtete Kraftkomponente besitzen. Allerdings darf nicht außer acht gelassen werden, dass solche Athleten auch eine größere träge Masse besitzen. Somit heben sich die beiden Effekte der erhöhten Kraftkomponente und der größer werdenden Trägheit exakt auf, da schwere und träge Masse den gleichen Wert haben. Anders formuliert wirkt die schwere Masse wegen der Schwerkraft auf den Körper, aber die träge Masse widersetzt sich dem in gleicher Weise. (Dass dieses Prinzip gilt bestätigt auch ein Versuch mit der Vakuumglocke, in welcher eine Feder und ein Stück Metall gleich schnell fallen.)

Im zweiten Term fällt neben der Querschnittsfläche, der Dichte und dem Widerstandsbeiwert, der von der Form des Körpers abhängig ist, vor allem die Abhängigkeit vom Quadrat der Geschwindigkeit auf.

Nun gibt es das physikalische Gesetz, dass die Fallgeschwindigkeit unabhängig von den Massen der fallenden Körper ist ( $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ ). Das gilt allerdings bei näherer Betrachtung nur für den luftleeren Raum. Werden zwei Gegenstände gleicher Größe und gleicher Form aber unterschiedlicher Masse aus großer Höhe abgeworfen, so beschleunigen diese anfangs

gleich schnell. Beide Versuchsobjekte beschleunigen nicht mehr, wenn die Anziehungskraft und der Luftwiderstand gleich groß sind:

$$m \cdot g = v^2 \cdot A \cdot c_w \cdot \frac{\rho}{2}$$

Bei großen Geschwindigkeiten und bei der Annäherung an der Grenzgeschwindigkeit, vermag sich der schwerere Gegenstand länger gegen den Luftwiderstand „durchzusetzen“ und wird aufgrund der größeren Masse eine höhere Endgeschwindigkeit erreichen. Ähnlich ist es auch bei dem/der Skifahrer/innen. Bei sehr großen Geschwindigkeiten haben Sportler/innen mit mehr Masse einen Vorteil. Nähert man sich der Grenzgeschwindigkeit aber nicht an, so wird es keinen merklichen Unterschied in der Geschwindigkeit geben.

### **15.3. Didaktische Umsetzung**

Es empfiehlt sich das Thema „Physik des Wintersports“ im Rahmen einer Wintersportwoche oder einem Skikurs zu realisieren. Zunächst werden die physikalischen Grundlagen wie Lorenz et al. (2000) das empfiehlt im Plenumsunterricht vermittelt. Dies kann vorab im Fachunterricht Physik oder direkt am Skikurs stattfinden.

Die Vorgehensweise berücksichtigt das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept nach Moegling (1998), wobei der Lernweg einmal mehr dem „Praktischen Lernen“ zugeschrieben werden kann. Die Handlungsorientierung wird verwirklicht, indem die Lernenden sich bewegen, denken, filmen, rechnen, fotografieren, diskutieren oder messen. Aufgrund der Kombination aus sportlicher Bewegung, einem intensiven Naturerlebnis und physikalischen Lernprozessen wird auch der Ganzheitlichkeit bei diesem Beispiel nachgekommen.

Exakte Anleitung und Arbeitsblätter werden zur besseren Übersichtlichkeit an die Schüler/innen ausgeteilt. Auch Kollege/innen sollten entsprechende Informationen erhalten, da sie als Skilehrer/innen in den jeweiligen Gruppen die Übungen durchführen müssen.

Insgesamt gibt es vier Unterthemen, die auf Ski- und Snowboardgruppen aufgeteilt werden können. Allerdings behandelt nicht jede Gruppe ein Thema, sondern die Unterthemen wechseln täglich, sodass nach vier Tagen jede Gruppe einmal ein Thema behandelt hat. Der zeitliche Rahmen des fächerübergreifenden Unterrichts auf der Piste sollte aus Gründen der Motivation nicht eine halbe bis dreiviertel Stunde übersteigen. Hinzu kommen eine Auswertung und die Erstellung eines kurzen Protokolls am Ende jedes Skitages.

Zum Abschluss der Wintersportwoche sollte jede Gruppe ein Abschlussprotokoll erstellt haben. Auch der Vergleich der Ergebnisse zwischen den Gruppen darf nicht zu kurz kommen.

#### 15.4. Durchführung und Beispiele

Zeitlicher Rahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitungsphase: Im Plenumsunterricht, einerseits mit schüler(innen)zentrierten Teilen (Definition der physikalischen Größen Energie, Arbeit, Leistung oder der Erdbeschleunigung; trigonometrische Überlegungen) und andererseits mit lehrer(innen)zentrierten (computerunterstützte Auswertung) Parts (2-3 Stunden)</li> <li>• Durchführungsphase: Ski- und Snowboardwoche</li> <li>• Abschlussphase: Erstellen eines Protokolls im zeitlichen Rahmen des Ski- und Snowboardkurses</li> </ul>
Gruppeneinteilung	<p><i>Aufgabe 1:</i> Bestimmung der Erdbeschleunigung  <i>Aufgabe 2:</i> Eine computerunterstützte Auswertung des Carvingsschwunges  <i>Aufgabe 3:</i> Video- und Fotoanalyse  <i>Aufgabe 4:</i> Arbeit, Energie und Leistung an einem Skitag</p>
Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschleunigungssensor, Messgerät und entsprechendes Programm für eine computerunterstützte Auswertung</li> <li>• Computer</li> <li>• Stoppuhr</li> <li>• Videokamera</li> </ul>
Didaktisches Konzept	Handlungsorientiertes, ganzheitliches Konzept
Methodik	Praktisches Lernen

##### *Aufgabe 1: Bestimmung der Erdbeschleunigung*

Wie kann die Erdbeschleunigung  $g$  beim Skifahren oder Snowboarden experimentell bestimmt werden?

Voraussetzung für diese Unterfangen ist das Vorhandensein einer kurzen, nicht zu steilen Abfahrt im Skigebiet. Zudem müssen die Länge  $l$  und die Höhendifferenz  $h$  der Abfahrt bekannt sein. Ist dies der Fall kann mit einfachen trigonometrischen Überlegungen der Winkel  $\alpha$  und damit die Neigung des Hanges bestimmt werden.

$$\sin \alpha = \frac{h}{l}$$

Eine Versuchsperson mit bekannter Masse fährt nun aus anfänglicher Ruhe in „Schuss-Position“ den Hang hinab. Da die Zeit mit einer Stoppuhr gemessen wird und der Weg  $s$  bekannt ist, können die Geschwindigkeit  $v$  und die Beschleunigung  $a$  berechnet werden.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}$$

Wird diese Beschleunigung mit der Masse multipliziert, erhält man die Hangabtriebskraft  $F_G$ .

$$\sin \alpha = \frac{F_G}{G} = \frac{a}{g} \rightarrow g = \frac{a}{\sin \alpha}$$

Vernachlässigt wurden Reibung und Luftwiderstand.

#### *Aufgabe 2: Carven und die Zentripetalkraft- eine computerunterstützte Auswertung*

Zunächst muss durch Ausprobieren auf der Piste geklärt werden, welche Größen Einfluss auf die Zentripetalkraft haben.

Die wird zu folgender Formel führen:

$$F_Z = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Neben einer starken Geschwindigkeitsabhängigkeit fällt primär auf, dass ein kleiner werdender Radius eine Erhöhung von  $F_Z$  zur Folge hat.

Hiermit werden auch die Vorzüge des Carving-Schwungs ersichtlich, da ein Triftschwung immer mit einer Vergrößerung des Radius einhergeht.

Bestehen die materiellen Voraussetzungen kann die Zentripetalkraft mit einem Beschleunigungssensor gemessen werden.

Dieser ist aber relativ teuer und dessen Justierung schwierig. Die Daten werden auf einem entsprechenden Messgerät aufgezeichnet und auf einen Computer zur Auswertung übertragen.

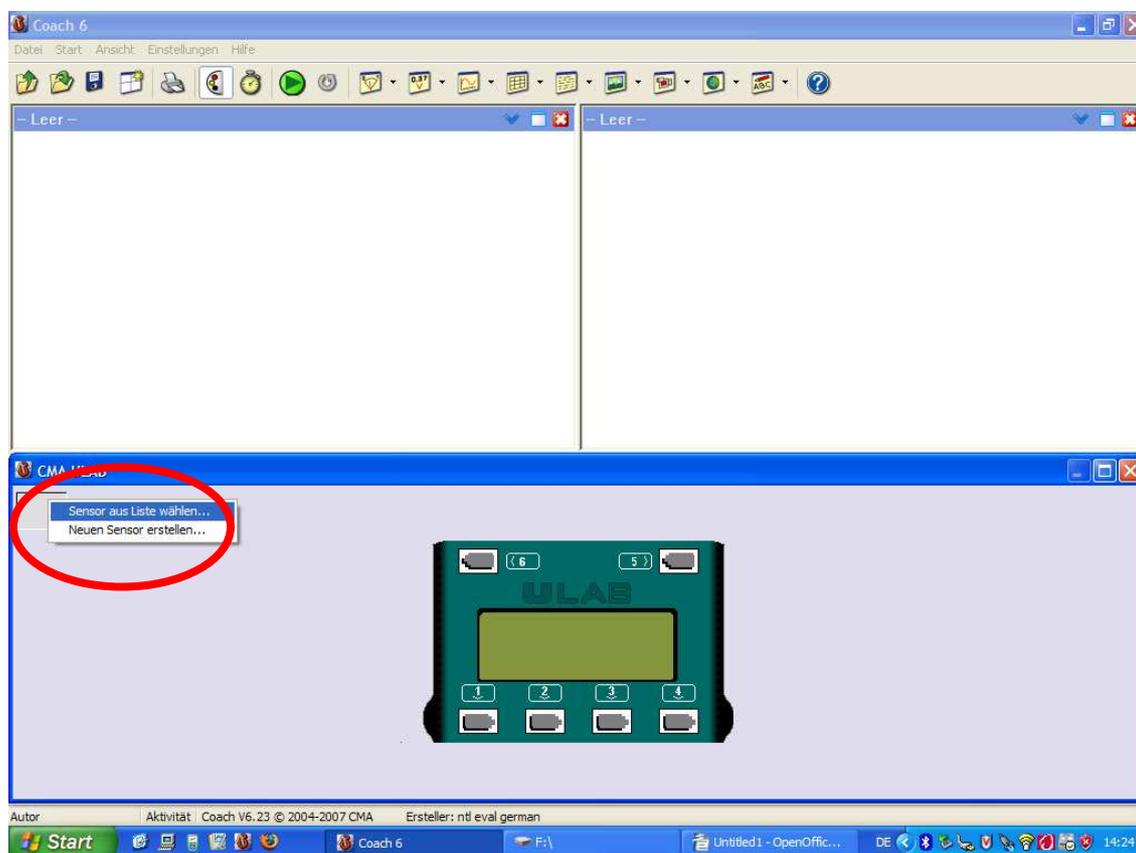
Als Sensor wird in diesem Beispiel ein „25-g Accelerometer“ verwendet, der die Beschleunigung in einer Raumrichtung misst. Dem wäre ein dreidimensionaler Sensor vorzuziehen.



Abb. 26: ULAB mit Beschleunigungssensor

Als mobiler Datenspeicher eignet sich ein „CMA ULAB Datalogger“. Zudem wird ein spezielles Programm benötigt, mit dessen Hilfe die erhaltenen Datenmengen bearbeitet und anschaulich dargestellt werden können. Hier wird die Software „Coach 6“ verwendet. Speziell für technisch interessierte Klassen könnte diese computerunterstützte Analyse und Darstellung zu einer Bereicherung des fächerübergreifenden Unterrichts führen. Die folgende Anleitung ist so zu verstehen, dass in kursiver Schrift und unter Anführungszeichen die Programmbefehle angegeben werden.

Anfangs wird „ULAB“ mit dem Sensor und mit dem Computer verbunden, dann erfolgt das Starten von „Coach 6“.



**Abb. 27: Benutzeroberfläche von „Coach 6“**

Die obere Grafik zeigt die Benutzeroberfläche von „Coach 6“, wobei zunächst „CMA ULAB“ als die Schnittstelle ausgewählt werden muss („Datei“ – „Neu“ – „Messung“ – „Schnittstelle“).

Anschließend wird der Sensor kalibriert, was durch einen rechten Mausklick auf das Sensorfeld (siehe Abb. 27) unter „Sensoreigenschaften“ erreicht werden kann.

In der Symbolleiste findet sich ein Feld „Messeinstellungen“, in welchem weitere Parameter wie „Messdauer“ oder „Messfrequenz“ eingestellt werden. Bevor „ULAB“ vom Rechner getrennt wird muss unter „Einstellungen“ – „Aktivität einrichten“ der Punkt „offline“ angekreuzt werden.

Nun sind „ULAB“ und der Sensor portabel und stehen für Messungen zur Verfügung. Bezogen auf das Unterrichtsbeispiel bedeutet dies, dass nun eine Messung auf der Piste erfolgen kann. Es ist zu beachten, dass bei der Kalibrierung des Beschleunigungssensors ein Koordinatensystem festgelegt wurde was für die Praxis bedeutet, dass der Sensor am Körper räumlich gleich orientiert werden muss, wie bei der Kalibrierung. So können verfälschte Messergebnisse vermieden werden.

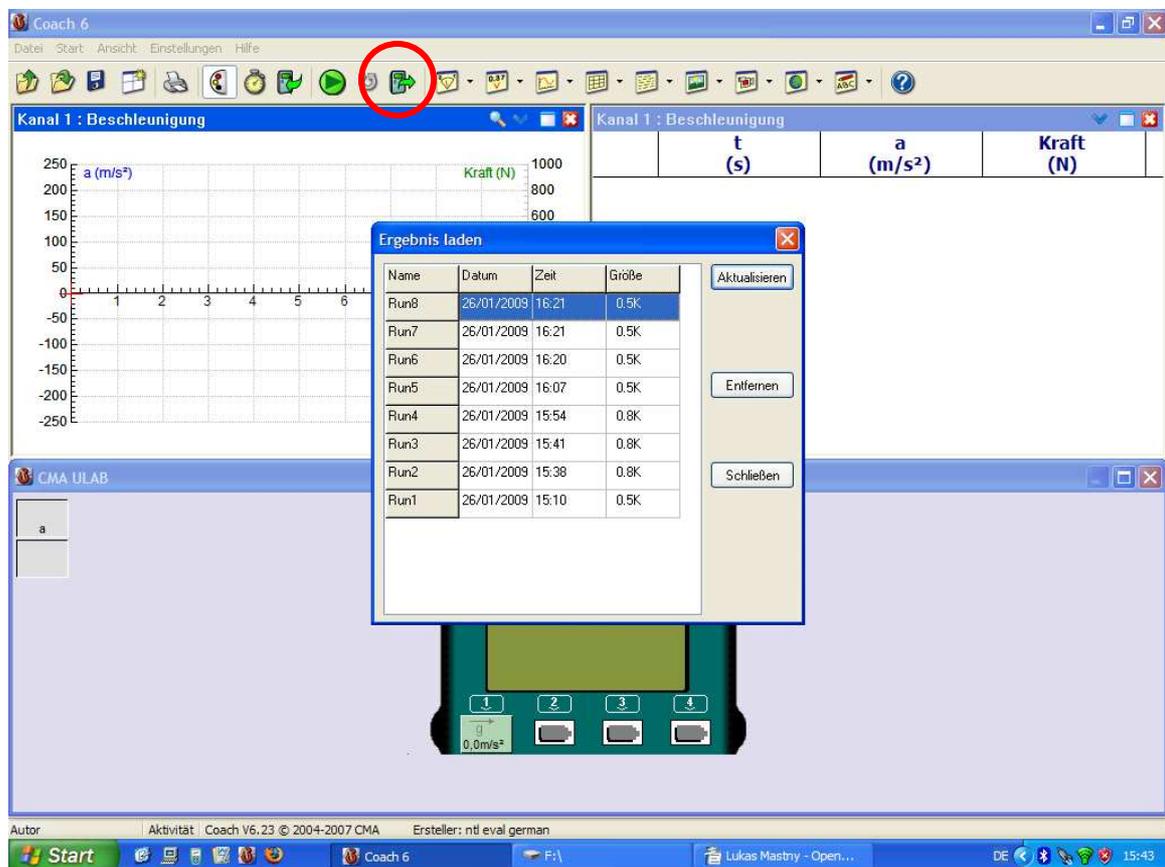


Abb. 28: Einlesen von Daten in „Coach 6“

Nachdem der Computer und „ULAB“ via USB- Kabel wieder miteinander verbunden sind, erfolgt das Laden der gespeicherten Daten, wie in Abb. 28 zu sehen ist. Das vordergründige Fenster zeigt 8 „Runs“, was bedeutet, dass 8 Messungen durchgeführt wurden.

Über die Symbolleiste können die Messdaten einfach in Form von Diagrammen oder Tabellen in neue Fenster gebracht werden.

Abb. 29 zeigt ein solches Diagramm, wobei unter „*Diagrammeigenschaften*“ bzw. unter „*Diagramm einfügen/bearbeiten*“ eine entsprechende Formatierung durchgeführt werden muss. Abgesehen davon können unter „*Analysis*“ Kurven abgeleitet, integriert oder deren Fläche zur x-Achse bestimmt werden (siehe Kapitel 13.5).

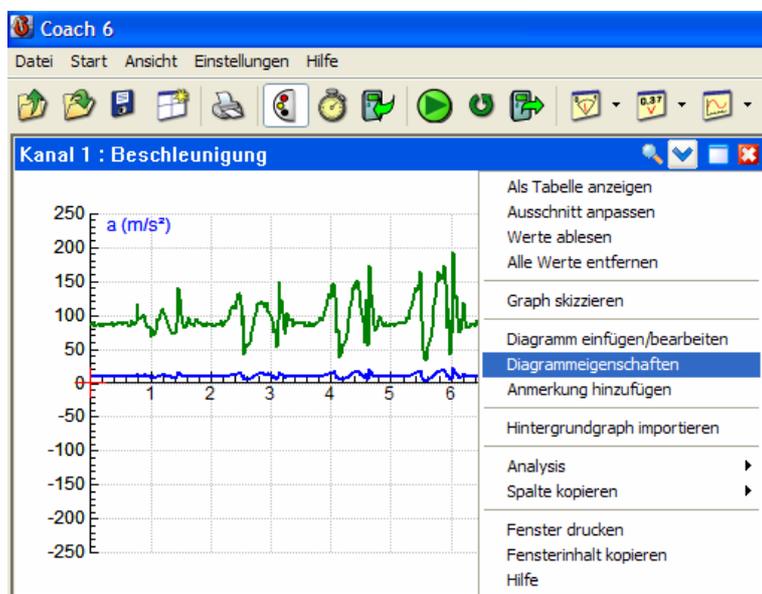
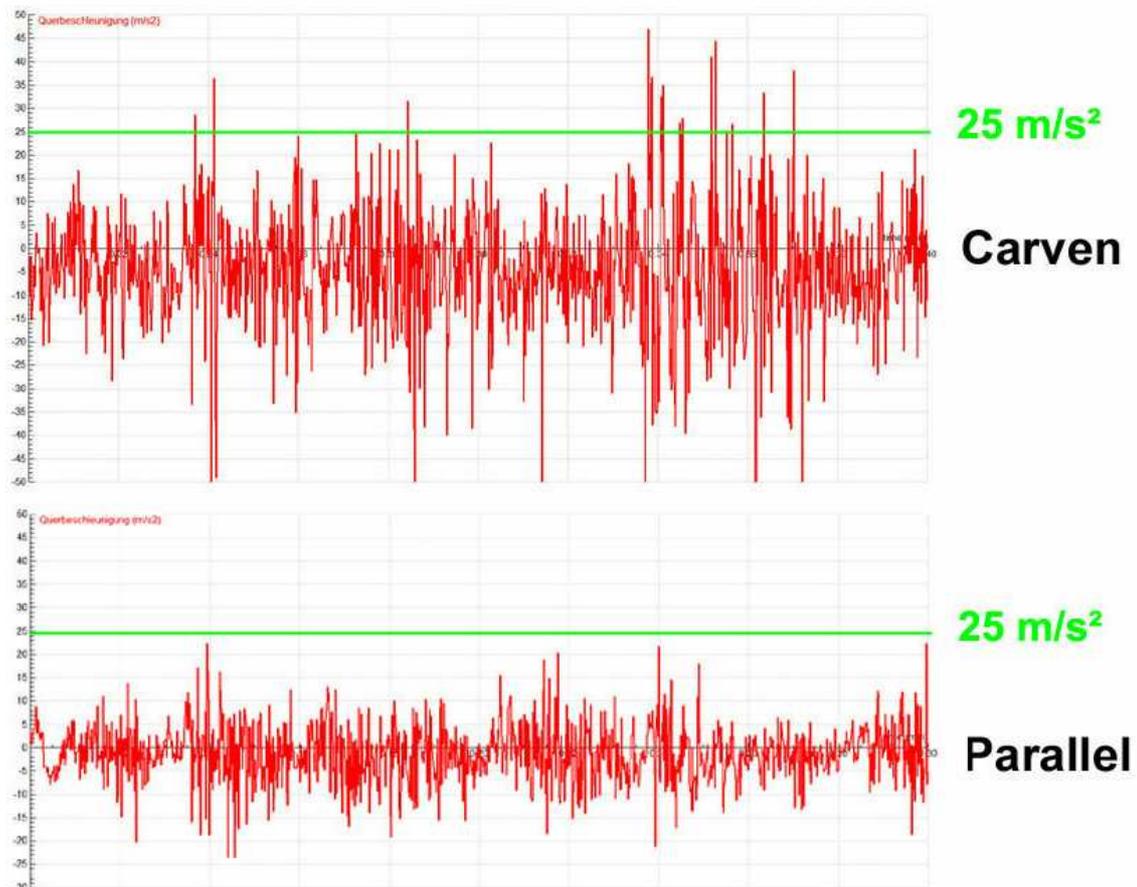


Abb. 29: Diagramm in „COACH 6“

Im Unterrichtsbeispiel „Carven und die Zentripetalkraft“ wird anfangs der sich in Ruhe befindliche Sensor bei korrekter Kalibrierung und Justierung in z-Richtung eine Beschleunigung von ca.  $9,81\text{m/s}^2$  und in die beiden anderen Raumrichtungen  $0\text{m/s}^2$  anzeigen. Ist ein dreidimensionaler Sensor vorhanden, so wird dieser während der Kurvenfahrt beim Skifahren in allen Raumrichtungen eine Beschleunigung anzeigen, wobei die Beschleunigung in y-Richtung (hängt von der Tragweise des Sensors ab) primär der Zentripetalkraft zugeschrieben werden kann.

Variante: In einem weiteren Experiment könnte der Unterschied der Zentripetalkraft zwischen einem Trift- und einem Carvingschwung ermittelt werden. Auch die auftretenden Kräfte beim Sprung können auf diese Art und Weise gemessen werden.



**Abb. 30: Unterschiede in der Zentripetalkraft zwischen Carven und einer parallelen Skiführung (Mathelitsch und Thaller, 2008)**

Abb. 30 zeigt die Unterschiede in der Zentripetalkraft zwischen einem Carvingschwung und einem Triftschwung mit paralleler Skiführung. Es zeigen sich deutlich höhere Beschleunigungen mit mehr als  $45\text{m/s}^2$  beim Carven, was umgangssprachlich einer Beschleunigung von  $4,5g$  entspricht.

### *Aufgabe 3: Video- und Fotoanalyse*

Jedes Gruppenmitglied wird während einer Abfahrt auf einem schönen Hang gefilmt und fotografiert. Beide Tätigkeiten werden von verantwortungsbewussten Schüler/innen übernommen.

Am Abend desselben Tages erfolgt die Analyse des Film- und Fotomaterials nach folgenden Gesichtspunkten:

- ⇒ Wie ist die Technik der fahrenden Person zu beurteilen? Was macht sie gut, was schlecht und wie könnte sie es besser machen?

- ⇒ Welche Kräfte wirken in den jeweiligen Schwungphasen (Vorbereitungsphase, Auslösephase, Steuerphase)?
- ⇒ Welchen Einfluss haben die Kräfte auf die Bewegung? Lassen sich die Bewegung oder auch Fehler durch die Kräfte erklären?

Die Analyse erfolgt in Diskussion mit der Ski-/Snowboardgruppe, wobei die Schwerpunkte der Auswertung natürlich vom fahrerischen Können der Ski-/Snowboardgruppe abhängen.

Der Beitrag zum Protokoll sind Fotos, die Techniken (z.B. einen sauberen Carvingschwung) richtig darstellen und in die alle herrschenden Kräfte (inklusive Reibung und Hangabtriebskraft) eingezeichnet werden.

#### *Aufgabe 4: Arbeit, Energie und Leistung*

Die Ski-/Snowboardgruppe notiert sich die befahrenen Berge und damit verbunden die Höhenmeter. Zudem ist es zur Bewältigung der Aufgabe notwendig, dass ein/e Schüler/in sich die Zeiten der Berg- und Tal-Ankünfte notiert. Anschließend sollen folgende Punkte geklärt werden:

1. Wie viele Höhenmeter wurden an einem Tag mithilfe der Liftanlagen bewältigt? Welchem bekannten Berg entspricht diese Höhe?
2. Wie viel Hubarbeit haben die Liftanlagen am gesamten Tag an euch verrichtet? Welche qualitativen Aussagen lassen sich über kinetische und potentielle Energie treffen?
3. Fertige ein Profil der verrichteten Höhenmeter im Tagesverlauf (siehe Abb. 31) an. Trage dabei auf der x-Achse die Zeit in Stunden und auf der y-Achse die Höhenmeter in 100-Meter-Schritten ein. Zeichnen dann die Berg- und Tal-Ankünfte und die entsprechenden Zeiten ein. Moderne Skigebiete fertigen automatisch im Internet eine solche Grafik an. Diese kann natürlich ebenfalls verwendet und analysiert werden.

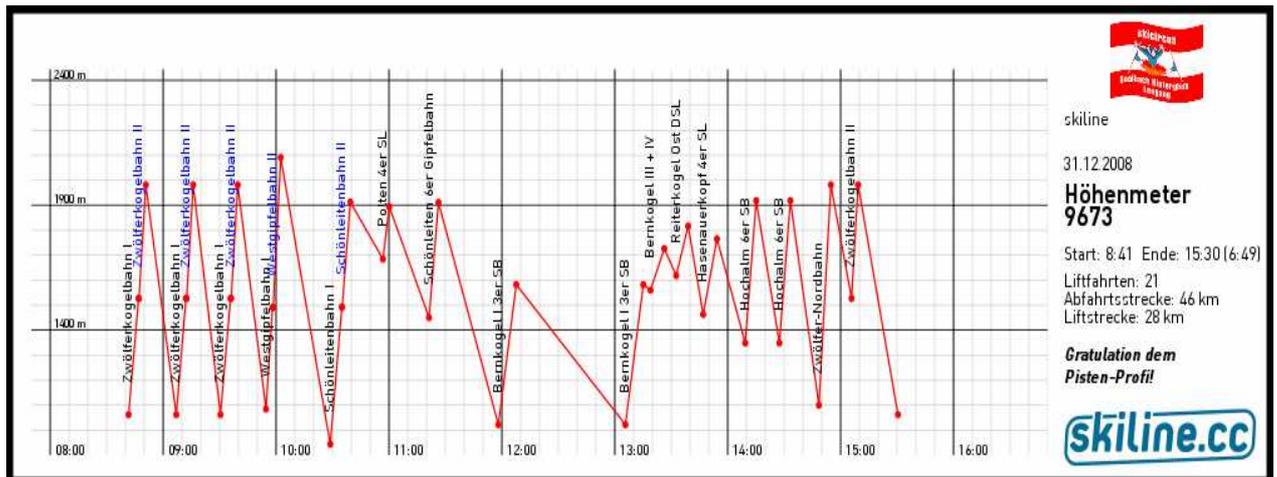


Abb. 31: Höhenmeterprofil eines Skitages (<http://skiline.cc>)

## 16. Physik des Krafttrainings (Beispiel 5)

Ich habe mich für dieses Thema entschieden, da Krafttraining bei Schüler/innen in der Oberstufe eine große Rolle spielen kann und da mit Hilfe einfacher physikalischer Überlegungen und mit Videoanalysen Fehler in der Übungsdurchführung aufgezeigt werden können. So wird der überfachliche Unterricht einerseits dem Anspruch nach Gesundheitsförderung im Schulsport gerecht, andererseits erhalten die Lernenden einen lebensnahen Zugang zu Physik.

### 16.1. Lehrplanbezug und Lernziel

Physik:

- ⇒ „Kräfte ändern eine Bewegung“
- ⇒ „Einen Meßvorgang durchführen und auswerten können“
- ⇒ „gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen beschreiben, graphisch darstellen und berechnen können“
- ⇒ „Kraft, Federkraft, Reibung, Masse und Gewicht; zusammengesetzte Bewegung, Messung von Geschwindigkeit und Beschleunigung in Schülerexperimenten“
- ⇒ „Grundversuche zur Bewegungslehre; graphische Darstellung von Bewegungen; Dimensionsbetrachtungen, abgeleitete Größen und ihre Einheiten; Skalare und Vektoren in der Bewegungslehre“
- ⇒ „Kräfte im Sport“
- ⇒ „Hub-, Beschleunigungs- und Dehnungsarbeit; Beispiele aus der Erfahrungswelt der Schüler; Unterscheidung der Begriffe Arbeit und Leistung“ (BMUKK, 2008)

Sport:

1. „Grundlagen zum Bewegungshandeln  
Weiterentwicklung und Sicherung der konditionellen Fähigkeiten:  
- Kraft (Übungen aus den Bereichen Gerätturnen, Akrobatik und Leichtathletik; Übungen an Fitnessgeräten; usw.)“
2. „Sportbiologische Grundlagen kennen und in das eigene sportliche Handeln einbeziehen (Belastung- Anpassung; Muskelfunktionen; usw.)“  
(BMUKK, 2009, S. 6)

## 16.2. Physikalische Grundlagen

### 16.2.1. Vom Hebelgesetz zur Gesundheitsförderung

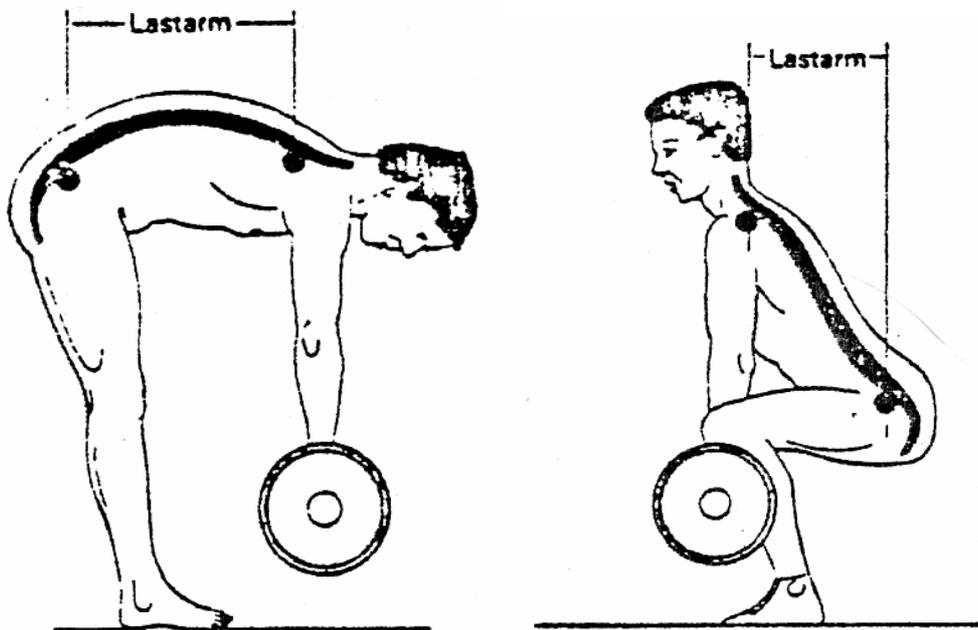


Abb. 32: Falsches Heben mit langem Lastarm und richtiges Heben mit kurzem Lastarm  
(Sexl, 1980, S. 26)

Damit Krafttraining keine gesundheitsschädliche Wirkung hat, muss der richtigen Übungsausführung große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Für das Heben von Gewichten bedeutet dies, dass für eine zentrale Belastung der Bandscheiben der Rücken möglichst lotrecht gehalten werden muss.

Dabei gilt die Bedingung „Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm“:

$$\vec{F} \cdot \vec{x}_F = \vec{L} \cdot \vec{x}_L$$

Da die Last  $L$  in Abb. 32 als gleich angenommen werden kann, ist der Lastarm  $x_L$  dafür verantwortlich, dass die Person in Abb. 32 mehr Kraft  $F$  aufbringen muss, um das Gewicht auf die gleiche Höhe zu heben. Zudem werden die Bandscheiben um ein vielfaches stärker belastet.

Die Gleichgewichtsbedingungen für den Hebel besagt, dass sich ein Körper im Gleichgewicht befindet, wenn die resultierende Kraft auf ihn Null ist.

Ist die Muskelkraft größer als die Gewichtskraft einer Hantel, so hat dies eine konzentrische Bewegung zur Folge. Beim umgekehrten Fall spricht man von einer exzentrischen

Bewegung und falls die Gleichgewichtsbedingung erfüllt ist, wird die Belastung isometrisch genannt.

*Beispiel: Musculus biceps brachii und Musculus trizeps brachii*

Es zeigt sich demnach, dass das Training mit einer Hantel einem Hebel gleich kommt. Der M. biceps brachii entspricht einem einseitigen Hebel, da sich Kraftarm und Lastarm auf derselben Seite der Drehachse (Ellenbogengelenk) befinden. Als Lastarm  $x_L$  wird die Länge des Unterarms mit ungefähr 0,35 Metern abgeschätzt. Die Person hält nun eine Masse von 10 Kilogramm in der Hand, was einer Last  $L$  von ca. 98 Newton entspricht. Wenn man nun bedenkt, dass der Muskelansatz gerundete 0,027 Meter von der Drehachse entfernt ist, so ergibt sich eine Kraft von:

$$F = \frac{L \cdot x_L}{x_F} = \frac{98 \cdot 0,35}{0,027} \approx 1270N$$

Beim M. trizeps brachii handelt es sich hingegen um einen zweiseitiger Hebel, weil sich Kraft- und Lastarm auf unterschiedlichen Seiten des Drehpunkts befinden.

### **16.3. Didaktische Umsetzung**

Beim Krafttraining ist eine genaue Anleitung Voraussetzung für das Vermeiden von gesundheitlichen Schäden oder Verletzungen. Dieses Faktum führt zum praktischen Lernen und zum ganzheitlichen, handlungsorientierten Konzept nach Moegling (1998). Der Großteil des Themas wird aufgrund der gegenseitigen Bewegungskontrollen und Hilfestellungen in Partnerübung durchgeführt.

Ein Fitnesscenter oder eine schulinterne Kraftkammer können den örtlichen Rahmen bilden. Ersteres hat im Allgemeinen große Besucherzahlen zum Nachteil, was die Konzentration und die Handlungsfreiheit der Lernenden einschränken kann. Außerdem erfordert der Umfang des Themas die Investition von mehreren Sportstunden. Dies verkompliziert die Durchführung und hat möglicherweise einen hohen finanziellen Aufwand zur Folge. Wenn vorhanden wäre also ein kleiner Raum mit den wichtigsten Geräten einem öffentlichen Trainingscenter vorzuziehen.

Wichtige biomechanische Grundlagen sollen in einer Literatur- bzw. Internetrecherche erarbeitet werden. Das fördert die Selbstständigkeit und die Beschaffung von zuverlässigen Informationen kann auch als elementarer Teil einer wissenschaftlichen Vorgehensweise betrachtet werden. Eine Literaturempfehlung ist ebenfalls als Anhaltspunkt denkbar. Auch

hierbei kann die Beschaffung der Bücher als Förderung der Selbsttätigkeit gewertet werden.

Zentrales Element des Projekts ist die Videoanalyse, welche jedes Team an einem anderen Trainingsgerät macht. Aufgrund der Komplexität des Programms ist hierbei eine exakte Anleitung wichtig. Lernziele sind erstens das Herstellen einer Verbindung zwischen Computer und Wissenschaft, was der Wissenschaftspropädeutik zuzuordnen ist. Zweitens soll die Videoanalyse als wichtiges Werkzeug der Sportwissenschaft wahrgenommen werden, welches auch aus dem Spitzensport nicht mehr wegzudenken ist.

Ich werden im Beispiel in Kapitel 13.5. die Software „Impuls Physik“ vom Klett- Verlag benutzen.

#### 16.4. Durchführung und Beispiele

Zeitlicher Rahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitungsphase: Individuelle Vorbereitung der Gruppen auf das jeweilige Gerät, wobei manche Teile (z.B. anatomische, sportwissenschaftliche und physikalische Grundlagen) selbstständig erarbeitet und andere Inhalte, vor allem die computerunterstützte Videoanalyse, im Frontalunterricht erläutert werden. (mind. 4 Stunden)</li> <li>• Durchführungsphase: im Fitnessraum (2 Stunden)</li> <li>• Abschlussphase: Erstellen eines Projektprotokolls (mind. 6 Stunden), wobei in der Regel viel Hilfestellung von Seiten der Lehrperson gegeben werden muss.</li> </ul>
Gruppeneinteilung	Die Klasse wird in Zweiergruppen unterteilt, wobei jede Gruppe an einem Gerät zwei Aufgaben zu bewältigen hat: Aufgabe 1: Videoanalyse der Übung Aufgabe 2: Biomechanische Analyse
Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Videokamera</li> <li>• Videoanalyseprogramm</li> <li>• Computer</li> <li>• Zugang zu Fitnessgeräten</li> </ul>
Didaktisches Konzept	Handlungsorientiertes, ganzheitliches Konzept
Methodik	Praktisches Lernen

Jede Gruppe soll sich mit folgenden 2 Aufgaben beschäftigen:

##### *Aufgabe 1: Videoanalyse*

Nach einer ausführlichen Erklärung der Geräte und der korrekten Übungsausführung werden die Lernenden in Zweiergruppen eingeteilt. Jede Gruppe führt jede Übung im Zirkeltraining durch.

Anschließend wird jedem Team ein Gerät zugeordnet. Je nach Ressourcen und Schüler(innen)zahl können Gerättypen auch doppelt besetzt werden.

Es folgt die Videoanalyse, welche erleichtert wird, wenn jede Gruppe einen digitalen Fotoapparat mit Videofunktion mitnimmt. Anfangs soll jeder Lernende am Gerät unter Bewegungskontrolle des/r Partners/in einige Male die Übung durchführen, da so ein passendes Gewicht für die Videoaufzeichnung ermittelt werden kann und eine Gewöhnung ans Gerät gegeben ist.

Schließlich wird gefilmt, wobei der Widerstand so eingestellt werden soll, dass ca. 8 bis 12 Wiederholungen möglich sind. Die Wiederholungszahl orientiert sich dabei am Alter, Geschlecht, Trainingszustand und an einer sinnvollen Videodauer.

Folgendes gilt es dabei zu beachten:

- Wegen einer leichteren Auswertung muss das Video im Querformat aufgezeichnet werden.
- Die Gegenstandsweite (Abstand zwischen Kamera und trainierender Person) darf keinesfalls verändert werden. Auch der Zoom muss gleich bleiben.
- Eine ruhige Kameraführung vermeidet Messfehler.
- Der Videoausschnitt ist so zu wählen, dass die Bewegung am Video klar erkennbar ist und analysiert werden kann. Dazu muss vorher feststehen was analysiert werden soll. Es empfiehlt sich die Kamera senkrecht zum Bewegungsfreiheitsgrad zu positionieren. Zum Beispiel wird es keinen Sinn machen die Übung „Bankdrücken“ von oben oder von der Seite zu filmen, wenn herausgefunden werden soll, ob der/die Übende symmetrisch trainiert. Oder ist bei der Übung „Lat- Zug“ das Ziel herauszufinden, ob ein Arm die Stange schneller zum Körper zieht als der andere, so muss in dem Fall von hinten oder vorne gefilmt werden.
- Um eine Kalibrierung des Videos machen zu können, ist das Wissen einer Länge notwendig. Die kann eine Stange, eine Hubhöhe oder auch ein Arm sein, solange der Abstand zum Objektiv während dem Filmen nicht verändert wird.
- Zur Sicherheit sollten mehrere Videos auch aus unterschiedlichen Positionen von beiden Partnern gemacht werden. Das Beste kann dann für die Analyse herangezogen werden.

Wie eine Videoanalyse beim „Lat- Zug“ aussehen könnte wird im nächsten Kapitel gezeigt. Dabei werden unter anderem ein Weg-Zeit-, ein Geschwindigkeits-Zeit- und ein Beschleunigungs-Zeit-Diagramm erstellt. So können Rückschlüsse auf Kraft, Hubarbeit und Energie gemacht werden.

Zudem wäre eine Beschäftigung mit folgenden Fragen denkbar: Hat sich die Übungsausführung unter Ermüdung verändert? Wurde sie dadurch falsch oder schädlich?

### *Aufgabe 2: Biomechanische Analyse*

Zweiter thematischer Schwerpunkt ist die biomechanische Analyse, welche 4 Bereiche umfasst:

1. Anatomie: Welche Muskeln werden beansprucht und wie heißen diese? Wo liegen deren Ansätze und Ursprünge und welche Funktionen kommen ihnen zu? Welche Gelenke sind an der Bewegungsausführung primär beteiligt?
2. Bewegungsausführung: Welche Fehler können bei der Bewegungsausführung gemacht werden, wie macht man die Übung richtig? Welche gesundheitlichen Gefahren birgt die Übung für den Körper?
3. Physik: Welche Aussagen können über die Hubarbeit bzw. die Leistung gemacht werden?
4. Sportwissenschaft: Wie ist der Kalorienverbrauch abzuschätzen und wie kann dieser interpretiert werden? Welche Art von Belastung ist Krafttraining und wie funktioniert dabei die Energieumwandlung im Körper?

Neben einer genauen Dokumentation der Videoanalyse ist auch die Beantwortung der biomechanischen Fragestellungen wichtiger Teil des Protokolls, welches das Produkt und den Abschluss des Projekts darstellt.

## **16.5. Eine Videoanalyse der Übung „Latzug“ mit „Impuls Physik“**

Als Videoanalyseprogramm wird „Impulse Physik Oberstufe“ vom Verlag Klett verwendet. Die folgende Anleitung ist so zu verstehen, dass in kursiver Schrift und unter Anführungszeichen die Programmbefehle angegeben werden.

### 16.5.1. Programmeinstellungen und Erstellung von Diagrammen

Nach Aufnahme des Videos muss dieses ins Programm eingespielt werden („*Einstellung*“ – „*Aktivität einrichten*“ – „*Videoanalyse*“). Nun wird das Video angepasst und vorbereitet. Dazu sind ein entsprechendes Koordinatensystem und ein Maßstab zu wählen („*Achsen und Skalierung*“). In Abb. 33 wurde der Abstand von 0,48m zwischen Stange und Nacken im Vorfeld gemessen und ins Videofenster eingetragen. Anschließend muss im Fenstermenü der Punkt „*Automatische Punktverfolgung*“ angeklickt werden, woraufhin ein Punkt im Videobild einer Bewegung folgt. In diesem elektronischen Menü können viele weitere Parameter wie „*Anzahl der Messungen*“ oder „*Videodauer*“ eingestellt werden. Der Verlauf dieses Punktes ist die Grundlage für die Erstellung der Diagramme.

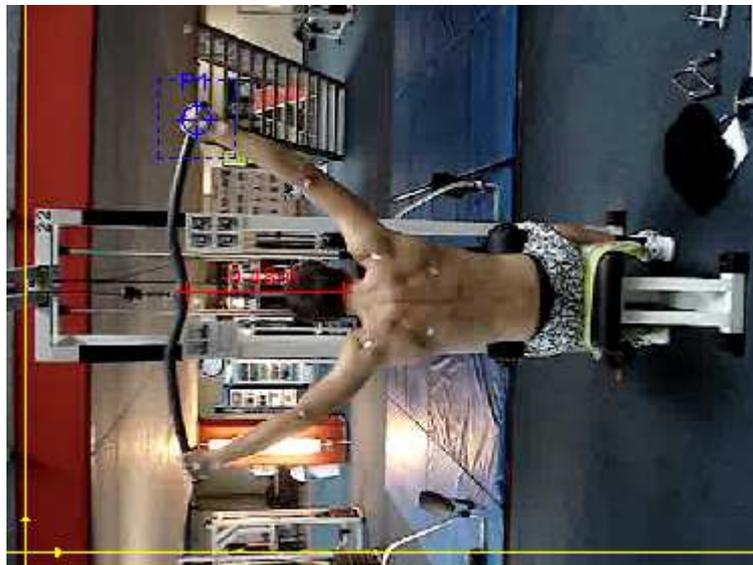


Abb. 33: Video in „Coach 6“

Wie in der nachfolgenden Abb. 34 zu sehen ist, stehen in „Coach 6“ mehrere Fenster zur Verfügung. Bei der Videoanalyse befindet sich in einem Fenster das Video, die anderen können für Grafiken, Diagrammen oder Tabellen genutzt werden.

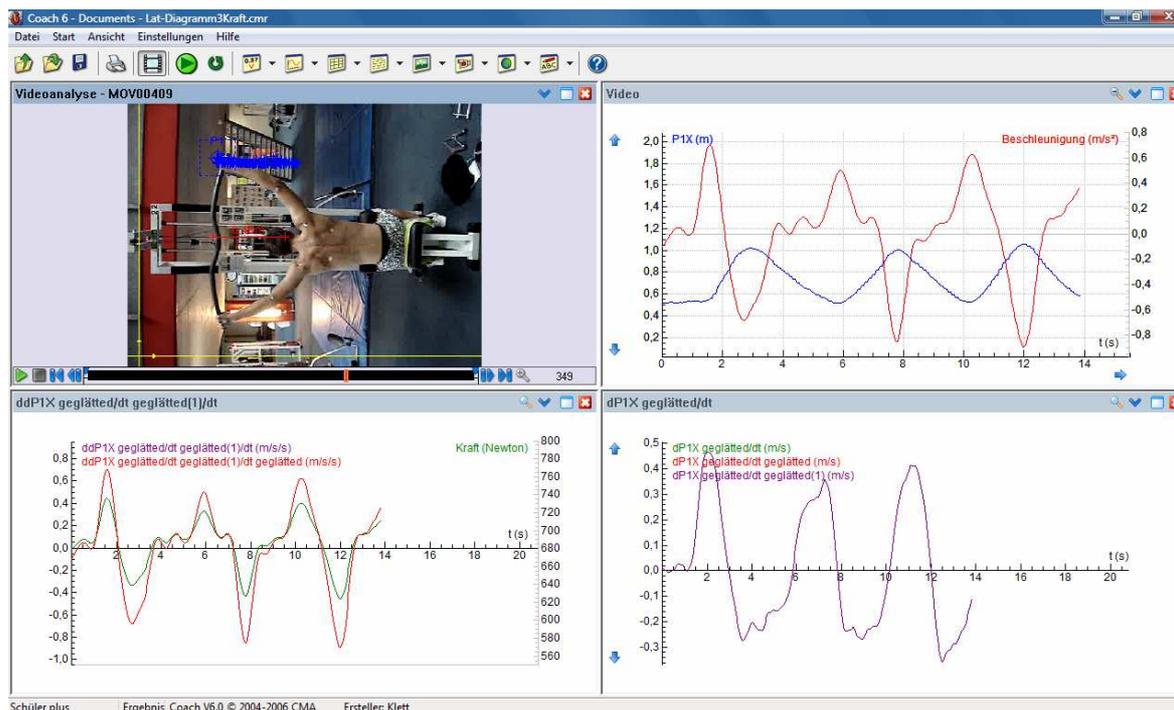


Abb. 34: Videoanalyse mit „Impuls Physik“ auf der Benutzeroberfläche von „Coach 6“

Wie werden nun solche Diagramme gezeichnet?

In der Symbolleiste befindet sich das Symbol „Diagramm“ und mit dessen Hilfe kann ein Fenster für eine Diagrammbearbeitung eingerichtet werden. Es entsteht ein leeres Koordinatensystem. Wird anschließend im Fenstermenü der Unterpunkt „Diagramm einfügen/bearbeiten“ angeklickt, so öffnet sich folgendes Fenster.

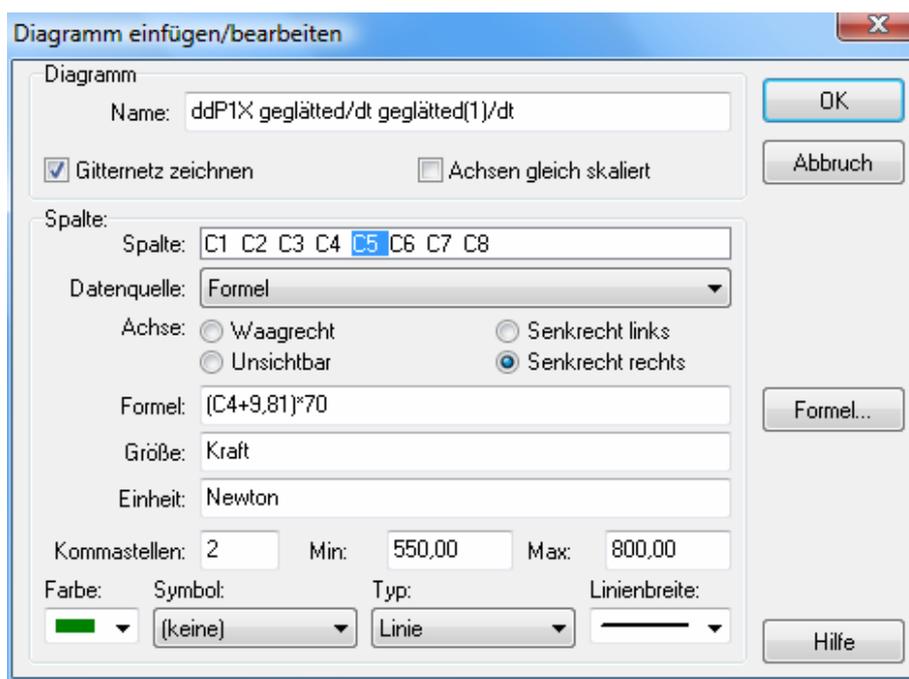


Abb. 35: „Diagramm einfügen/bearbeiten“ in „Coach 6“

Von besonderer Bedeutung ist die richtige Definition der Spalten: „CI“ ist für gewöhnlich die Stoppuhr, also die Zeit auf der x-Achse im Diagramm. Auf der y-Achse können nun mehrer Größen dargestellt werden, beispielsweise der Weg und die Geschwindigkeit.

Wurden die Einstellungen richtig vorgenommen, so muss nur noch auf den grünen Startpfeil in der Symbolleiste („Ausführen“) geklickt werden und das Programm zeichnet das Diagramm, während das Video läuft.

### 16.5.2. Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung als Funktionen der Zeit

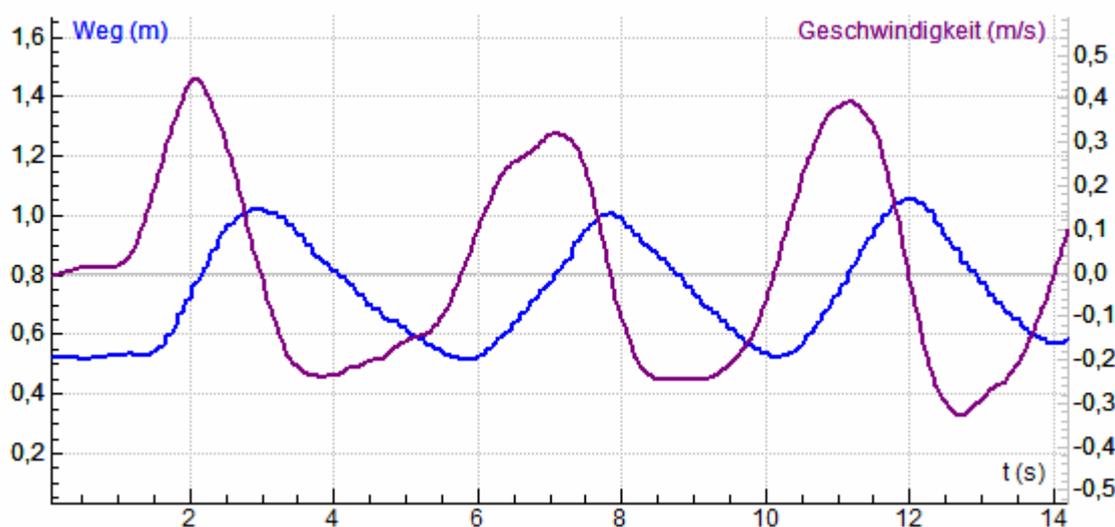


Abb. 36: Diagramm in „Coach 6“

In der oberen Abb. 36 ist ein Weg-Zeit- und ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm von drei Wiederholungen der Übung „Latzug“ zu sehen. Die blaue Linie ist der Weg der am Gerät eingestellten Gewichte im zeitlichen Verlauf. Wie kommt man vom Weg-Zeit-Diagramm zur Geschwindigkeit?

Im Fenstermenü befindet sich der Unterpunkte „Analysis“, womit man Graphen ableiten kann. Dies ist hilfreich, da die Geschwindigkeit der nach der Zeit abgeleitete Weg ist. Der Befehl „Graph glätten“ ist eine wichtige Option, um die Kurve anschaulicher darzustellen.

Wie können die Graphen des Beispiels „Latzug“ interpretiert werden und welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus ziehen?

Eine erste Analyse lässt erkennen, dass für eine Wiederholung eine Zeitspanne von etwa 4 Sekunden vergeht. Anfangs haltet die übende Person die Stange am oberen Umkehrpunkt. Dann wird die Stange nach unten gezogen und die Geschwindigkeit wird nach ungefähr 2

Sekunden erstmalig maximal. Ein Geschwindigkeitswert von knapp mehr als 0,4m/s ist aus dem Diagramm ablesbar. Exakt am oberen Umkehrpunkt (2,5 Sekunden auf der t-Achse) wird die Geschwindigkeit 0, da sich die Stange kurzzeitig in Ruhe befindet. In weiterer Folge wird die Stange wieder nach oben bewegt, was eine negative Geschwindigkeit zur Folge hat. Der Betrag ist dabei kleiner, das heißt die Stange wird langsamer nach oben gelassen, als nach unten gezogen.

Zudem erkennt man an der violetten Geschwindigkeitskurve, dass auch die einzelnen Übungswiederholungen unterschiedlich schnell durchgeführt wurden. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Durchführung nicht gleichmäßig und möglicherweise unökonomisch war.

Wird die Geschwindigkeitskurve nochmals zeitlich abgeleitet, so erhält man die Beschleunigung.



Abb. 37: Die Beschleunigung als Funktion der Zeit in „Coach 6“

Dies ist deswegen interessant, da die Beschleunigung mit der Masse multipliziert die Kraft ergibt. Darin liegt auch der Grund, dass die grüne Kraftkurve in der unteren Abb. 38 das selbe Aussehen wie die in Abb. 37 dargestellte rote Beschleunigungskurve hat. Um dieses Ergebnis zu erhalten muss in einer neuen Spalte unter „Diagramm einfügen/bearbeiten“ die Datenquelle „Formel“ definiert werden. Bei diesem Beispiel wurde folgendes eingegeben:

„(C4+9,81)\*70“

Unter „C4“ ist die Beschleunigung gespeichert und die Übung wurde mit einem Widerstandsgewicht von  $F = 700\text{N}$  durchgeführt. Für die Gesamtkraft ergibt sich somit das Produkt aus Masse mal Gesamtbeschleunigung.

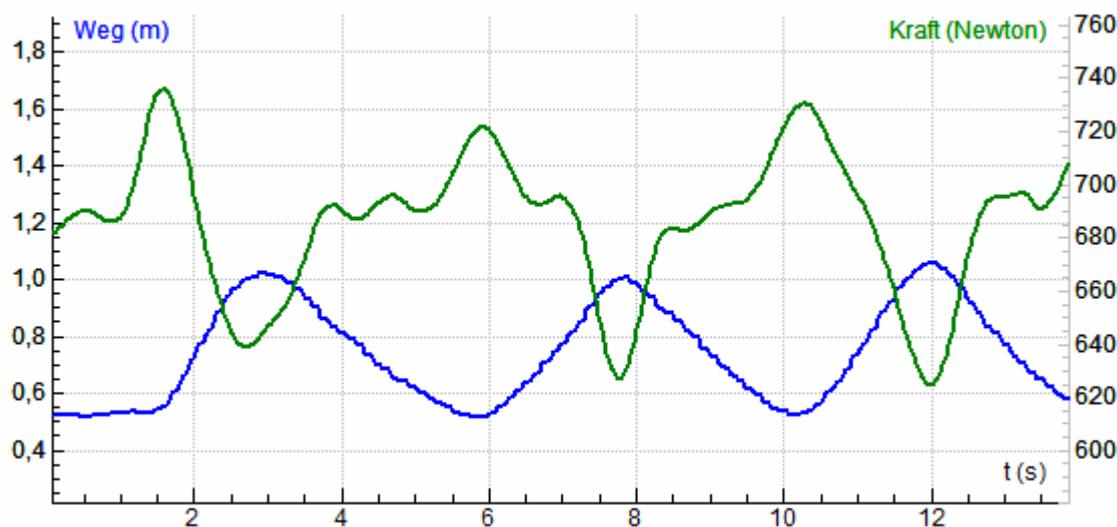


Abb. 38: Die Kraft als Funktion der Zeit in „Coach 6“

Es ist deutlich erkennbar, dass beim ersten Zug der maximale Kraftaufwand mit ungefähr 735 Newton am Größten war. Dann nimmt die Kraft ab und erreicht bei ca. 2,5 Sekunden aufgrund der negativen mechanischen Beschleunigung ein Minimum. Während die Stange nach oben gelassen wird ist die Geschwindigkeit annähernd konstant, das heißt die mechanische Beschleunigung ist Null und es muss lediglich die Haltekraft aufgewendet werden (zwischen 4 und 5 Sekunden auf der x-Achse), welche gerundet bei 685 Newton liegt. Die leichte Pendelbewegung ergibt sich vor allem wegen der Tatsache, dass die Messung an der Hand vorgenommen wird. Bei 6 Sekunden ist der obere Umkehrpunkt der Stange erreicht und der Athleten muss die Kraft wieder erhöhen, damit das Gewicht nach oben bzw. die Stange nach unten bewegt wird.

Zusammenfassend sei wiederholt, dass die Kraftkurve um einen Mittelwert von mehr oder weniger 685 Newton pendelt, der sich aus der Haltekraft ergibt. Die Haltekraft ist das Produkt aus der Erdbeschleunigung und der Masse der Gewichte. Je nachdem ob die mechanische Beschleunigung negativ oder positiv ist, resultiert daraus eine Kraft die unter oder über dem Durchschnittswert liegt.

### 16.5.3. Tatsächliche Armkraft

Kräfte lassen sich vektoriell addieren, besagt ein physikalisches Gesetz. Bei der folgenden Abb. 39 repräsentieren die Vektorpfeile die entsprechenden Kräfte, die auf die Arme der Übungsperson wirken.

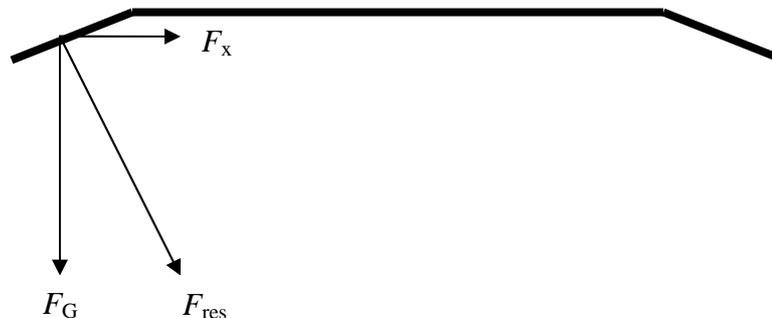


Abb. 39: Kräfte beim Latzug

Aufgrund der Vektoraddition ist der resultierende Kraftvektor  $F_{res}$  die Summe aus dessen Horizontalkomponente  $F_x$  und der Vertikalkomponente  $F_G$ , welche die konstante Gewichtskraft der Massen ist.

Die Armkraft ist gleichbedeutend mit dem resultierenden Kraftvektor  $F_{res}$  und die Frage ist nun, wie dieser berechnet und vorhergesagt werden kann.

$F_{res}$  wird dann größer, wenn der Winkel  $\alpha$  kleiner wird ( $\alpha$  ist der Winkel zwischen  $F_{res}$  und der horizontalen Kraftkomponente  $F_x$ ).

Wird also die Stange in Richtung Nacken gezogen, so nimmt die resultierende Kraft zu. Da  $F_G$  konstant ist, muss die horizontale Kraftkomponente  $F_x$  ebenfalls größer werden. Für die resultierende Kraft ergibt sich:

$$\vec{F}_{res} = \frac{\vec{F}_G}{\sin \alpha}$$



Abb. 40: Armwinkel beim "Latzug"

Da die  $F_{res}$  winkelabhängig ist, kann diese bei der Übungsdurchführung immer nur für einen bestimmten Zeitpunkt angegeben werden.

Im hier behandelten Beispiel sei der Winkel  $\alpha$  auf einen Durchschnittswert von  $55^\circ$  geschätzt, so ergibt sich für die auf die Person wirkende resultierende Kraft:

$$\vec{F}_{res} = \frac{70 \cdot 9,81}{\sin 55} \approx 838 N$$

Es zeigt sich, dass die von der trainierenden Person aufzubringende Kraft größer ist, als die Gewichtskraft der Übungsmassen. Erst bei einem Winkel von  $90^\circ$  ist die Haltekraft auch tatsächlich die Gewichtskraft.

Um den Rundungsfehler des Winkels möglichst gering zu halten könnte es hilfreich sein mehrere Fotos der Übung durchzuführen, an den Fotos die Winkel abzulesen und anhand dieser Messungen einen Mittelwert zu bilden.

#### 16.5.4. Hubarbeit, Wirkung und Energieumwandlung

Die Hubarbeit  $W_{hub}$  muss bei jeder Wiederholung den gleichen Wert einnehmen, vorausgesetzt der/die Übende hebt die Gewichte stets auf die gleiche Höhe  $h$ . Mit der Masse  $m$  und der Erdbeschleunigung  $g$  ergibt sich für die Hubarbeit:

$$W_{hub} = m \cdot g \cdot h$$

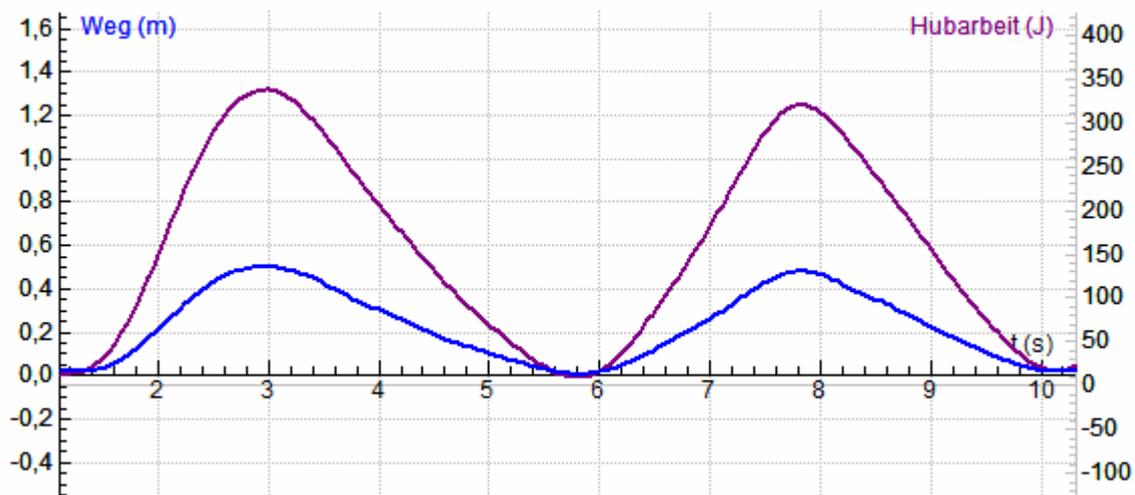


Abb. 41: Hubarbeit bei der Übung „Lat-Zug“

In Abb. 41 lassen sich folgende Werte für die Hubarbeit ablesen:

Wiederholung 1	~ 340 [J]
Wiederholung 2	~ 320 [J]

Obwohl die Hubarbeit zwar theoretisch bei jeder Wiederholung den gleichen Wert aufweisen muss, zeigen sich leichte Unterschiede zwischen Wiederholung 1 und Wiederholung 2, da die Höhe  $h$  der Gewichte unterschiedlich ist. Bei der ersten Wiederholung wurden die Gewichte weiter nach oben gezogen, was in einer größeren Hubarbeit resultierte.

Dieses Resultat soll nun mathematisch überprüft werden:

$$W_{hub} = m \cdot \vec{g} \cdot \vec{h} = 70 \cdot 9,81 \cdot 0,5 \approx 330J$$

Es zeigt sich also eine gute Übereinstimmung beider Zugänge.

Mit dem verwendeten Analyseprogramm kann auch die Fläche unter einer Kurve berechnet werden.

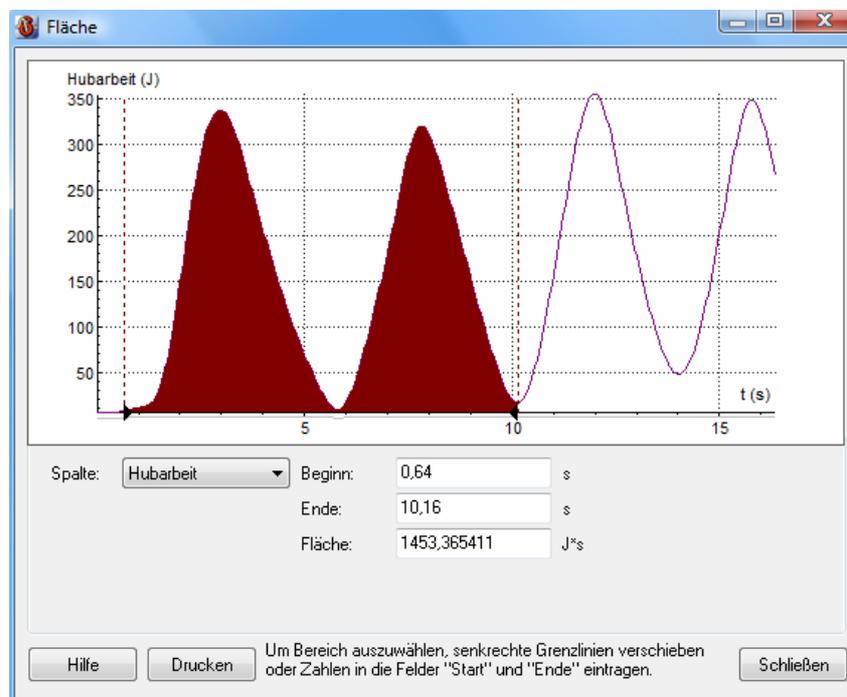


Abb. 42: Flächenberechnung mit „Coach 6“

Für die beiden Wiederholungen in Abb. 42 ergeben sich folgende Werte:

Wiederholung 1	~ 685 [Js]
Wiederholung 2	~ 766 [Js]

Die Einheit [Js] bedeutet Joulesekunde und die dazugehörige Größe kann als „Wirkung“ bezeichnet werden. Die Hubarbeit ist unabhängig davon, ob eine Übung mit großer oder kleiner Geschwindigkeit ausgeführt wird. Dennoch wird die subjektive Anstrengung bei

einer sehr langsamen Übungsausführung größer sein. Über die Größe der „Wirkung“ kann darauf auch physikalisch eingegangen werden.

Da die Arbeit als Energiedifferenz zwischen zwei Zuständen aufgefasst werden kann, sei im Folgenden der gewagte Versuch unternommen, aus der Hubarbeit die Energieumwandlung im Körper abzuschätzen.

Folgendes Beispiel dient als Grundlage:

Eine Person zieht ein Masse von  $m = 70\text{kg}$  sechs mal. Bei einer Höhendifferenz von  $h = 0,48\text{m}$  ergibt sich für die Energie von 6 Zügen:

$$E = m \cdot \vec{g} \cdot \vec{h} \cdot 6 \approx 1980\text{J} \approx 473\text{cal}$$

Dieser sehr kleine Energiebetrag von 473 Kalorien bestätigt, dass sich ein Krafttraining nicht zur Fettverbrennung eignet. Nimmt die trainierende Person z.B. das halbe Gewicht und führt dafür 4-mal so viele Wiederholungen durch, so handelt es sich um ein Kraftausdauertraining und es wird auch tatsächlich die doppelte Hubarbeit verrichtet.

Vernachlässigt wurden die Reibung und die Bremsarbeit beim Senken der Gewichte. Außerdem erhöht ein Krafttraining aufgrund der Zunahme der Muskelmasse den Tagesgrundumsatz beträchtlich. Auch für die erhöhte Aktivität des Herz-Kreislaufsystems und für die verstärkte Atmung wird ein erheblicher Energieanteil umgewandelt. Das hier gegebene Beispiel beschäftigt sich lediglich mit der mechanischen Energie.

#### **16.5.5. Die Symmetrie der Übungsausführung**

Unter „Punkte pro Bild“ können auch mehrere Punkte am Video, welches ja eine Abfolge von Einzelbildern ist, verfolgt und dargestellt werden. Werden nun beide Hände mit je einem Punkt gemessen, so können zwei Weg-Zeit-Diagramme dargestellt und schlussendlich Unterschiede herausgestrichen werden.

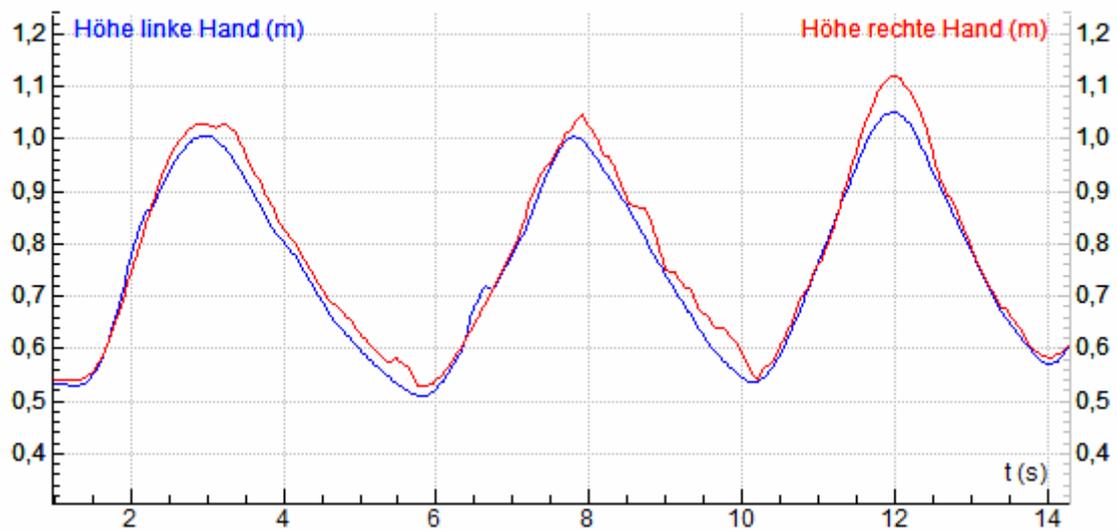


Abb. 43: Vergleich der Handhöhen beim „Lat-Zug“

In diesem Diagramm ist zu erkennen, dass die rechte Hand tendenziell etwas höher als die Linke ist. Besonders ausgeprägt ist dies bei der dritten Wiederholung sichtbar, wo die linke Hand um nahezu 8cm niedriger ist. So kann die Videoanalyse als Instrument zur Trainingskontrolle eingesetzt werden. Würde beispielsweise eine Hand einen längeren Zug (größere Höhendifferenz) als die andere durchführen, so wäre dies eine deutliche Asymmetrie in der Bewegung. Die Effektivität des Trainings könnte sinken und die Gefahr von muskulären Disbalancen und gesundheitlichen Schäden wäre gegeben.

## 17. Quellenangabe

### 17.1. Literaturverzeichnis

- Armenti, A. (1992). *The Physics of Sports*. New York: Villanova University. American Institute of Physics.
- Ballauff, T. (1982). *Funktionen der Schule*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Balz, E. (1992). Fachdidaktische Konzepte oder: Woran soll sich der Schulsport orientieren? *Sportpädagogik*, 16 (2), 13-22.
- Danner, H. (1994). *Methoden geisteswissenschaftlicher Pädagogik*. (3. Aufl.). München und Basel: Ernst Reinhardt Verlag.
- Duenbostl, T., Pindur, G., und Wallisch, G. (2005). Physik und Sport. *MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung*. S 6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“. Zugriff am 02. November 2008 unter [http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/279\\_endbericht\\_duenbostl.pdf](http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/279_endbericht_duenbostl.pdf)
- Duncker, L. (2005). Mehrperspektivität als Prinzip der Allgemeinen Didaktik. In L. Duncker, W. Sander & C. Surkamp. (Hrsg.), *Perspektivenvielfalt im Unterricht*. (S. 9-20). Stuttgart: Kohlhammer.
- Duncker, L., Sander, W., Surkamp, C. (2005). *Perspektivenvielfalt im Unterricht*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Emer, W., Horst U. & Kroeger, H. (2000). *Eine zentrale Lernsituation selbstständigen Lernens: Projektarbeit in der Sekundarstufe II*. In Landesinstitut für Schule und Weiterentwicklung (Hrsg.), *Förderung selbstständigen Lernens in der gymnasialen Oberstufe. Erfahrungen und Vorschläge aus dem Oberstufen-Kolleg Bielefeld*. (S.134-149). Bönen: Druck Verlag Kettler.
- Frohlich, C. (1986). *Physics of Sports*. Roanoke: American Association of Physics Teachers.
- Gobrecht, H. (1990). *Bergmann-Schaefer. Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 1. Mechanik, Akustik, Wärme*. (10. Aufl.). Berlin und New York: Walter de Gruyter Verlag.
- Grob, U. & Maag Merki, K. (2001). *Überfachliche Kompetenzen. Theoretische Grundlegung und empirische Erprobung eines Indikatorensystems*. Bern: Peter Lang.
- Größing, S. (2001). *Einführung in die Sportdidaktik* (8., überarbeitete Aufl.). Wiebelsheim: Limpert Verlag.
- Güldenpfennig, S. (2007). *Sport verstehen und verantworten. Sportsinn als Herausforderung für Wissenschaft und Politik*. Sankt Augustin: Academia Verlag.
- Hänsel, D. & Huber, L. (Hrsg.). (1996). *Lehrerbildung neu denken und gestalten. Neue Lehrerbildung und Schulentwicklung*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Hopmann, S. & Riquarts, K. (1999). *Das Schulfach als Handlungsrahmen – Traditionen und Perspektiven der Forschung*. In I. Goodson, S. Hopmann und H. Riquarts

- (Hrsg.), *Das Schulfach als Handlungsrahmen. Vergleichende Untersuchung zur Geschichte und Funktion der Schulfächer* (S. 7-28). Köln: Böhlau Verlag.
- Huber, L., Olbertz, J-H., Rüter, B. & Wildt, J. (Hrsg.). (1994). *Über das Fachstudium hinaus. Berichte zu Stand und Entwicklung fächerübergreifender Studienangebote an Universitäten*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Huber, L. (1995). Individualität zulassen und Kommunikation stiften. Vorschläge und Fragen zur Reform der gymnasialen Oberstufe. *Die Deutsche Schule*, 87 (2), 161-182.
- Huber, L. (1997). *Vereint, aber nicht eins: Fächerübergreifender Unterricht und Projektmethode*. In D. Hänsel (Hrsg.), *Handbuch Projektunterricht* (S. 31-53). Weinheim: Beltz.
- Hummel, A. (2000). Schulsportkonzepte zwischen totaler Rationalisierung und postmoderner Beliebigkeit. *sportunterricht*, 49 (1), 9-13.
- Klafki, W., Koch-Priewe, B., Stübiger, H. und Hendricks, W. (Hrsg.). (2002). *Schultheorie, Schulforschung und Schulentwicklung im politisch-gesellschaftlichen Kontext*. Weinheim: Beltz Verlag.
- a) Konrad, K. (2007). *Zwischen Tradition und Kontingenz der fachdidaktischen Ausbildung im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“*. In K. Kleiner (Hrsg.), *Inszenieren, Differenzieren, Reflektieren. Wege sportdidaktischer Kompetenz* (S. 7-36). Purkersdorf: Verlag Brüder Hollinek.
- b) Konrad, K. (2007). *Notizen zur Bewegungs- und Sportdidaktik*. In K. Kleiner (Hrsg.), *Inszenieren, Differenzieren, Reflektieren. Wege sportdidaktischer Kompetenz* (S. 37-55). Purkersdorf: Verlag Brüder Hollinek.
- c) Konrad, K. (2007). *Standardisiert in die Zukunft? Ein Vergleich der Studienpläne im Unterrichtsfach „Bewegung und Sport“ in Österreich*. In K. Kleiner (Hrsg.), *Inszenieren, Differenzieren, Reflektieren. Wege sportdidaktischer Kompetenz* (S. 507-528). Purkersdorf: Verlag Brüder Hollinek.
- Jank, W. & Meyer, H. (1993). *Didaktische Modelle*. Frankfurt am Main: Cornelsen.
- Jorch, K., Oberlack, U. und Brötz, U. (2005) *Materialien- Handbuch Physik. Auswerten, Interpretieren, Üben im Kursunterricht. Physikunterricht- fächerübergreifend*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Labudde, T. (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 48-66. Zugriff am 17. September 2008 unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid/article/viewFile/8/8>
- Laging, R. (1999). *Sportunterricht offen gestalten und inszenieren – ein Beitrag zur Methodendiskussion in der Sportdidaktik*. In: Werner Günzel & Ralf Laging (Hrsg.). *Neues Taschenbuch des Sportunterrichts. Didaktische Konzepte und Unterrichtspraxis*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Mathelitsch, L. (2003). *Sport und Physik. Physik- compact*. (2. Aufl.). Wien: Öbv.
- Memmert, W. (1995). *Didaktik in Grafiken und Tabellen*. (5. Aufl.). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

- Memmert, W. (1997). *Über den Umgang mit den Fächern*. In L. Duncker & W. Popp (Hrsg.), *Über Fachgrenzen hinaus. Chancen und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Lehrens und Lernens* (S. 14-32). Heinsberg: Dieck.
- Methelitsch, L. & Thaller, S. (2008). *Sport und Physik*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Moegling, K. (1998). *Fächerübergreifender Unterricht – Wege ganzheitlichen Lernens in der Schule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Parsons, T. (1971). *Die Schulklasse als soziales System. Einige ihrer Funktionen in der amerikanischen Gesellschaft*. In: H. Röhrs (Hrsg.), *Der Aufgabenkreis der pädagogischen Soziologie* (S. 155-179). Frankfurt am Main: Akademische Reihe: Pädagogik.
- Rabenstein, K. (2003). *In der gymnasialen Oberstufe fächerübergreifend lehren und lernen. Eine Fallstudie über die Verlaufslogik fächerübergreifenden Projektunterrichts und die Erfahrungen der Schüler*. Opladen: Leske + Budrich.
- Rommel, H. (2001). Wozu fächerverbindend unterrichten? Eine kritische Grundlagenreflexion zur „Einheit der Bildung“. In K. Beck, H.-H. Groothoff, E. König, R. Lassahn, C. Menze, H. Röhrs, T. Tashiro & H. Zdarzil (Hrsg.), *Pädagogische Rundschau*, 55 (3), 357-373. Peter Lang Frankfurt.
- Schmiederer, R. (1974). *Schule und Gesellschaft 2. Gesellschaftliche Funktion und Widersprüche des Bildungswesens*. Frankfurt am Main: Europäische Verlagsanstalt.
- Sexl, R. U. (1980). *Physik im Sport. Projekt „Integrierte Lehrerfortbildung mit Schwerpunkt Physik“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung*. Wien.
- Sobotka, R. (1974). *Formgesetze der Bewegungen im Sport*. Schorndorf: Verlag Karl Hoffmann.
- Stadler, R. (1999). *Fachunterricht und fächerüberschreitendes Lernen*. In S. Gröbning & R. Stadler (Hrsg.), *Fächerübergreifender Unterricht in der Sport- und Bewegungserziehung. Bericht über die 3. Sommerakademie der Institute für Sportwissenschaften der Universitäten Greifswald, Bern, Rostock und Salzburg* (S. 7-25). Salzburg: Schriftenreihe der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Sport und Leibeserziehung.
- Tenorth, H.-E. (1994). *„Alle Alles zu Lehren.“ Möglichkeiten und Perspektiven allgemeiner Bildung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Tipler, P. A. (2000). *Physik*. (3. Nachdr.). Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Wagenschein, M. (1965). *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken*. Stuttgart: Klett.
- Wagenschein, M. (1999). *Verstehen lehren*. (5. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

## 17.2. Internetquellen

[http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp\\_neu\\_ahs\\_10.pdf](http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp_neu_ahs_10.pdf), Zugriff am 05.08.2008

[http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11668/lp\\_ahs\\_neu\\_allg.pdf](http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11668/lp_ahs_neu_allg.pdf), Zugriff am 05.08.2008

[http://www.bmukk.gv.at/medienpool/7050/physik\\_ost.pdf](http://www.bmukk.gv.at/medienpool/7050/physik_ost.pdf), Zugriff am 05.08.2008

[www.univie.ac.at](http://www.univie.ac.at), Zugriff am 10.11.2008

<http://www.leibniz-schule.net/art.php?artikel=12&id=Schule;>, Zugriff am 20.11.2008

<http://www.radsport-forum.de/frame/f4824.htm>, Zugriff am 05.12.2008

[www.splashdiving.com](http://www.splashdiving.com), Zugriff am 12.12.2008

<http://skiline.cc/show?s=36v2fcr9ug>, Zugriff am 10.01.2009

[http://www.bewegung.ac.at/download/22/sub0/22\\_1092\\_6181.pdf](http://www.bewegung.ac.at/download/22/sub0/22_1092_6181.pdf), Zugriff am 17.01.2009

[http://\(www.sport.uni-frankfurt.de\)/Personen/Preiss/Praktikum/Kraft1.JPG](http://(www.sport.uni-frankfurt.de)/Personen/Preiss/Praktikum/Kraft1.JPG), Zugriff am  
19.01.2009

<http://www.physikdidaktik.uni-bayreuth.de/lehre/fachdidii/ws2005/suter.pdf>, Zugriff am  
18.02.2009

<http://www.hamm-chemie.de/k10/k10lh/gruppenpuzzle%20wasser.htm>, Zugriff am  
24.02.2009

[http://www.bmukk.gv.at/medienpool/13741/bgbl\\_ii\\_284\\_2006\\_anlage.pdf](http://www.bmukk.gv.at/medienpool/13741/bgbl_ii_284_2006_anlage.pdf), Zugriff am  
01.04.2009

## 17.3. Software

Klett Impulse Physik Oberstufe multimedial: Ernst Klett Verlag (2006) [www.klett.de]

CMA Coach 6 Studio MV Student

## 18. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verstehen in der Hermeneutik (Danner, 1994, S. 46) .....	15
Abb. 2: Fächerkoordinierender Unterricht am Beispiel „Klimawandel“ .....	22
Abb. 3: Begriffsbestimmung (Stadler, 1999, S. 17) .....	24
Abb. 4: Pädagogisch fachdidaktischen Ausbildung an der Universität Wien (Kleiner, 2007, S. 24) .....	29
Abb. 5: Gliederung des Lehramtstudiums; Vergleich der fachdidaktischen Ausbildungen an den Universitäten in Österreich (Kleiner, 2007, S. 515) .....	29
Abb. 6: Überfachlicher, projektorientierter und fachsystematischer Unterricht (Stadler, 1999, S. 11) .....	35
Abb. 7: Überblick über sportdidaktische Konzepte (Hummel, 2000, S. 10).....	38
Abb. 8: Handlungsfähigkeit im Sport (Gröbning, 2001, S. 27) .....	40
Abb. 9: Mehrperspektivität und Fächerübergreif.....	44
Abb. 10: Konvergenter, problemorientierter Ansatz .....	45
Abb. 11: Das reflexive, problemorientierte Konzept nach Rabenstein (2003) .....	50
Abb. 12: Ganzheitlichkeit und fächerübergreifender Unterricht (vgl. Moegling, 1998) ....	53
Abb. 13: Beispiel für Exemplarisches Lernen.....	56
Abb. 14: Das handlungsorientierte, ganzheitliche Konzept (vgl. Moegling, 1998).....	60
Abb. 15: Modell eines fächerübergreifenden Unterrichts (Lorenz et al., 2000, S. 28) .....	66
Abb. 16: Erstes Modell des fächerübergreifenden Unterrichts .....	71
Abb. 17: Modell für den überfachlichen Projektunterricht (Lorenz et al., 2000, S. 92) .....	73
Abb. 18: Potentielle Energie im Kraftfeld.....	82
Abb. 19: Laufgeschwindigkeit in Abhängigkeit zur Strecke .....	96
Abb. 20: Sprungvariationen beim „Splashdiving“ (www.splashdiving.com).....	97
Abb. 21: Exemplarisches Lernen beim Thema „Splashdiving“ .....	101
Abb. 22: Molekularer Aufbau von Eis (www.hamm-chemie.de) .....	106
Abb. 23: Anomalie des Wassers (Tipler, 2000, S. 516) .....	107
Abb. 24: Kräfte beim Skifahren (Jorch, Oberlack & Brötz, S. 323, 2005) .....	108
Abb. 25: Hangabtriebskraft (Mathelitsch und Thaller, 2008, S. 119).....	109
Abb. 27: Benutzeroberfläche von „Coach 6“ .....	114
Abb. 28: Einlesen von Daten in „Coach 6“ .....	115
Abb. 29: Diagramm in „COACH 6“ .....	116

Abb. 30: Unterschiede in der Zentripetalkraft zwischen Carven und einer parallelen Skiführung (Mathelitsch und Thaller, 2008).....	117
Abb. 31: Höhenmeterprofil eines Skitages ( <a href="http://skiline.cc">http://skiline.cc</a> ) .....	119
Abb. 32: Falsches Heben mit langem Lastarm und richtiges Heben mit kurzem Lastarm	121
Abb. 33: Video in „Coach 6“.....	126
Abb. 34: Videoanalyse mit „Impuls Physik“ auf der Benutzeroberfläche von „Coach 6“	127
Abb. 35: „Diagramm einfügen/bearbeiten“ in „Coach 6“ .....	127
Abb. 36: Diagramm in „Coach 6“ .....	128
Abb. 37: Die Beschleunigung als Funktion der Zeit in „Coach 6“ .....	129
Abb. 38: Die Kraft als Funktion der Zeit in „Coach 6“ .....	130
Abb. 39: Kräfte beim Latzug.....	131
Abb. 41: Hubarbeit bei der Übung „Lat-Zug“ .....	132
Abb. 42: Flächenberechnung mit „Coach 6“ .....	133
Abb. 43: Vergleich der Handhöhen beim „Lat-Zug“ .....	135

## 19. Abstract

Die Arbeit beschäftigt sich mit einer didaktischen Analyse des fächerübergreifenden Unterrichts am Beispiel Bewegung und Sport – Physik. Nach einer Begriffs- und Standortbestimmung werden 3 Konzepte vorgeschlagen, wie der überfachliche Unterricht didaktisch umgesetzt werden kann. Zunächst erweist sich der mehrperspektivische Unterricht als geeignet, um einen Inhalt vielschichtig und aus mehreren Blickwinkeln zu betrachten. Anschließend wird ein reflexives, problemorientiertes Konzept vorgestellt. Dabei steht anstelle eines Inhalts ein Problem im Zentrum und die Schülerinnen und Schüler sollen selbstständig auf unterschiedlichen Ebenen Lösungen finden, wobei einer breiten Reflexion der einzelnen Zugänge viel Aufmerksamkeit geschenkt wird. Das dritte Konzept zeichnet sich durch eine starke Handlungsorientierung und eine ganzheitliche Vorgehensweise aus. Gerade zum Unterrichtsfach Bewegung und Sport mit seinen kognitiven, psychologischen und physiologischen Anforderungen scheint dieses Konzept gut zu passen.

Aktuelle Erfahrungen und Erkenntnisse von Schulen finden ebenfalls Einzug in diese Arbeit und führen zu folgender Vorgangsweise bei der praktischen Realisierung des fächerübergreifenden Unterrichts. Einer Einführungsphase im Plenumsunterricht folgt ein projektorientierter Blockunterricht, in welchem sich die Schüler/innen in Gruppenarbeiten selbstständig und individuell einem Problem nähern. Abschließend finden eine Präsentation und die Zusammenführung der Ergebnisse statt.

Dieses Modell wird in angepasster und modifizierter Form in den insgesamt 5 Unterrichtsbeispielen angewendet, die sich mit folgenden Themen beschäftigen: Physik des Bergwanderns, Physik des Laufens, Splashdiving, Physik des Wintersports und Physik des Krafttrainings. Bei jedem Thema werden der Lehrplanbezug, das Lernziel und die physikalische Grundlagen erläutert, bevor die Möglichkeiten der didaktischen Umsetzung anhand der oberen Konzepte analysiert werden. Beispiele und Möglichkeiten der Durchführung samt Gruppeneinteilung, benötigter Materialien und Zeitplan tragen zur Veranschaulichung bei.

# Lebenslauf

## **Persönliche Daten:**

*Name:* Lukas Mastny  
*Geboren am:* 01.12.1984 in Wien

## **Schulausbildung:**

09/1990 – 06/1994 Volksschule Erlaaerstraße, 1230 Wien  
09/1994 – 06/2002 Gymnasium GRG 23 Antonbaumgartnerstraße, 1230 Wien  
06/2002 Reifeprüfung

## **Präsenzdienst:**

09/2002 – 05/2003 Ehrengarde in Wien

## **Studium:**

Ab 09/2003 Lehramtstudium mit der Fächerkombination Physik und Sport an der Universität Wien.

## **Studienbegleitende Tätigkeiten:**

Ab 03/2006 Begleitlehrer auf Schulschikursen (BRG10, Pichelmayergasse).

08/2006 Trainer und Nachhilfelehrer in Physik und Mathematik auf einem BRAINSPORTS- Sommercamp (Sport- und Lerncamp).

Ab 03/2007 Workshop – Referent an Gymnasien, Hauptschulen und Volksschulen für das Klimabündnis Niederösterreich.