



Physik und Handwerk

Gemeinsamkeiten der Unterrichtsfächer „Physik“ und „Technisches und textiles Werken“ und ihr didaktisches Potential

FRITZ, MARIE-CHRISTIN
MARIE-CHRISTIN-FRITZ@GMX.AT

Zusammenfassung

Die Unterrichtsfächer „Physik“ sowie „Technisches und textiles Werken“ haben in Bezug auf den aktuellen (2020), österreichischen Lehrplan viele grundlegende Gemeinsamkeiten. Es überschneidet sich mehr als *ein Drittel* des gesamten Lehrstoffs beider Fächer. Beide vermitteln technisch-physikalisches Fachwissen und nutzen eine ähnliche Fachsprache sowie gleiche methodische Zugänge, wie Experimentieren und forschendes, prozessorientiertes Lernen. Diese Gemeinsamkeiten können durch die Zusammenarbeit der Fächer (z. B. durch fächerübergreifenden Unterricht) genutzt werden. Das würde aufgrund eines verbesserten, tiefergehenden Verständnisses zu einer Erhöhung des Lernerfolgs in beiden Fächern führen. Eine Verflechtung bedeutet ein Schließen der Lücke zwischen Theorie und Praxis sowie einen verstärkten Aufbau von Handlungskompetenz und Problemlösekompetenz.

1 Einleitung

Bei näherer Betrachtung der Lehrpläne der zwei Unterrichtsfächer „Physik“ und „Technisches und textiles Werken“ fallen deutliche Überschneidungen in den angegebenen Zielkompetenzen, den didaktischen Herangehensweisen sowie den fachlichen Inhalten auf. Das Ausmaß der Gemeinsamkeiten, deren Bedeutung für den Unterricht und ihr möglicher Nutzen als Basis für einen fächerverbindenden Unterricht sollen im Folgenden angeführt und analysiert werden.

2 Lehrplanvergleich: Gemeinsame didaktische Zugänge und Zielkompetenzen

In diesem Teil wird der aktuell gültige Lehrplan des Unterrichtsfachs „Technisches und textiles Werken“ (Sekundarstufe I) einer genauen Analyse unterzogen. Ziel ist der inhaltliche Vergleich mit dem Lehrplan des Unterrichtsfachs „Physik“ (Sekundarstufe I & II). Dafür wird konkret auf die betreffenden Stellen im Lehrplan „Technisches und textiles Werken“ verwiesen, sie werden zitiert und deren Bedeutung diskutiert.

2.1 Experimentieren und Erwerb von physikalischem Fachwissen

Das Unterrichtsfach Werkerziehung verfolgt die Entwicklung einer Vielzahl von Kompetenzen, die sich auch in den Zielen des Physikunterrichts

wiederfinden, wie beispielsweise *Kritisches Denken, Problemlösekompetenz und Handlungskompetenz* (vgl. BMB 2017 & BUK 2020). Diese Fertigkeiten sollen durch eine Methode gefördert werden, die sich explizit auch im Lehrplan für Physik wiederfindet: das *Experimentieren*. Folgendes Zitat kann dem Lehrplan für „Technisches und textiles Werken“ entnommen werden:

„Der experimentierende Prozess und die Herstellung von funktionalen Produkten stehen im Mittelpunkt des Faches [Technisches und textiles Werken, Anm. d. Verf.]. Gerade durch das Experimentieren wird eine Vielzahl an Lernerfahrungen möglich, die das Suchen und Finden von kreativen und innovativen Lösungswegen unterstützen.“

(BMB 2017, S. 2)

Betrachtet man vergleichsweise den Lehrplan für das Unterrichtsfach „Physik“, finden sich die namensgleichen Zielkompetenzen *„Experimentieren und Erkenntnisgewinnung“* (BUK 2020, S. 183), welche essenzielle Bestandteile des Unterrichtsfachs darstellen. (vgl. BUK 2020, S. 96 – 100 & 182 - 185)

Dem obigen Zitat zufolge ist das Experimentieren bzw. der experimentierende Prozess zugleich auch eine der wichtigsten Methoden des Unterrichtsfachs „Technisches und textiles Werken“. Der Unterricht ist laut Lehrplan sogar unbedingt so zu gestalten, dass er den Schü-

ler/inne/n die Entwicklung von Experimentierkompetenz ermöglicht und zur „Förderung der Experimentierfreude“ (BMB 2017, S. 4) beiträgt:

„Für die Umsetzung von Produkten sind Verfahren anzuwenden, die auch einen experimentellen Zugang [H. d. V.] der Schülerinnen und Schülern ermöglichen.“

(BMB 2017, S. 5)

Das in den zwei obigen Zitaten genannte Produkt steht im Fokus des Werkunterrichts, jede Produktgestaltung ist ein geplanter, mehrstufiger Prozess, der von vielen Entscheidungen und Reflexionsphasen begleitet wird. Ziel ist es, dass die Schüler/innen durch Experimentieren und Forschen physikalische und materialtechnische Erkenntnisse erwerben, diese reflektieren und in Form von fundierten, designtechnischen und gestalterischen Entscheidungen bei der Produktentwicklung umsetzen (vgl. BMB 2017, S. 5 - 12). Der Werkunterricht ist prozessorientiert, es geht nicht allein um das fertige Produkt, sondern primär um den Kompetenzerwerb und die Erkenntnisfindung im Laufe eines Entwicklungsprozesses:

„Einsichten in physikalische und materialtechnische Zusammenhänge werden durch experimentierendes und prozesshaftes Erarbeiten gewonnen, wobei in diesem Fall nicht unbedingt fertige Endprodukte erzielt werden müssen.“

(BMB 2017, S. 6)

Damit findet sich die erste wichtige, inhaltliche Überschneidung der beiden Fächer, „Physik“ und „Technisches und textiles Werken“, in der gemeinsamen Zielkompetenz des *Experimentierens*. Wie im obigen Zitat herauszulesen, geht es beim Experimentieren im Werkunterricht aber auch explizit um den Erwerb von *Fachwissen aus dem Unterrichtsfach „Physik“* und dessen tiefergehendes *Verständnis*. Eine Anforderung an die 3. und 4. Klasse (Sekundarstufe I) der Werkerziehung sind die folgenden Kompetenzen:

- „physikalische und technische Prinzipien ausprobieren und verstehen“ (BMB 2017, S. 10)
- „physikalische und chemische Phänomene verstehen und diese in Werkprozessen einsetzen können“ (BMB 2017, S. 11)

Laut Lehrplan der Werkerziehung sollen 11- bis 14-jährige Schüler/innen der Unterstufe eine breite Auswahl an physikalischen, chemischen

und technischen Prinzipien in Experimenten erproben und diese so weit verstehen, dass sie diese sogar in ihren eigenen Werkprozessen anwenden können. Damit verfolgen die Fächer „Technisches und textiles Werken“ und „Physik“ eindeutig die Entwicklung derselben, essenziellen, im Lehrplan geforderten Kompetenz des Wissenstransfer; konkreter formuliert geht es um den *Erwerb*, die *Reproduktion*, die *Reflexion* und den *Transfer* von *physikalischem Fachwissen*. (vgl. BUK 2020, S. 65, 96 – 100, 182 - 183)

2.2 Handlungsorientiertes, forschendes und problemlösendes Lernen

Zum Erwerb der Kompetenzen *Experimentieren und Erforschen* nutzt der Werkunterricht *forschendes, entdeckendes und problemlösendes Lernen*, welche seine mit Abstand wichtigste Methode darstellt und eine Vielfalt von Lernerfahrungen ermöglicht. (vgl. BMB 2017, S. 2)

Forschendes, entdeckendes und problemlösendes Lernen findet im Werkunterricht in Form von Handlungsprozessen (meist Produktentwicklungen) statt. Dabei planen die Schüler/innen ausgehend von einer oft selbst gewählten Problemstellung ein Experiment, führen dieses eigenständig durch und reflektieren das Ergebnis. Die gewonnene Erkenntnis soll dann auf das eigene Produkt übertragen und angewandt werden (vgl. BMB 2017, S. 2 - 12). Auf *selbstständiges Arbeiten* wird hierbei großer Wert gelegt:

„Im Kontext des forschenden und prozesshaften Lernens sind Eigeninitiative und Selbstständigkeit der Lernenden zu fördern.“

(BMB 2017, S. 5)

Eigenständig Experimente zu planen, durchzuführen und zu bewerten ist ebenfalls ein wichtiges Anliegen des Physikunterrichts, welches im Lehrplan als „*eigenständige und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit Problemen aus dem Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler nach Möglichkeit ausgehend von Schülerexperimenten*“ (BUK 2020, S. 65) beschrieben wird. Dies stellt in beiden Fächern und vor allem in der Sekundarstufe I ein hohes Anforderungsniveau dar, ermöglicht den Schüler/inne/n aber den Erwerb der „*Fähigkeit zu problemlösendem Denken*“ (BMB 2017, S. 6), welche eine weitere, wichtige gemeinsame Zielkompetenz der beiden Fächer darstellt. (vgl. BMB 2017, S. 6 & vgl. BUK 2020, S. 183)

An dieser Stelle sei nochmals explizit die Methode des *handlungsorientierten Lernens* in Form von praxis- bzw. produktorientierten Arbeiten genannt. Im Gegensatz zu anderen Fächern erfolgt der Erwerb von Wissen in der Werkerziehung nicht theoriebasiert, sondern fast ausschließlich praxisorientiert. Die schöpferische Tätigkeit fördert Kreativität, Selbstverwirklichung und Selbstbewusstsein der Schüler/innen/n. Des Weiteren erlernen die Schüler/innen den praktischen Umgang mit unterschiedlichen Werkstoffen, Werkzeugen und Verfahren, welche im Physikunterricht oft nur rein theoretisch behandelt werden können (siehe Kapitel 3.2). (vgl. BMB 2017)

Zusätzlich bildet handlungsorientierter Unterricht eine „*differenzierte Feinmotorik*“ (BMB 2017, S. 4) aus, welches ein unverzichtbares Mittel zur Alltagsbewältigung in der späteren Lebens- und Berufswelt darstellt (siehe Kapitel 4.2.3). Die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Verfahren, Werkzeugen, Maschinen und neuen Technologien prägt zusätzlich das „*Gesundheit und Sicherheitsbewusstsein*“ (BMB 2017, S. 4) der Schüler/innen/n aus. Dies ist ebenfalls ein Anliegen des Physikunterrichts:

„Erkennen von Gefahren, die durch die Anwendung naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse verursacht werden, und Auseinandersetzung mit problemadäquaten Maßnahmen zur Minimierung“

(BUK 2020, S. 96)

Das Alleinstellungsmerkmal des fast ausschließlich handlungsorientierten Werkunterrichts ermöglicht die Entwicklung einer Vielzahl an Berufs- und alltagsrelevanten Kompetenzen, die das Fach laut Lehrplan zu einem unverzichtbaren Bestandteil des Fächerkanons erheben:

„Durch den vom praktischen Handeln ausgehenden Zugang zu Kenntnissen, Wissen und Kompetenzen muss das Fach Technisches und textiles Werken als Trägerfach im Bildungskanon gesehen werden.“

(BMB 2017, S.2)

2.3 Naturwissenschaftliches Denken & technisch-physikalische Fachsprache

Ein weiteres, gemeinsames Interesse der beiden Fächer besteht in der Ausbildung von naturwis-

senschaftlichem Denken und naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. In den Beiträgen zu den Bildungsbereichen führt der Lehrplan der Werkerziehung folgendes an:

„Durch das Lösen von Aufgabenstellungen und deren praktische Umsetzung werden Denkprozesse vor allem im Kontext naturwissenschaftlich-technischer Fachbereiche gefördert.“

(BMB 2017, S. 3)

Jeder Prozess im Werkunterricht besteht aus einer Planungs- und Experimentierphase, der Umsetzung, Reflexion und Dokumentation. Auch wenn sich die Arbeitsweisen im Physik- und Werkunterricht zum Teil unterscheiden, trainieren beide Fächer das naturwissenschaftliche Arbeiten und Denken (vgl. BMB 2017, S. 3 & BUK 2020, S. 96, 183). Laut beider Lehrpläne sind naturwissenschaftlich denkende und arbeitende Schüler/innen des Werk- und Physikunterrichts dazu in der Lage:

- *„[...] zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Alltag und Technik naturwissenschaftliche Fragen formulieren und Hypothesen aufstellen [...]“ (BUK 2020, S. 183)*
- *„[...] zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren [...]“ (BUK 2020, S. 183)*

Die korrekte Dokumentation naturwissenschaftlicher Prozesse und die Reflexion im Gespräch erfordert den Erwerb und Einsatz von Fachvokabular (vgl. BMB 2017, S. 4 & BUK 2020, S. 97, 182). Die Ausbildung von Fachsprache ist ein Anliegen beider Fächer und wird im Lehrplan Werkerziehung wie folgt ausformuliert:

„Schülerinnen und Schüler eignen sich Fachvokabular und eine adäquate Fachsprache an, um praktische Arbeitsprozesse, technische Abläufe, technologische Zusammenhänge und deren Ergebnisse kommunizieren zu können. Dies bildet einen wesentlichen Beitrag zum allgemeinen Spracherwerb.“

(BMB 2017, S. 4)

Wenig überraschend ist es, dass sich das Fachvokabular von Physik und Werkerziehung in vielen Bereichen deutlich überschneidet, vor allem die Diskussion der oben mehrfach genannten technologischen, physikalischen und chemischen Zusammenhänge betreffend.

3 Lehrplanvergleich - Fachliche Überschneidungen

3.1 Allgemein physikverwandte Themen des Werkunterrichts

Beim Vergleich der konkreten Lehrinhalte der Unterrichtsfächer „Physik“ und „Technisches und textiles Werken“ ergeben sich weitere Gemeinsamkeiten. Die Inhalte des Werkunterrichts werden nach dem neuen Lehrplan (gültig seit 2017) in drei große Überthemen eingeteilt: *Körper, Raum* und *Technik*. Letzteres Themengebiet überschneidet sich fast vollständig mit den Inhalten des Physiklehrplans (siehe Kapitel 3.2).

Laut Lehrplan der 1. & 2. Klasse (Sekundarstufe I) soll der Werkunterricht im Bereich *Technik* folgende Bereiche abdecken:

- „*Werkzeuge*
- *Maschinen*
- *Mobilität*
- *Hydro- und Aerodynamik*
- *Energieformen*
- *Elektrizität*“ (BMB 2017, S. 9)

In der 3. & 4. Klasse (Sekundarstufe I) werden diese Bereiche vertieft und noch um die folgenden Inhalte ergänzt:

- „*Elektrotechnik*
- *Energieformen*
- *Bionik*
- *Robotik*
- *Demontage und Untersuchung technischer Geräte, Obsoleszenz und Nachhaltigkeit*“ (BMB 2017, S. 11)

Doch auch in den anderen zwei Bereichen, *Körper* und *Raum*, finden sich physikverwandte Inhalte. In der 3. & 4. Klasse (Sekundarstufe I) Werkerziehung behandelt der Bereich *Körper* das Thema „*Smart-Textiles*“ (BMB 2017, S. 11) und der Bereich *Raum* die Themen „*Baukonstruktion, Statik und Technologie*“ (BMB 2017, S. 12) sowie „*Ökologie und Nachhaltigkeit*“ (BMB 2017, S. 12). Wo und wann diese und alle oben genannten Themen aus dem Werkunterricht im Physiklehrplan zu finden sind, wird eingehend im nächsten Kapitel Konkrete Gemeinsamkeiten der Lehrpläne 3.2 ausgeführt.

3.2 Konkrete Gemeinsamkeiten der Lehrpläne

In den Bereichen *Werkzeuge* und *Maschinen* soll der Umgang mit folgenden Maschinen erlernt werden:

„*Bohrmaschinen, Nähmaschine, Dekupiersäge, Hartschaumstoffschneider, LötKolben, Heißluftföhn, Overlockmaschine, Bügeleisen, Biegevorrichtungen für thermoplastische Materialien, Lasercutter, 3D-Drucker, Schneideplotter*“
(BMB 2017, S. 12)

Während vor allem der LötKolben in der Elektrizitätslehre des Physikunterrichts Anwendung finden kann, können ebenso 3D-Drucker, Dekupiersäge, Hartschaumstoffschneider, Heißluftföhn etc. für die Realisierung diverser Experimente genutzt werden. Des Weiteren erlernen die Schüler/innen im Werkunterricht diverse Verfahren, die ebenso für den Physikunterricht genutzt werden können oder auf einem Prinzip basieren, das theoretisch im Unterrichtsfach „Physik“ behandelt wird:

- „*Messen*
- *Urformen: z. B. gießen, modellieren*
- *Trennen: z. B. schneiden, sägen, bohren, feilen, schleifen, raspeln, schnitzen, reißen, Laser Cut*
- *Verbinden: z. B. kleben, nieten, schrauben, nageln, löten, nähen, weben, stricken, häkeln, kneten, filzen, flechten, schmelzen, applizieren, sticken*
- *Umformen: z. B. nähen, biegen, thermoplastisch verformen, füllen, dehnen, bügeln*
- *Oberflächen gestalten: z. B. batiken, lasieren, drucken, glasieren, beschichten, färben, falten, einbrennen*
- *Materialeigenschaften ändern: z. B. brennen, glühen, härten, belichten, magnetisieren*“

(BMB 2017, S. 5)

Insbesondere die Änderung von Materialeigenschaften fällt in die Zielkompetenz des Physikunterrichts *Experimentieren und Erkenntnisgewinnung*.

Das Thema *Mobilität* aus der Werkerziehung deckt sich mit dem Inhalt des Physiklehrplan der 2. Klasse, „*Die Welt, in der wir uns bewegen*“ (BUK 2020, S. 98) und behandelt verschiedene Bewegungsformen (beschleunigt, gleichförmig) in Alltag, Natur und Technik sowie Reibungskräfte

(vgl. BUK 2020, S. 98). Ebenso fällt dieses Themengebiet aus der Sekundarstufe I der Werkerziehung in den Physikunterricht der 5. bzw. 6. Klasse (Sek. II), wo geradlinige und kreisförmige Bewegung sowie Kräftegleichungen vertieft werden. (vgl. BUK 2020, S. 184 - 185)

Hydro- und Aerodynamik findet sich im Bereich „Der Traum vom Fliegen“, der laut Physiklehrplan in der 2. Klasse behandelt werden sollte. Dabei sollen „die wesentlichsten Vorgänge beim Fliegen nach dem Prinzip ‚leichter als Luft‘ und ‚schwerer als Luft‘ verständlich gemacht werden“ (BUK 2020, S. 98).

Elektrizität und *Elektrotechnik* werden im Physikunterricht der 3. Klasse behandelt, in der es um das grundlegende Verständnis elektrischer Vorgänge im Alltag geht. Einfache elektrische Stromkreise, Grundbegriffe der Elektrizitätslehre sowie Schutz- und Sparmaßnahmen im Umgang mit elektrischen Geräten sind hier Inhalte beider Fächer. Der Elektromotor, der im Zuge der 4. Klasse „Physik“ im Thema Elektromagnetismus erarbeitet wird, findet häufige Verwendung im Werkunterricht. In der 6. Klasse „Physik“ geht es um elektrische Energie und Leistung, Batterien, Photovoltaik etc. Obwohl es sich hierbei um durchaus komplexe Themen handelt, sollten diese bereits in der Sekundarstufe I im Zuge des Werkunterrichts behandelt werden (im Themenbereich *Energieformen* und *Nachhaltigkeit*). (vgl. BUK 2020, S. 99, 184 - 185)

Etwas problematisch erscheint der Bereich *Energieformen*. Im Physikunterricht kommen die Schüler/innen mit dem Thema Energie erstmals in der 2. Klasse in Form von Wärmeenergie und ihrer Bedeutung für uns Lebewesen und unsere Umwelt in Berührung. Zwar kommt der Begriff Energie auch in der Elektrotechnik der 3. und 4. Klasse vor, ein tatsächliches Verständnis des Begriffs kann aber erst in der Sekundarstufe II erfolgen. In der 5. bis 7. Klasse „Physik“ werden hierbei verschiedene Energieformen erstmals tiefergehend erarbeitet. Die zuvor erwähnte Problematik scheint hierbei zu sein, dass Energieformen bereits ab der 1. Klasse Werkunterricht unterrichtet werden können, eine fundierte Erarbeitung des Energiebegriffs aber erst im Physikunterricht der Sekundarstufe II stattfinden kann. (vgl. BUK 2020, S. 98 - 99, 184 - 185)

Das Thema *Bionik* kann jederzeit im Physikunterricht Anwendung finden, beispielsweise in der Aerodynamik (z. B. Analyse des Vogelflugs),

der Statik (z. B. bionische Struktur des Eiffelturms), Strömungslehre (z. B. verwandte Stromlinienform von Fischen und Autos), ... Hier besteht eine zusätzliche Verbindung zum Fach Biologie. (vgl. BUK 2020, S. 96 - 99, 182 - 185)

Die *Robotik* fällt sowohl in die Elektrizitätslehre als auch den allgemeinen Bildungsauftrag des Unterrichtsfachs „Physik“, sich mit modernen Technologien auseinanderzusetzen. Digitale Kompetenzen und die Aneignung neuer Technologien ist vor allem in Hinblick auf die Berufsorientierung ein wichtiges Anliegen beider Fächer. (vgl. BMB 2017, S. 3 & BUK 2020, S. 97, 183)

Die *Demontage und Untersuchung technischer Geräte* in Verbindung mit *Obsoleszenz und Nachhaltigkeit* fällt sowohl in die angewandte Elektrotechnik des Physikunterrichts als auch in die allgemeinen Bildungsziele der Erziehung zu Umweltbewusstsein. Die theoretische Basis für *Smart-Textiles* findet sich in der Elektrotechnik und Sensorik des Physikunterrichts. *Baukonstruktion, Statik und Technologie* fällt in die Mechanik der 2. und 5. Klasse des Physikunterrichts. (vgl. BMB 2017, S. 3 & BUK 2020, S. 96 - 99, 182 - 185)

Zusammenfassend überschneidet sich *mehr als ein Drittel des gesamten Lehrstoffs* der Werkerziehung mit den Inhalten des Physikunterrichts. Inwiefern diese Gemeinsamkeiten genutzt werden könnten und vor allem auch sollten, wird im nächsten Kapitel 4.2.2 näher beschrieben.

4 Fächerübergreifender Unterricht - Vorteile & Möglichkeiten

4.1 Österreichischer Lehrplan 2020

Der ausführliche Vergleich der Lehrpläne in Kapitel 2 und 3 hat ergeben, dass sich die Unterrichtsfächer „Technisches und textiles Werken“ und „Physik“ in vielen Bereichen bedeutend überschneiden. Es scheint daher sinnvoll, die Gemeinsamkeiten beider Fächer in Form einer Zusammenarbeit, beispielsweise fächerübergreifendem Unterricht, zu nutzen.

Die größte Stärke des Werkunterrichts besteht in seiner *Handlungsorientiertheit*. Die praktischen Aspekte des „Technischen und Textilen Werken“ stellen eine deutlich gewinnbringende Ergänzung zur Theorie des Physikunterrichts

dar und vice versa. Diese Tatsache findet sich auch explizit im Lehrplan der Werkerziehung:

„Der Kompetenzerwerb anhand prozessorientierter Aufgabenstellungen ermöglicht Schülerinnen und Schülern, sich theoretische Lehrinhalte auch anderer Pflichtfächer [H. d. V.] konkret handelnd zu erschließen, diese auf zusätzlichen Ebenen einzuordnen, Muster zu erkennen, Inhalte zu vernetzen und auf andere Anwendungsfelder zu übertragen sowie einen ganzheitlichen Blick auf die Welt zu entwickeln. Parallel in verschiedenen Fächern oder auch zeitversetzt behandelte Inhalte [H. d. V.] werden hier durch direktes Tun und Einüben auf einer greifbaren Ebene anschaulich.“

(BMB 2017, S.2)

Aufgrund dieser Tatsache eignet sich das Fach „Technisches und textiles Werken“ ideal für fächerübergreifenden Unterricht. Dies ist ebenfalls im Lehrplan zu finden:

„Die unterschiedlichen Inhalte [des Werkunterrichts, Anm. d. Verf.] bieten interessante Ansatzpunkte für fächerverbindende/fächerübergreifende Prozesse [H. d. V.]“

(BMB 2017, S.6)

Auch im allgemeinen, alle Unterrichtsfächer betreffenden Teil des österreichischen Lehrplans wird die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit von fächerverbindendem bzw. fächerübergreifendem Unterricht beschrieben, da viele Bildungsinhalte nur in Zusammenarbeit mehrerer Fächer korrekt beleuchtet und so optimal erarbeitet werden können:

„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.“

(BUK 2020, S. 21)

Laut österreichischem Lehrplan ist fächerübergreifender Unterricht sinnvoll und an geeigneter Stelle anzustreben. Fächerverbindender Unterricht in Kombination mit „Technischem und Textilem Werken“ wird sogar explizit angeführt und sollte daher von österreichischen Lehrpersonen unbedingt umgesetzt werden. Welche einzigartigen und gewinnbringenden Lernchancen sich durch diese äußerst sinnvolle

Verbindung der Fächer ergeben, soll im Folgenden näher ausgeführt werden.

4.2 Argumente für den fächerverbindenden Unterricht von Physik und Werkerziehung

4.2.1 Fächerübergreifendes, vernetzendes Fachwissen

Der erste und allgemeinste Vorteil von fächerverbindendem Unterricht ist die Entwicklung von *vernetztem, fächerübergreifendem Wissen*:

„Im fächerverbindenden Unterricht haben Lehrerinnen und Lehrer im Rahmen ihres Fachunterrichts mögliche, die Fächergrenzen überschreitende Sinnzusammenhänge herzustellen.“

(BUK 2020, S. 21)

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, überschneidet sich mehr als ein Drittel (der Bereich *Technik*, siehe Kapitel 3.1) des gesamten Lehrinhaltes des „Technischen und Textilen Werken“ mit dem Unterrichtsfach „Physik“. Auffällig ist allerdings, dass ähnliche Themen aus dem Werk- und Physikunterricht dem Lehrplan zufolge nicht zwangsläufig zur selben Zeit behandelt werden. Dies wäre allerdings sehr sinnvoll, da sich der Werkunterricht durch seine bereits erwähnte *Handlungsorientiertheit* auszeichnet und sich auf die *Anwendung* physikalischer Theorie in Form von Experimenten spezialisiert:

„Die Anwendung physikalischer Grundgesetze beginnt schon bei der Verwendung von Werkzeugen und Maschinen, setzt sich aber auch in der Verwendung physikalischer Grundprinzipien in der Erarbeitung exemplarischer Inhalte wie auch bei der Erkundung unterschiedlicher Materialeigenschaften fort. So wird z. B. in Bezug auf die Elastizität von Materialien, Statik, Strömungstechnik, Elektronik und vieles mehr experimentiert.“

(BMB 2017, S. 15)

Hingegen strebt der Physikunterricht die Erarbeitung physikalischer Inhalte in Theorie und Praxis an. Eine Zusammenarbeit der beiden Fächer, bei der der Physikunterricht zum passenden Zeitpunkt die theoretische Basis liefert und der Werkunterricht Raum für praktische Experimente und eigenständiges Forschen liefert, wäre sehr effizient und stünde im Sinne beider Fächer (siehe Kapitel 2 und 3).

In erster Linie könnte so wertvolle Unterrichtszeit gespart werden, da die nötige Theorie in beiden Fächern nicht mehrmals und nicht zu verschiedenen Zeitpunkten vermittelt werden müsste. So bliebe mehr Zeit für Schülerexperimente und praktisches, forschendes Arbeiten, was den didaktischen Zielen beider Fächer entspricht (siehe Kapitel 2).

Des Weiteren können die Lehrpersonen bei einer fächerübergreifenden Zusammenarbeit profitieren, indem sie ihr jeweiliges physikalisch-theoretisches und technisch-praktisches Fachwissen austauschen und für eine optimale Unterrichtsgestaltung nutzen.

Auch bedienen sich die Fächer Physik und Werkerziehung einer gemeinsamen, technisch-physikalischen Fachsprache. Da bekannterweise vor allem die Physik mit ihrem breiten Spektrum an Fachtermini für Schüler/innen eine große, sprachliche Herausforderung darstellen kann (vgl. Rincke 2010), scheint es nur sinnvoll, den Werkunterricht mit seinen anschaulichen Praxisbeispielen für Erwerb und Festigung von Fachausdrücken zu nutzen. Eine Absprache zwischen den beiden Fächern wäre somit nicht nur dem Wissens- und Kompetenzerwerb, sondern auch dem Erwerb von Sprache und Kommunikationsfähigkeit förderlich.

Zusammenfassend ermöglicht die Zusammenarbeit der beiden Fächer die tiefgreifende Verbindung von Theorie und Praxis.

4.2.2 Handlungsorientiertheit & prozessorientiertes, forschendes und selbstgesteuertes Lernen

Wie bereits beschrieben, zeichnet sich das Fach „Technisches und textiles Werken“ durch Handlungsorientiertheit und die Anwendung von physikalisch-chemischen Fachwissen aus. Die Arbeit am Produkt steht im Mittelpunkt des Fachs und eröffnet vielerlei Lernchancen und Möglichkeiten für einen fächerverbindenden Unterricht mit dem Unterrichtsfach „Physik“.

Einer der Vorteile des praktischen Arbeitens ist beispielsweise die Herstellung von konkreten *Anwendungsbeispielen* und *Veranschaulichungen* von technischen, physikalischen und chemischen Prinzipien. Bezugnehmend auf die gemeinsamen Lehrinhalte der Fächer Physik und

Werkerziehung bieten sich beispielsweise folgende fächerübergreifende Projekte:

- Konstruktion von Heißluftballonen, Drachen, Segel- und Papierfliegern (zur Veranschaulichung von Auftrieb, Bernoulli-Effekt und weiteren Prinzipien aus der Aero- & Hydrodynamik)
- Sichtbarmachen von Wellen mittels Chladnischer Klangfiguren
- Bau von verschiedenen Musikinstrumenten
- Konstruktion von Boten & Schwimmkörpern (zur Veranschaulichung von Auftrieb)
- Entwurf von Antriebsmöglichkeiten für verschiedene Fahrzeugmodelle (z.B. E-Motor aus der Elektrotechnik, Rückstoßprinzip, Energieerhaltung bei einem Gummiband-Antrieb etc.)
- Löten einfacher Schaltkreise & Bau von Robotern mit Arduino, Raspberry PI, VEX robotics, Makey Makey, MicroBit (zur Veranschaulichung von Elektrotechnik und Robotik; ergänzt um Grundlagen des Programmierens bei Zusammenarbeit mit dem Informatikunterricht)
- Design von Smart-Textiles, wie z. B. die Verbindung von Kleidungsstücken mit LEDs, Sensoren und Mikrocontrollern
- Bau einer Lochkamera bzw. Camera Obscura (zur Vermittlung des Funktionsprinzips einer Kamera und des menschlichen Auges)
- Erforschen von Materialeigenschaften, durch z. B. Brennen, Glühen, Härten, Belichten, Magnetisieren, ...

Allein der vorangehende Planungsprozess, der jede Produktentwicklung begleitet, eröffnet vielerlei Lernchancen. Die Schüler/innen führen selbstständig Experimente durch und erforschen und untersuchen physikalische und technische Prinzipien in Natur und Alltag. Die dadurch gewonnene Erkenntnis wird bewertet und diskutiert, anschließend fließt sie in die Produktentwicklung mit ein. Dadurch erwerben die Schüler/innen die mehrfach im Lehrplan geforderte *„Handlungskompetenz“* (BUK 2020, S. 11, 12, 99, ...) in Form von *physikalischen und technischen Fähigkeiten und Fertigkeiten*, wie Beobachten & Messen, Problemstellungen erkennen und mittels Experimentierens & Erforschens (selbstständige) Lösungsansätze formulieren, Interpretieren von Ergebnissen, Gewinnung & Reflektion

von Erkenntnis und Anwendung in einem anderen Kontext (vgl. Kircher et. al. 2015, S. 90 – 99). Im Sinne der Kompetenzorientierung können so alle drei Anforderungsbereiche der österreichischen Bildungsstandards erfüllt werden: Die *Wiedergabe*, die *Anwendung* und der *Transfer* von physikalischem Fachwissen. (vgl. Kircher et. al. 2015, S. 90 – 99) Dies bildet ein weiteres, starkes Argument für die Zusammenarbeit beider Fächer.

Insbesondere die Anwendung und der Transfer von Wissen in Verbindung mit praktischer Arbeit hat aus Sicht der Lernpsychologie deutlichen Einfluss auf den Lernerfolg. Wird eine Information nur gesehen oder gehört aber nicht verstanden, vergisst die/der Lernende diese mit hoher Wahrscheinlichkeit wieder. Aufgenommene Informationen, die aber in einem Projekt praktisch angewandt und dadurch verstanden werden, behält die/der Lernende mit deutlich höherer Wahrscheinlichkeit (vgl. Schroer 2017). Ein Beispiel aus dem Physik- und Werkunterricht wäre die Theorie zu einem Heißluftballon. Die/der Schüler/in wird das Gelernte viel wahrscheinlicher verstehen und deshalb behalten, wenn er sich selbst experimentell mit dem Prinzip des Auftriebs befasst, einen eigenen Ballon konstruiert und diesen dann aufsteigen lässt.

Laut Lernpsychologie ist es ebenfalls günstig, bei der Wissensvermittlung mehrere Lerntypen anzusprechen. Eine Verbindung aus Physik- und Werkunterricht liefert die Möglichkeit, nicht nur den auditiven und visuellen, sondern auch den haptischen Lerntyp anzusprechen. Der haptische Lerntyp behält besonders gut jene Informationen, die durch praktische Auseinandersetzung und eigenständige Arbeit erworben werden (vgl. Schroer 2017).

Die offene Unterrichtsform der Werkerziehung lässt viel Raum für *Kreativität* und *spielerische Herangehensweisen* an unterschiedliche Problemstellungen. Ein Beispiel ist die Egg-Drop-Challenge, bei der ein rohes Hühnerei den Sturz aus dem 2. Stockwerk unbeschadet überstehen soll, indem die Schüler/innen es durch eine selbst erdachte, frei wählbare Konstruktion (Airbag, Fallschirm etc.) schützen und dabei handlungsorientiert verschiedenste physikalische Prinzipien beachten und anwenden müssen.

4.2.3 Förderung der Feinmotorik

Ein konkretes Ziel des „Technischen und Textilen Werken“ ist die *Förderung der Feinmotorik*, der gezielten und koordinierten Bewegung der Hände.

„Der handlungsorientierte Unterricht bildet im Umgang mit unterschiedlichen Werkstoffen, Werkzeugen und Verfahren eine differenzierte Feinmotorik [H. d. V.] sowie Gesundheit und Sicherheitsbewusstsein aus.“

(BMB 2017, S.4)

Synonym verwendet wird der Begriff Handgeschicklichkeit, der sich aus mehreren Teilbereichen zusammensetzt: der Fingerfertigkeit (d.h. der Geschicklichkeit von Fingern und Hand im Einzelnen), der Auge-Hand-Koordination und der Graphomotorik (d.h. Zeichen- & Schreibfertigkeit) (vgl. Stangl 2020).

Die Handlungsorientiertheit des Werkunterrichts und das Arbeiten am Produkt begünstigen die Entwicklung der Feinmotorik im Besonderen. Allerdings ist die Ausbildung der kindlichen und jugendlichen Motorik (und damit auch der Feinmotorik) ein allgemeines Bildungsziel des Lehrplans aus dem Bereich *Gesundheit und Bewegung* und sollte damit ein Anliegen aller Unterrichtsfächer sein:

„Im Vordergrund stehen dabei die Förderung von motorischen und sensorischen Fähigkeiten [H. d. V.], wobei den Schülerinnen und Schülern Kompetenz für eine bewegungsorientierte Gestaltung ihrer Freizeit auch im Hinblick auf einen späteren Ausgleich zur beruflichen Beanspruchung zu vermitteln ist.“

(BUK 2020, S. 12)

Tatsächlich korreliert die Ausbildung der Feinmotorik mit der Entwicklung vieler verschiedener kognitiver Fertigkeiten im Kindes- und Jugendalter und darf daher auf keinen Fall vernachlässigt werden. Zu diesem Thema finden sich diverse Studien und Veröffentlichungen. Dieses Paper bezieht sich vor allem auf die Studien des Instituts für Bildungswissenschaften der Universität Regensburg, die in den letzten Jahren die allgemeine und spezifische Verbindung von Feinmotorik und Kognition mittels verschiedener Studien zur „*nimble-hands, nimble-minds*“-Theorie (Suggate & Stoeger 2017) untersuchte. Die Ergebnisse der Studien

zur Bedeutung der Feinmotorik für kognitive Fähigkeiten sollen im Folgenden überblicksartig zusammengefasst werden:

Bestätigt ist die Verbindung zwischen *mathematischen* und feinmotorischen Fähigkeiten. Eine kürzlich durchgeführte Studie der Universität Regensburg (vgl. Fischer et. al. 2018) konnte explizit zeigen, dass Kinder im Kindergarten- und Volksschulalter mit höherer Handgeschicklichkeit über bessere, grundlegende mathematische Fertigkeiten wie Zählen, Verständnis von Mengen und Rechnen verfügen. Des Weiteren wurde untersucht, dass das feinmotorische Entwicklungsniveau der Probanden die späteren mathematischen Fertigkeiten voraussagen konnte. Die Ursache für den Zusammenhang wird im fingerbasierten Zählen gesehen, wodurch die Kinder mithilfe von Fingern und Händen erstmalig ein grundlegendes Verständnis von Zahlen und Mengen erwerben. Je höher die Hand- und Finger geschicklichkeit, umso leichter der Lernprozess. Aus den Ergebnissen der Studie wird geschlossen, dass eine frühe und konsequente Förderung der Feinmotorik die positive Entwicklung mathematischer Kenntnisse unterstützt. (vgl. Fischer et. al. 2018)

Ebenso existiert eine Verbindung zwischen *Sprache* und Feinmotorik. Feinmotorische Fertigkeiten hängen zusammen mit dem Schriftspracherwerb, lexikalischen Fertigkeiten und der Ausbildung des Wortschatzes sowie den Lesefertigkeiten, wie weitere Studien der Universität Regensburg (vgl. Suggate & Stoeger 2014, Suggate & Stoeger 2016, Suggate et. al. 2018) ergaben. Die Interaktion zwischen Kind und Umwelt findet über alle Sinne statt, die Erfahrung mit den Händen unterstützt den kindlichen Zuordnungsprozess, wodurch Nomen und Verben leichter erlernt werden und die Wortschatzentwicklung durch Fingerfertigkeit begünstigt wird (vgl. Suggate & Stoeger 2014). Eine gut ausgeprägte Feinmotorik begünstigt die Entwicklung der Schreibfertigkeit, welche den Schriftspracherwerb unterstützt und so indirekt auch die Lesekompetenz fördert. (vgl. Suggate et. al. 2018 & Suggate & Stoeger 2016)

Eine weitere aktuelle Studie der Universität Regensburg (vgl. Martzog et. al. 2019) untersucht den generellen Zusammenhang zwischen Feinmotorik und den kognitiven Fähigkeiten von Kindern im Vorschulalter. Die Ergebnisse zeigten, dass argumentative Fertigkeiten, geistige

Aufnahme-, Reaktions- und Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie Konzentrationsfähigkeit mit Handgeschicklichkeit, Fingerfertigkeit und Schreibmotorik korrelieren. Auf eine ausführlichere Beschreibung der Art und Stärke der Korrelation wird an dieser Stelle verzichtet und auf die Originalstudie verwiesen (siehe Martzog et. al. 2019). Das zusammenfassende Fazit der Studie besteht darin, dass eine Förderung der Feinmotorik positive Auswirkungen auf die Entwicklung eines breiten Spektrums von kognitiven Fähigkeiten und damit die schulische bzw. spätere akademische Leistung hat. (vgl. Martzog et. al. 2019)

Eine aktuelle Problematik besteht allerdings darin, dass die Handgeschicklichkeit von Kindern und Jugendlichen gegenwärtig abnimmt. Das Schreibmotorik-Institut in Heroldsberg untersuchte in zwei Umfragen (2015, 2019) die Handschrift von Volksschulkindern. Über 80 Prozent der 2000 befragten Lehrkräfte gaben an, dass sich die Schreibfertigkeiten und generelle Handgeschicklichkeit bzw. Feinmotorik der Schüler/innen in den letzten Jahren verschlechterte. (vgl. Schreibmotorik Institut e.V. 2019)

Zusammenfassend begünstigt eine differenziert ausgeprägte, gut entwickelte Feinmotorik diverse kognitive Fähigkeiten und damit den schulischen Erfolg von Kindern und Jugendlichen sowie die Bewältigung von Beruf und Alltag. Es scheint daher sinnführend, die feinmotorische Entwicklung im Unterricht zu unterstützen – und das nicht nur im Werkunterricht, der an vielen österreichischen Schulen nur mit ein bis zwei Wochenstunden stattfindet, sondern in allen Unterrichtsfächern. An dieser Stelle soll erneut auf die Sinnhaftigkeit einer fächerübergreifenden Kooperation mit dem praxis- und handlungsorientierten Werkunterricht verwiesen werden. In mehr oder weniger intensiver Zusammenarbeit mit den Werkerzieher/innen können vor allem für den Physikunterricht diverse Aufgaben entwickelt werden, die verschiedene Bereiche der Feinmotorik fördern.

5 Zusammenfassung

Der Vergleich der Lehrpläne der Unterrichtsfächer „Technisches und textiles Werken“ sowie „Physik“ zeigte deutliche Gemeinsamkeiten auf. Diverse Überschneidungen ergaben sich sowohl bei den Lehrzielen und Zielkompetenzen als auch der Methodik und den spezifischen Lehrinhalten. Laut Lehrplan verfolgen die beiden Unterrichtsfächer die gleichen Unterrichtsziele, wodurch sich die Zusammenarbeit der beiden Fächer anbietet und sogar laut Lehrplan anzustreben ist. Die Art und Ausführlichkeit der Kooperation können hierbei variieren, von einer simplen zeitlichen Abstimmung der Lehrinhalte bis hin zu fächerverbindendem Projektunterricht.

Für die enge Kooperation der Fächer sprechen vor allem die Handlungsorientiertheit und das praktische Arbeiten in der Werkerziehung, welche eine ideale Ergänzung zum eher theoriebasierten Physikunterricht darstellen. Die Zusammenführung von Theorie und Praxis ermöglicht den Schüler/innen ein tiefgehendes Verständnis der Lehrinhalte sowie den Erwerb von Praxiswissen und Handlungskompetenz. Im Sinne der Kompetenzorientierung der österreichischen Bildungsstandards lernen die Schüler/innen technisches und physikalisches Wissen zu reproduzieren, bewusst einzusetzen und auf neue Kontexte zu übertragen. Zusätzlich ermöglicht handlungsbasierter Unterricht die Ausbildung einer differenzierten Feinmotorik, welche eine wichtige Grundlage zur Bewältigung von Schule, Beruf und Alltag darstellt.

Zusammenfassend bietet die fächerverbindende Kooperation von „Physik“ und „Technisches und textiles Werken“ vieldimensionale Vorteile für den Unterricht und sollte daher in der Schule verstärkt angestrebt werden.

6 Literatur

BMB (Bundesministerium für Bildung) (2017): Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich BGBl. II Nr. 337/2017. Langtitel: Verordnung der Bundesministerin für Bildung, mit der die Verordnung über die Lehrpläne der Neuen Mittelschulen sowie die Verordnung über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen geändert werden. Datum der Kundmachung: 29.11.2017. https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2017_II_337/BGBLA_2017_II_337.pdfsig (05.02.2020)

- BUK (Bundesministerium für Unterricht und Kunst) (2020): Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 05.02.2020. Langtitel: Verordnung des Bundesministers für Unterricht und Kunst vom 14. November 1984 über die Lehrpläne der allgemeinbildenden höheren Schulen; Bekanntmachung der Lehrpläne für den Religionsunterricht an diesen Schulen. StF: BGBl. Nr. 88/1985. Tagesaktuelle Fassung vom 05.02.2020. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> (05.02.2020)
- Fischer, U. / Stöger, H. / Rösch, S. (2018): Mit geschickten Händen besser Rechnen. Die Relevanz der Feinmotorik für die Entwicklung mathematischer Fertigkeiten. In: begabt & exzellent. Zeitschrift für Begabtenförderung und Begabungsforschung Nr. 46, 2018/2, S. 8 – 12
- Kircher, Ernst / Girwidz, Raimund/ Häußler, Peter (2015): Physikdidaktik: Theorie und Praxis. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- Martzog, P./ Stoeger, H./ Suggate, S. (2019) Relations between Preschool Children's Fine Motor Skills and General Cognitive Abilities. In: Journal of Cognition and Development, 20:4, S. 443-465
- Rincke, Karsten (2010): Von der Alltagssprache zur Fachsprache – Bruch oder schrittweiser Übergang? In: Fenkhardt, G. (Hrsg.) (2010): Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Band 16, Studien Verlag: Innsbruck, S.47 – 62. Abrufbar auf: <http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/rincke/Preprints/rincke-ide.pdf> (Stand 18.02.2020)
- Schreibmotorik Institut e.V. (2019): STEP 2019 - Studie über die Entwicklung, Probleme und Interventionen zum Thema Handschreiben. Bundesweite Umfrage unter Lehrerinnen und Lehrern aus Primar- und Sekundarstufe I/II im Ländervergleich und Entwicklungen von 2015 bis 2019. https://www.schreibmotorik-institut.com/images/STEP_Studie_2019.pdf (Stand 05.02.2020)
- Schroer, K. (2017): Die Psychologie des Lernens – Wie funktioniert Lernen? In: <https://www.fernstudieren.de/im-studium/effektives-lernen/die-psychologie-des-lernens/> (05.02.2020)
- Stangl, W. (2020): Feinmotorik. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/11046/feinmotorik/> (2020.02.17)
- Suggate, S., Stoeger, H. & Fischer, U. (2017): Finger-based numerical skills link fine motor skills to numerical development in preschoolers. In: Perceptual and Motor Skills (2017), 124. Ausgabe, S. 1085 - 1106.
- Suggate, S. / Pufke, E./ Stoeger, H. (2018): Children's fine motor skills in kindergarten predict reading in grade 1. In: Early Childhood Research Quarterly. Ausgabe 47, 2019, S. 248 - 258
- Suggate, S. / Stoeger, H. (2014): Do nimble hands make for nimble lexicons? Fine motor skills predict knowledge of embodied vocabulary items. In: First Language. Ausgabe 34, 2014, S. 244 – 257
- Suggate, S. / Stoeger, H. (2016): Fine motor skills enhance lexical processing of embodied vocabulary: A test of the nimble-hands, nimble-minds hypothesis. In: the quarterly journal of experimental psychology, Volume 70, No. 10, 2017, S. 2169 – 2187