

Das kleine
NaWT-Kochbuch

Ziele & Grundrezepte
für geliebten NaWT-Unterricht
und wie die Kompetenzen
nachhaltig einverleibt werden

Daniel Hasenauer, Tobias Schaffner & Ulli Weisbrodt
NIW-T-Lehrer, Ausbilder und Fortbildner
Heidelberg | Karlsruhe | Mannheim

Version 22-04-10

Speisekarte

<i>Ein Gruß aus der Küche.....</i>	<i>1</i>
<i>1. Vom Lernzieltyp zum Grundrezept.....</i>	<i>3</i>
<i>A. Wissensbezogene Lernziele.....</i>	<i>3</i>
<i>B. Methodenbezogene Lernziele.....</i>	<i>5</i>
<i>C. Wertebezogene Lernziele.....</i>	<i>7</i>
<i>D. Kommunikation und Kollaboration.....</i>	<i>8</i>
<i>2. Grundrezepte für gehaltvollen Unterricht.....</i>	<i>10</i>
<i>Grundrezept für den Lernzieltyp A1.....</i>	<i>10</i>
<i>Grundrezept für die Lernzieltypen A2 und A3.....</i>	<i>12</i>
<i>Grundrezept für den Lernzieltyp B1.....</i>	<i>13</i>
<i>Grundrezept für den Lernzieltyp B2.....</i>	<i>14</i>
<i>Grundrezept für den Lernzieltyp B3.....</i>	<i>15</i>
<i>Grundrezept für den Lernzieltyp C1.....</i>	<i>16</i>

Speisekarte

<i>Grundrezept für den Lernzieltyp C2</i>	17
<i>Grundrezept für den Lernzieltyp D1</i>	18
<i>3. Nachhaltig einverleibt: Deeper Learning in NewT</i>	20
<i>3.1 Die 21 st Century Skills, 6C und Deeper Learning</i>	20
<i>3.2 Das AQuAPRe-Strukturmodell für NewT</i>	22
<i>Meisterköche</i>	31

Ein Gruß aus der Küche

Den Bedeutungsinhalt einer Bezeichnung oder Vorstellung, also einen Begriff oder ein Konzept, vermitteln wir im Unterricht nach einem bekannten Rezept: An einem typischen Beispiel werden die wesentlichen Merkmale des Begriffs beziehungsweise Konzepts erarbeitet. An weiteren Beispiele werden sie bestätigt. Von nun an ist klar: Liegen diese invarianten Merkmale vor, handelt es sich ... um ein Metall, ein Säugetier, ein Portrait, einen Grundakkord, eine Revolution, das Simple Present, et cetera. Und klar ist jetzt auch, wie man prüfen kann, ob ein Stoff ein Metall ist, ein Lebewesen ein Säugetier, ein Gemälde, ein Portrait, eine Tonfolge ein Grundakkord, ein gesellschaftliches Ereignis eine Revolution, eine grammatische Form das Simple Present und so weiter.

Die Begriffsbildung erfolgt also nach ein und demselben Grundrezept in den Natur-, Gesellschafts-, Geisteswissenschaften ebenso wie in der Kunst, der Musik und den Sprachen. Dahinter stehen allgemein gültige Erkenntnisprozesse, wie etwa Induktion und Deduktion. Wenn wir den Unterricht nach einer solchen Rezeptur gestalten, sind die Grundnährstoffe für den Lernprozess enthalten und damit essentielle Voraussetzungen für das unterrichtliche Lernen erfüllt.

Schmackhaft wird der Unterricht durch geschickt ausgewählte Modelle, Methoden und andere Mittel zum Lernziel. Sie verführen die Lernenden, in den Apfel der Erkenntnis zu beißen, die beabsichtigte Bedeutung zu erkennen, sie

mit bereits Bekanntem in Beziehung zu setzen oder hiervon abzugrenzen. Guter Unterricht braucht beides: die Grundnährstoffe und die Gewürze. Denn Unterricht kann auch schmecken, ohne hinreichend nahrhaft zu sein. Und umgekehrt zwar nahrhaft sein, aber nicht wirklich gut schmecken. Im einen Fall führt die Aufnahme der Nahrung nicht zum Gedeihen, im anderen Fall wird sie womöglich verwehrt.

Auf den Grundrezepten für den NwT-Unterricht liegt ein Schwerpunkt dieses Buchs. Es handelt sich um ausgewählte Basismodelle des Unterrichts nach Fritz Oser, die Ergebnisse empirischer Untersuchungen unterrichtlicher Lernprozesse sind. Die Auswahl ist auf typische Lernziele des NwT-Unterrichts ausgerichtet. Dazu gehört das Erlernen von Begriffen und Fertigkeiten, von Wegen zur Lösung NwT-typischer Probleme, von Methoden zur Produktentwicklung, Forschung, Team- und Projektarbeit oder zur Reflexion eigener Werte und Einstellungen zu technischen und naturwissenschaftlichen Innovationen.

Mit diesem Buch gilt es zunächst, das Lernziel einer Unterrichtssequenz in einem solchen Katalog von NwT-Lernzieltypen zu verorten (Kapitel 1). Nähere Hinweise zur Gestaltung des Lernwegs finden sich dann in Kapitel 2. Das dritte Kapitel betrachtet größere Zusammenhänge des unterrichtlichen Lernens. Es gibt sozusagen Hinweise zur Menügestaltung mit dem Ziel, dass das Zubereitete nachhaltig sättigt. Dabei geht es auch um die Frage der richtigen Diät mit Blick auf das Lehren, Lernen und Leben in der Schule des 21. Jahrhunderts.

1. Vom Lernzieltyp zum Grundrezept

In diesem Kapitel werden typische Lernzieltypen für das Fach NwT vorgestellt. Kategorie **A** umfasst auf Wissen bezogene Lernziele, **B** methodische Kompetenzen (instrumentelle Lernziele kognitiver und psychomotorischer Art), Kategorie **C** betrifft das wertebezogene Lernen (affektive und ethische Lernziele) und **D** das Kooperationsvermögen (soziale Lernziele).

A. Wissensbezogene Lernziele

Der Wissenserwerb gehört wohl zu den klassischen Aufgaben des Unterrichts. In NwT tritt neben das Erlernen von Begriffen und Konzepten für eine technische Grundbildung¹ der Schüler:innen (Lernzieltyp A1) auch die Anwendung von Kenntnissen aus den anderen, insbesondere MINT-Fächern (Lernzieltyp A2). Während bei ersteren (A1) die Begriffs- beziehungsweise Konzeptbildung im NwT-Unterricht erfolgt, ist sie bei letzteren (A2) Aufgabe der Grundlagenfächer. In NwT gilt es, die Begriffe beziehungsweise Konzepte im naturwissenschaftlich-technischen Kontext fachgerecht anzuwenden, soweit sie für den Erwerb

1 Die naturwissenschaftliche Grundbildung erfolgt in den naturwissenschaftlichen Basisfächern.

technischer Schlüsselkonzepte oder methodischer Kompetenzen (s. Lernzielkategorie B) erforderlich sind.

A1 Begriffe oder Konzepte mit fundamentaler Bedeutung für eine technische Grundbildung erlernen

Beispiele: Belastungsarten, Einflussgrößen der Biegestabilität, Kriterien guter Forschungsfragen, Kennlinien als Modelle für den Zusammenhang zweier Größen

A2 Die Bedeutung von fachspezifischem Hintergrundwissen im naturwissenschaftlichen oder technischen Kontext erkennen und es hier fachgerecht anwenden

Beispiele: Kraft und Kraftwirkungen, elektrische Spannung / Stromstärke, elektrischer Widerstand, Löslichkeit, Sinneswahrnehmung

Eine weitere Rolle spielen exemplarische Kenntnisse, die für das Verstehen oder Entwickeln ausgewählter technischer Systeme unabdingbar sind, die aber keine repräsentative Bedeutung für die technische Grundbildung der Schüler:innen haben. Sie werden zwar im NwT-Unterricht angeeignet, aber nur zum Zweck ihrer Anwendung (Lernzieltyp A3) und nicht zur Konzeptbildung (vgl. A1).

A3 Exemplarische Kenntnisse zum Verständnis technischer Systeme ohne repräsentative Bedeutung für eine technische Grundbildung aneignen und anwenden

Beispiele: Seilzüge für eine Laufkatze, Lenkungsbauweisen für Fahrzeuge, Anströmungswinkel von Windkraftanlagen

Potenzielle Bezüge aus den anderen MINT-Fächern zum Fach NwT überwiegen bei weitem die Begriffe und Konzepte für eine technische Grundbildung, von exemplarischem Spezialwissen ganz zu schweigen. Ihre Bedeutung für das Fach NwT ist umgekehrt (vgl. Abb. 1): Die technische Grundbildung (Lernzieltyp A1) hat einen höheren Stellenwert als die Anwendung von Konzepten aus anderen Fächern oder das Aneignen von Spezialwissen (A2, A3). Dies muss sich auch in der Praxis von NwT widerspiegeln, und zwar bereits bei der Auswahl von Lernzielen, aber auch bei der Frage, wie die Begriffe beziehungsweise Konzepte den NwT-Unterricht prägen. Im einen Fall werden sie hier erarbeitet (Lernzieltyp A1), in den anderen Fällen (A2, A3) im NwT-Kontext wiedererkannt. In keinem der Fälle darf ihre finale Anwendung fehlen (vgl. Kapitel 3). Doch während dies bei Schlüsselkonzepten zur technischen Grundbildung (A1) in mehreren, möglichst unterschiedlichen Kontexten geschieht, können Bezüge anderer MINT-Fächer auch nur singular von Bedeutung in NwT sein (A2), was für exemplarische Spezialkenntnisse (A3) sogar typisch ist (vgl. Abb. 2 und 3).

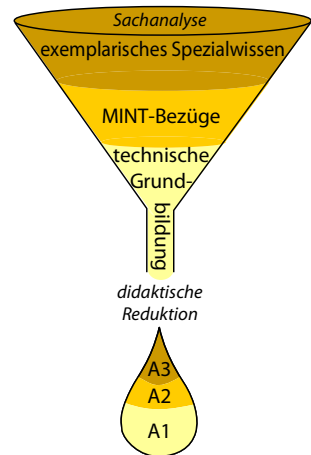


Abb. 1: Lernmögliches (oben) und lernwürdiges Wissen (unten) in NwT

Quelle: eigene Darstellung

B. Methodenbezogene Lernziele

Bei den methodischen Kompetenzen werden für das Fach NwT typische Denk- und Handlungsabläufe (B1), komplexeres Planungswissen zum Erreichen

längerfristiger Ziele (B2) und Problemlösestrategien (B3) unterschieden. Zu ersteren gehören so typische Fertigkeiten, wie das Bearbeiten mit Werkzeugen und Maschinen oder das technische Zeichnen, aber auch kognitive Routinen, wie etwa das Planen und Durchführen von Experimenten. Hier werden die Handlungsschritte vorgestellt, durchgeführt, reflektiert und durch wiederholte Ausführung automatisiert (vgl. Abb. 4).

Planungskompetenz vom Lernzieltyp B2 hingegen kann aufgrund seiner Komplexität nur sukzessive von Anwendung zu Anwendung erlernt werden. Eine umfassende Instruktion zu Beginn macht hier keinen Sinn. Stattdessen wird an die Erfahrungen der Lernenden anknüpfend die Methodik peu à peu erarbeitet (vgl. Abb. 5).

B1 Typische Denk- und Handlungsabläufe in NwT erlernen und automatisieren

Beispiele: Bearbeiten mit Werkzeugen und Maschinen, technisches Zeichnen, Kräfte messen, Experimente planen und durchführen

B2 Komplexes Planungswissen zum Erreichen längerfristiger Ziele erwerben

Beispiele: Projektorganisation, Produktentwicklung, Forschen

Problemlösekompetenz (B3) schließlich zielt auf die Kenntnis und erfolgreiche Anwendung von Wegen zur Überwindung von Problemen eines bestimmten Typs ab. Beim Kompetenzerwerb steht folglich (anders als bei der späteren Anwendung) zunächst weniger die Lösung eines Problems im Fokus, als wie

man ein solches Problem lösen kann. Hierzu gehört, Probleme erkennen, beschreiben und durch Benennen möglicher Ursachen erklären zu können. Die konkrete Anleitung zur Lösung des Problems kann von den Schüler:innen deduktiv auf der Grundlage vorhandener Fertigkeiten und Kenntnisse erarbeitet werden. Möglich ist aber auch eine Instruktion, zumindest in Fällen mit geringer Komplexität. Denn es ist nicht entscheidend, „dass die Schülerinnen und Schüler möglichst selbständig zur Problemlösung kommen“ (Krabbe / Zander / Fischer 2015, S. 59). Kenntnisse und Fertigkeiten werden dann als „funktionale Kompetenzen“ mit dem Ziel der Problemlösung erlernt („sinngabendes Lernen“, Elsässer 2000, S. 24 f.). Durch wiederholte, selbständige Anwendung und Reflexion wird die Problemlösekompetenz schließlich erworben (vgl. Abb. 6).

B3 Strategien zur Lösung typischer Probleme in NwT erlernen

Beispiele: Stabil bauen durch Prüfung der Belastungsart(en) und Einbau geeigneter Stabilisierungselemente, Instandsetzen elektrischer Schaltungen mithilfe eines Multimeters, Erkennen fehlender Funktionsträger durch eine Funktionsanalyse im Rahmen der Produktentwicklung

C. Wertebezogene Lernziele

Zu den wertebezogenen Lernzielen in NwT zählt die Reflexion eigener Werte oder Einstellungen zu technischen Innovationen und naturwissenschaftlicher Forschung (C1), aber auch das Erzielen eines Konsens über Werte und deren

Hierarchien bezüglich dieser Themenfelder (C2). Beim Thema autonomes Fahren etwa beträfe ersteres zum Beispiel den eigenen Standpunkt zur Frage, ob man heute überhaupt noch einen Führerschein für konventionelle (vom Fahrer gesteuerte) Kraftfahrzeuge machen würde. Letzteres hingegen könnte eine Diskussion und Konsensfindung über die Verantwortung bei Unfällen unter Beteiligung autonomer Fahrzeuge sein.

C1 Eigene Werte oder Einstellungen zu technischen Innovationen und naturwissenschaftlicher Forschung überdenken und entwickeln

Beispiele: soziale Medien, Digitalisierung und Glück, autonomes Fahren, künstliche Intelligenz, Steigerung der Leistungsfähigkeit des Menschen

C2 Einen Konsens über Werte und ihre Hierarchie bezüglich technischer Innovationen und naturwissenschaftlicher Forschung erzielen

Beispiele: Regeln für autonomes Fahren, Nutzung fossiler Energieträger

D. Kommunikation und Kollaboration

Bei diesem Lernzieltyp geht es um eine Reflexion und kontinuierliche Verbesserung der Fähigkeit zum kooperativen Arbeiten. Dabei verstehen wir unter Kooperation jegliche Form der Zusammenarbeit, unter Kollaboration das gemeinsame Hinarbeiten auf ein Gruppenziel. Letzteres setzt funktionierende Kommunikation innerhalb des Teams sowie eine Konzentration auf die Stärken jedes Einzelnen voraus. Kommunikation und Kollaboration werden vor allem in

Teamarbeit erlernt. Dabei ist in NwT neben der klassischen Gruppenarbeit etwa bei Modellexperimenten vor allem auch an die längerfristige Projektarbeit zu denken (vgl. Kapitel 3).

D Die eigene Team- und Kommunikationsfähigkeit entwickeln

Beispiele: Verantwortung übernehmen, zuhören und zu Wort kommen, assistieren und anleiten

2. Grundrezepte für gehaltvollen Unterricht

Nachfolgend werden für die im vorigen Kapitel genannten Lernzieltypen Grundrezepte für den NWT-Unterricht beschrieben. Dabei handelt es sich um Anwendungen ausgewählter Basismodelle des Unterrichts nach Fritz Oser, die Ergebnisse empirischer Untersuchungen unterrichtlicher Lernprozesse sind (Oser / Patry 1990 und Oser / Sarasin 1995). Ein Basismodell kann sich über einen Teil einer Unterrichtsstunde erstrecken, aber auch über eine oder mehrere Stunden. Für die Anwendung der Basismodelle gilt:

- Ein Basismodell muss immer vollständig durchlaufen werden.
- Die Reihenfolge der Basismodellschritte muss eingehalten werden.
- Einzelne Schritte können durch ein weiteres Basismodell ersetzt werden (Substitution). Dieses muss dann auch wieder vollständig durchlaufen werden.

Grundrezept für den Lernzieltyp A1

Leitgedanken: **Die Schüler:innen erlernen für die technische Grundbildung zentrale fachliche Begriffe oder Schlüsselkonzepte.** Dazu erarbeiten sie an

ausgewählten Beispielen die invarianten Merkmale des neuen Begriffs oder Konzepts und wenden den Begriff beziehungsweise das Konzept auf weitere Beispiele an. Durch Systematisierung und Vernetzung mit bereits bekannten Begriffen beziehungsweise Konzepten wird schließlich fundamentales Grundwissen erworben. Die Begriffs- und Konzeptbildung setzt einen stringent strukturierten Lernweg voraus (vgl. Abb. 2), was aber nicht gleichbedeutend mit lehrerzentriertem Unterricht ist. Im Gegenteil: Der Erkenntnisgewinn erfordert ein hohes Maß an Aktivierung der Schüler:innen auch in der Sichtstruktur.

Schrittfolge des Lernwegs² (vgl. Abb. 2):

- I. (Re-) Aktivieren von Vorwissen.
- II. Erarbeiten der wesentlichen Merkmale des Begriffs / Konzepts an einem prototypischen Musterbeispiel.
- III. Definieren des Begriffs bzw. Konzepts.
- IV. Anwenden auf weitere Beispiele (aktiver Umgang).
- V. Vernetzen und Systematisieren durch in Beziehung Setzen zu bereits bekannten Begriffen beziehungsweise Konzepten (Ober- und Unterbegriffe, andere Begriffe / Konzepte aus dem gleichen Bereich etc.), Anwenden in anderen Bereichen oder Kombinieren verschiedener Konzepte zu größeren Einheiten.



Abb. 2: Fundamentale Begriffs- und Konzeptbildung für das Fach NwT (Lernzieltyp A1)

Quelle: eigene Abbildung

² Diesem Grundrezept liegen die Basismodelle 4a „Begriffsbildung“ bzw. 4b „Konzeptbildung“ nach Oser / Patry 1990 zugrunde.

Grundrezept für die Lernzieltypen A2 und A3

Leitgedanken: **Die Schüler:innen wenden Konzepte aus anderen MINT-Fächern beziehungsweise zu diesem Zweck erworbene exemplarische Spezialkenntnisse im Kontext von NwT fachgerecht an** (Lernzieltypen A2 beziehungsweise A3). Dazu erkennen und reflektieren sie die Bedeutung der Konzepte an ausgewählten Sachverhalten oder Phänomenen. Dies darf auch weniger zielgerichtet und auf Umwegen erfolgen. „Schaut doch mal richtig hin!“, „Seht ihr denn nicht ...?“ und ähnliche Interventionen sind hier daher prinzipiell hinderlich. Es geht darum, entdecken zuzulassen. Denn im Fokus steht hier primär nicht, dass die Schüler:innen etwas bestimmtes entdecken, sondern dass sie entdecken üben und so lernen!

Schrittfolge des Lernwegs³ (vgl. Abb. 3):

- I. Vorstellen der Handlungen: Anlass, Ziel und Abfolge.
- II. Durchführen der Handlungen.
- III. Reflektieren der Handlungen, der Ergebnisse und / oder des Handlungssinns mit dem Ziel, die Bedeutung des Konzepts im jeweiligen Kontext zu entdecken.
- IV. Abgleichen mit den Erkenntnissen anderer.
- V. Verallgemeinern und erweitern der Lernerfahrungen.



Abb. 3: Konzepte anderer MINT-Fächer bzw. exemplarisches Spezialwissen in NwT anwenden lernen (Lernzieltypen A2, A3)

Quelle: eigene Abbildung

³ Grundlage für diese Schrittfolge ist das Basismodell 1a „Entdeckendes Lernen“ nach Elsässer 2000 in Anlehnung an Oser / Patry 1990.

Grundrezept für den Lernzieltyp B1

Leitgedanken: **Die Schüler:innen erlernen für NwT typische Denk- oder Handlungsabläufe und automatisieren diese.** Das hier zugrunde liegende Basismodell bezieht sich ausdrücklich „nicht nur auf Handlungen im engeren Sinne, sondern ebenso auf 'Denkhandlungen'“ (Elsässer 2000, S. 27). Es hat daher Bedeutung für viele typische Lernprozesse im NwT-Unterricht: Das werktechnische Arbeiten, das technische Zeichnen oder das Prüfen und Messen mit dem Multimeter können ebenso hiernach erlernt werden, wie das Planen und Durchführen von Experimenten, das Auswerten von Messwerten durch Diagramme, die Berechnung eines Wirkungsgrads oder die Nutzung eines *Scrum Board* zur Projektorganisation. Die Projektarbeit zu organisieren lernt man, wie auch andere Methoden für komplexes Planungswissen, auf andere Weise (s.u. das Grundrezept zu Lernzieltyp B2).



Abb. 4: Routinebildung für typische Denk- und Handlungsabläufe in NwT (Lernzieltyp B1)

Quelle: eigene Abbildung

Schrittfolge des Lernwegs⁴ (vgl. Abb. 4):

- I. Vorstellen oder Erarbeiten von Sinn, Ziel und Mittel.
- II. Vorstellen des Handlungsablaufs.
- III. Ausführen des Handlungsablaufs.
- IV. Reflexion des Handlungsablaufs und seiner einzelnen Schritte.
- V. Automatisieren durch mehrfaches Wiederholen.

⁴ Diesem Grundrezept liegt das Basismodell 7 „Routinebildung und Training von Fertigkeiten“ nach Oser / Patry 1990 zugrunde.

Grundrezept für den Lernzieltyp B2

Leitgedanken: **Die Schüler:innen erwerben komplexes Planungswissen sukzessive aus Erfahrung.** Dazu dürfen sie auch Fehler machen, Tätigkeiten auch nicht funktionieren, Handlungen sich als nicht zielgerichtet erweisen. Behelrende Aussagen, wie „erst nachdenken, dann machen“ sind hier fehlplatziert. Es gilt, geduldig geschehen zu lassen (soweit es verantwortbar ist) und Erfahrungen zuzulassen (gerade auch, wenn es so nicht funktionieren kann). Denn Erfahrungslernen findet über mehrere Zyklen hinweg auf immer höherer Ebene statt.

Schrittfolge des Lernwegs⁵ (vgl. Abb. 5):

- I. Vorstellen der Handlungen: Anlass, Ziel und Abfolge.
- II. Durchführen der Handlungen.
- III. Reflektieren der Eigenerfahrung bezüglich der Handlungen, der Handlungsergebnisse und des Handlungssinns.
- IV. Abgleichen mit den Erfahrungen und Erkenntnissen anderer.
- V. Verallgemeinern und erweitern der Lernerfahrungen.



Abb. 5: Planungswissen (Lernzieltyp B2) durch Erfahrung erwerben

Quelle: eigene Abbildung

⁵ Grundlage für diese Schrittfolge ist das Basismodell 1b „Lernen durch Eigenerfahrung“ nach Elsässer 2000 in Anlehnung an Oser / Patry 1990. Die Schrittfolge ist analog zum „entdeckenden Lernen“ (Basismodell 1b, vgl. das Grundrezept für die Lernzieltypen A2 und A3). Anders als entdeckendes Lernen erfordert Erfahrungslernen aber einen immer wieder durchlaufenden Lernzyklus, der ein Lernen auf immer höherer Ebene ermöglicht. Entdeckendes Lernen hingegen zielt darauf ab, dass ein Sachverhalt oder ein Phänomen durch Ausführen einer konkreten Handlung und den Vergleich mit den Entdeckungen anderer erkundet wird.

Grundrezept für den Lernzieltyp B3

Leitgedanken: **Die Schüler:innen erlernen Strategien zur Lösung von für NwT typischen Problemen.** Dabei geht es in erster Linie nicht darum, *dass* ein Problem gelöst wird, sondern *wie* man es lösen kann. Ziel des Lernprozesses ist daher nicht, dass die Schüler:innen möglichst selbständig zur Problemlösung kommen, sondern der angeleitete Erwerb der Problemlösekompetenz (vgl. Krabbe et al. 2015, S. 59). Dafür sind Kenntnisse und / oder Fertigkeiten mit Bezug auf die Problemstellung erforderlich (vgl. dies., S. 78). Sie müssen aber nicht bereits vorhanden sein. Die Problemlösung kann auch in Verbindung mit dem Erwerb neuer Konzepte oder Fertigkeiten erfolgen, indem Schritt III (s.u.) durch das Grundrezept für Lernzieltyp A1 oder B1 ersetzt wird. Problemlösen wird so zu „sinngemadem Lernen“ und Kenntnisse oder Fertigkeiten werden zu unmittelbar „anwendbaren und funktionalen Kompetenzen“ (Elsässer 2000, S. 24 f.).

Schrittfolge des Lernwegs⁶ (vgl. Abb. 6):

- I. Erkennen und beschreiben eines Problems.
- II. Bilden von Hypothesen zur Erklärung des Problems.
- III. Vorschlagen oder vorstellen von Wegen zur Problemlösung.
- IV. Testen der Problemlösungsstrategie.
- V. Mehrfaches Anwenden der Strategie auf neue Probleme des gleichen Typs.



Abb. 6: Erlernen von Problemlösekompetenz (Lernzieltyp B3)

Quelle: eigene Abbildung

⁶ Hier liegt das Basismodell 3 „Problemlösen“ nach Oser / Patry 1990 zugrunde.

Grundrezept für den Lernzieltyp C1

Leitgedanken: **Die Schüler:innen hinterfragen ihre bisherige Einstellung zu technischen Innovationen oder naturwissenschaftlicher Forschung und streben einen neuen, differenzierteren Standpunkt an.** Hier geht es nicht um eine moralische Belehrung oder um das Finden eines endgültigen Urteils, sondern um die moralische Entwicklung der Schüler:innen durch Konstruktion eigener Wirklichkeiten auf jeweils entwicklungstypischen Stufen.

Schrittfolge des Lernwegs⁷ (vgl. Abb. 7):

- I. Bewusstwerden der eigenen Einstellung zu einem Thema / einer Situation durch eine erste spontane Stellungnahme (zum Beispiel als Spontanurteil oder Meinungsäußerung).
- II. Verunsichern der bisherigen Denkmuster oder Einstellungen durch Erkennen wichtiger neuer Elemente.
- III. Überdenken der eigenen Einstellung durch Einbauen neuer, Abbauen alter Elemente oder Ändern von Wertigkeiten und Pendeln zwischen Positionen.
- IV. Erproben und Festigen des eigenen Standpunkts (etwa durch eine Diskussion und Konfrontation mit anderen Einstellungen oder einen Transfer auf andere Themen / Situationen / Sachgebiete).



Abb. 7: Einstellungen überdenken und entwickeln (Lernzieltyp C1)

Quelle: eigene Abbildung

⁷ Diesem Grundrezept liegt das Basismodell 2 „Entwicklungsförderndes / Strukturveränderndes Lernen“ nach Oser / Patry 1990 zugrunde.

Grundrezept für den Lernzieltyp C2

Leitgedanken: **Die Schüler:innen lernen, einen Konsens über Werte und ihre Hierarchie unter Berücksichtigung verschiedener Positionen bezüglich technischer Innovationen oder naturwissenschaftlicher Forschung zu erzielen.** Inhaltlich kann es hier zu Überschneidungen mit dem Lernzieltyp C1 kommen (s. o.). Hier geht es jedoch nicht um die Weiterentwicklung des individuellen Weltbildes (wie bei C1), sondern um diskursive Konsensbildung. Dabei sind „besonders die Prozesse relevant“, „nicht [...] das Erreichen 'der richtigen' Wertehierarchie“ (Elsässer 2000, S. 38).

Schrittfolge des Lernwegs⁸ (vgl. Abb. 8):

- I. Identifizieren verschiedener Positionen zu einer gesellschaftlich relevanten Frage und Herausarbeiten wichtiger Werte und ihrer Hierarchie.
- II. Ausarbeiten und Sammeln von Vorschlägen für den Einbezug weiterer Werte oder eine andere Priorisierung (ohne Gegenstimme).
- III. Einigen auf eine gemeinsame Werteordnung im Konsens, das heißt so lange, bis alle Schüler:innen mit der gefunden Lösung leben können.
- IV. Anwenden der gemeinsamen Werteordnung.



Abb. 8: Konsensbildung lernen (Lernzieltyp C2)

Quelle: eigene Abbildung

Hinweis: Die Schritte I und II können induktiv, also ausgehend von den Schüler:innen erfolgen oder deduktiv, etwa abgeleitet aus einem Text.

⁸ Hier liegt das Basismodell 10 „Wert- und Identitätsaufbau“ nach Oser / Patry 1990 zugrunde.

Grundrezept für den Lernzieltyp D1

Leitgedanken: **Die Schüler:innen verbessern soziale Kompetenzen**, in NwT vor allem **bezüglich ihrer Team- und Kommunikationsfähigkeit**. Dazu kann gehören, Verantwortung im Team zu übernehmen, anderen zuzuhören, sie zu verstehen, zur Mitarbeit aufzufordern, ihnen zu assistieren et cetera. Der Kompetenzerwerb hierzu erfolgt in NwT in erster Linie in der Projektphase, wobei anlassbezogen gezielte Team- oder Kommunikationsübungen für einzelne Teams ausgeführt werden (vgl. Kapitel 3). Sie beginnen damit, dass mögliche Ursachen einer soeben erlebten, misslungenen Teamarbeit durch die Schüler:innen oder durch die Lehrkraft benannt werden (zum Beispiel „Wir hören einander gar nicht zu! / Ich werde gar nicht richtig verstanden! / Ich muss alles alleine machen!“ oder aus Sicht der Lehrkraft: „Ich habe den Eindruck, dass ihr ... einander vielleicht nicht richtig zuhört / nicht richtig versteht, was ihr meint / euch nicht alle richtig einbringt.“). In einer hierauf folgenden Übung soll die Aufmerksamkeit gezielt auf das Erproben dieser Fertigkeiten gerichtet werden. Abschließend werden sie reflektiert und ihre Bedeutung für die Teamarbeit und darüber hinaus herausgearbeitet (ohne zu belehren).



Abb. 9: Die Team- und Kommunikationsfähigkeit entwickeln (Lernzieltyp D1)

Quelle: eigene Abbildung

Schrittfolge des Lernwegs⁹ (vgl. Abb. 9):

- I. Benennen und bewerten ausgewählter, zu übender

⁹ Diesem Grundrezept liegt das Basismodell 9 „Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen“ nach Oser / Patry 1990 zugrunde.

sozialer Kompetenzen.

- II. Erproben in Übungen, deren Gelingen von diesen Fertigkeiten abhängt.
- III. Reflektieren der geübten sozialen Kompetenzen.
- IV. Verallgemeinern der Bedeutung dieser Kompetenzen.

3. Nachhaltig einverleibt: Deeper Learning in NwT

Als die fünfhundert umsatzstärksten Unternehmen der Vereinigten Staaten in den 1970er Jahren nach den Schlüsselqualifikationen neuer Mitarbeiter befragt werden, stellen sie Schreib-, Computer- und Lesekompetenzen allem voran. Kreatives Denken wird erst an siebter Stelle genannt, Teamwork an zehnter, Problemlösung an zwölfter und soziale Kompetenzen an dreizehnter. Zwei Jahrzehnte später laufen Teamwork, Problemlösung, soziale Kompetenz und Kommunikation der Expertise den Rang ab. Weitere zwei Jahrzehnte und künstliche Intelligenz (KI) schlägt einen der weltbesten Go-Spieler. Das Programm hatte zuvor Millionen Spiele mittels *Deep Learning*, einer Methode maschinellen Lernens, ausgewertet und mehrere Millionen Mal gegen sich selbst gespielt.

3.1 Die 21st Century Skills, 6C und Deeper Learning

Automatisierung und Künstliche Intelligenz ersetzen zunehmend berufliche Tätigkeiten. Berufsbilder lösen sich auf, und die Vorstellung, eine einmal eingeschlagene Karriere zeitlebens zu verfolgen, gehört der Vergangenheit an.

Adaptivität, Selbstreflexion und Selbstregulation werden zentrale Kompetenzen in der Persönlichkeitsentwicklung, kooperatives tritt an die Stelle von individuellem und kompetitivem Arbeiten. Als Grundlage dieser **21st Century Skills** für Lernende im 21. Jahrhundert werden die 4 K genannt: *Kommunikation, Kollaboration, Kreativität* und *kritisches Denken* (im Englischen die 4 C). Als 6 C werden sie ergänzt um die Entwicklung von *Persönlichkeit* und *Mündigkeit* (*Character growth mindset* und *Citizenship*). **Deeper Learning** ist eine Pädagogik, die auf den schulischen Erwerb dieser Kompetenzen abzielt.

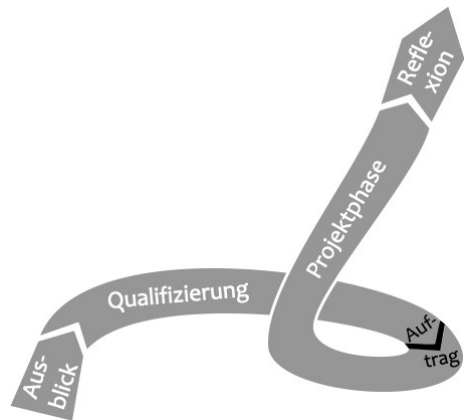
*Wenn wir Lernende heute so unterrichten,
wie wir gestern unterrichtet wurden,
nehmen wir ihnen ihr Morgen.
John Dewey (zitiert nach Sliwka 2022)*

Von den Lehrenden erfordert *Deeper Learning* eine adäquate Gestaltung des Lernprozesses. Für das deutsche Bildungssystem schlägt Anne Sliwka (2022) im Heidelberger Modell eine Strukturierung in drei Phasen vor: I. Instruktion / Aneignung, II. Ko-Konstruktion / Ko-Kreation, III. authentische Lernleistung. Ziel der ersten Phase ist *Mastery*, die Aneignung und Vernetzung von fachlichem Wissen (dabei geht es weniger um deklaratives Faktenwissen als um fachliche Schlüsselkonzepte) und praktischen Fertigkeiten. Sie bilden das Fundament für die zweite Phase, in der kooperativ komplexere Aufgaben, zum Beispiel zur Produktentwicklung oder zum Forschen erarbeitet werden. Die dritte Phase dient der Präsentation und Reflexion der Arbeitsergebnisse und des Arbeitsprozesses. Alle drei Phasen zielen auch auf das Kennenlernen und die Entwicklung der eigenen Lernidentität (Talente, Interessen, Schwächen etc.)

durch das Erleben von Selbstwirksamkeit in einer jeweils individuellen Zone der nächsten Entwicklung ab. Dabei muss die Stimme der Lernenden ein Gewicht im Lernprozess haben und sie müssen Entscheidungen über das eigene Lernen treffen können (*Voice & Choice*). Dies kann etwa die Auswahl von Lernmaterial und Lernniveaus oder die Äußerung von Ideen und Meinungen betreffen.

3.2 Das AQuAPRe-Strukturmodell für NwT

Mit Blick auf die Ziele und die Gestaltung von Unterricht zeigt das Deeper Learning Modell eine große Nähe zum **AQuAPRe-Modell** für das Fach NwT. Es schlägt folgende fünf Phasen für NwT-Unterrichtseinheiten vor: Ausblick, Qualifizierung, Auftrag, Projektarbeit und Reflexion.



Der **Ausblick** lenkt den Blick und die Motivation der Lernenden auf die Themen der Unterrichtseinheit. Er gibt auch grob zu erkennen, worum

es im Projekt gehen wird. So wird den Schüler:innen deutlich, was sie schon können und wo noch Wissen und Fähigkeiten fehlen, so dass die anschließende Qualifizierung mit Blick auf einen (späteren) Anwendungskontext erfolgt und nicht als „Lernen auf Vorrat“. Es wird aber nicht bereits der konkrete Auftrag

Abb. 10: Die fünf Phasen von Unterrichtseinheiten im Fach NwT nach dem AQuAPRe-Strukturmodell

Quelle: verändert nach NwT Didaktisches Konsilium 2013 & ZPG 2016

verraten. Denn sonst besteht die Gefahr, dass die Schüler:innen die Inhalte der Qualifizierung auf eine vermeintliche Bedeutung für ihre bereits vorgestellte Projektumsetzung filtern und es dann stellenweise ablehnen, wichtige Schlüsselkonzepte zu erlernen. Außerdem kann die motivierende Wirkung eines gut formulierten Projektauftrags kein zweites Mal zu einem späteren Zeitpunkt erzielt werden und ist daher für den Moment reserviert, in dem die Lernenden auch mit der Projektarbeit starten dürfen.

Die **Qualifizierung** zielt darauf ab, dass die Schüler:innen einen Überblick über ausgewählte Fachgebiete erhalten und sich Schlüsselkonzepte hieraus aneignen. Dabei ist nicht an eine Überqualifizierung im Sinne einer möglichst vollständigen Abbildung der Fachgebiete im Unterricht gedacht. Letztere sollen durch die Auswahl der Lerninhalte vielmehr auf dem Niveau der Lernenden angemessen repräsentiert werden. Darüber hinaus lernwürdig ist grundsätzlich, was die Schüler:innen für die ersten Schritte in der Projektarbeit benötigen, aber nicht alles, was potentiell von Bedeutung für das spätere Projekt werden kann (vgl. Abb. 1). Es geht darum, dass die Schüler:innen in der späteren Projektarbeit die ersten Hürden nehmen können. Geraten sie zu einem späteren Zeitpunkt ins Stocken, kann dies ein authentisches Lernbedürfnis generieren (der Fortschritt der Projektarbeit steht nun im Fokus, nicht mehr die Qualifizierung um ihrer selbst willen), auf das die Lehrkraft durch zielgerichtet ausgearbeitete, möglichst selbständig zu erarbeitende Lernmittel antwortet (just in time teaching, JITT).

Im Zentrum der Qualifizierung stehen fachliche Grundbegriffe und Schlüsselkonzepte, für NwT typische Denk- und Handlungsabläufe sowie Problemlösungsstrategien (Lernzieltypen A1, B1 und B3, vgl. Abb. 11). Begriffe und Konzepte aus anderen MINT-Fächern (A2) werden nicht qualifiziert,

kommen aber in NwT zur Anwendung, wenn es für das Erlernen von Methoden oder Konzepten erforderlich ist. Wissen und Konzepte zu exemplarischen technischen Systemen (A3) werden hingegen, wo nötig, erst im Lauf der Projektarbeit erworben.

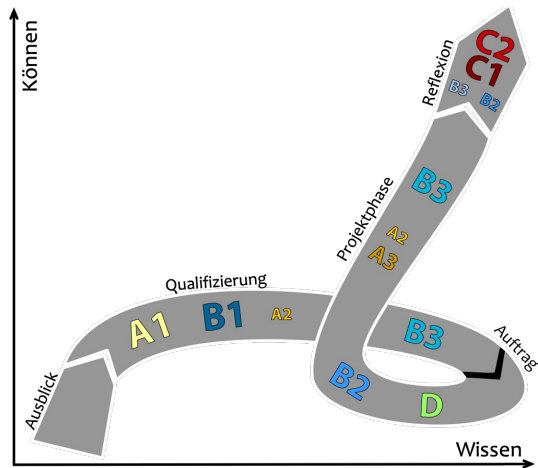


Abb. 11: Typische Verortung von NwT-Lernzieltypen in NwT-Unterrichtseinheiten nach dem AQUAPRe-Modell

Quelle: eigene Abbildung

Die Dauer der Qualifizierung beträgt, je nach Thema,

Vorwissen und Klassenstufe, typischerweise zwischen sechs und zwölf Wochen bei vier Wochenstunden NwT-Unterricht. Die Sichtstruktur des Unterrichts prägen klassische Methoden der Wissensvermittlung im Rahmen eines Lehrgangs, Lernzirkels et cetera, aber auch sorgsam strukturierte Lernmittel zur freieren oder gar selbständigen Erarbeitung. Die Tiefenstruktur des Lernens als Grundlage für den Kompetenzerwerb bilden die in Kapitel 2 aufgeführten Schrittfolgen.

Der **Auftrag** ist im Fall eines Forschungsprojekts eine Forschungsfrage, bei einer Produktentwicklung eine Zielvorstellung, die sich aus einem gesellschaftlichen Bedürfnis ergibt (s. näher hierzu die LernBausteine Forschen 1 beziehungsweise Produktentwicklung). Dabei ist es typisch für Forschungsprojekte in NwT, dass das Messgerät von den Schüler:innen selbst entwickelt wird (in der Regel mit einem Mikrocontroller und Sensoren). Dann ist mit der Forschungsfrage

zugleich auch ein Auftrag zur Produktentwicklung (nämlich für das Messgerät) verknüpft. Die Forschungsfrage beziehungsweise das Entwicklungsziel können vorgegeben werden, etwa durch die Lehrkraft oder einen Wettbewerb, oder von den Schüler:innen selbst erarbeitet werden (*Voice & Choice*).

Den Auftakt zur **Projektarbeit** bildet die Entwicklung eines Forschungsgangs beziehungsweise das Formulieren von Anforderungen durch die Schüler:innen (vgl. die LernBausteine Forschen 1 und 2 beziehungsweise Produktentwicklung). Dabei ist an erste Entwürfe gedacht, nicht an abschließende, endgültige Fassungen. Es ist nämlich kennzeichnend für eine agile Projektorganisation in NwT und wünschenswert, dass ein Forschungsgang (etwa bezüglich der Forschungsfrage, Forschungsexperimente, Messgeräte oder Messverfahren) beziehungsweise die Anforderungsliste für ein Produkt (ebenso wie die Funktionsanalyse, die Lösungskonzepte und deren konkrete Umsetzungen) im Lauf der Projektarbeit reflektiert, ergänzt und gegebenenfalls auch revidiert werden. Denn die Projektarbeit erfolgt iterativ, also in zügig durchlaufenen Schleifen. Für jede Schleife werden Ziele festgelegt, Arbeitspakete geschnürt und ausgeführt, die Arbeitsergebnisse überprüft, vorgestellt und reflektiert und schließlich ein nächstes Etappenziel formuliert, mit dem das Produkt weiter entwickelt beziehungsweise die Forschung vorangetrieben wird (s. näher hierzu den LernBaustein Projektorganisation).

Durch die Projektarbeit erfahren die Schüler:innen zunehmend, dass sie etwas können und was sie können (vgl. den steigenden Verlauf der Projektphase entlang der y-Achse in Abb. 11). Dabei ist es typisch, dass manches des zuvor Erlernenen, das zum Ende der Qualifizierung (nicht zuletzt vielleicht aufgrund einer Lernzielkontrolle) abrufbar war, im Lauf der Projektarbeit in Vergessenheit

gerät. Dennoch stellt die Projektphase auch für den Wissenserwerb letztlich einen Gewinn dar (in Abb. 11 dargestellt durch den nach rechts, entlang der x-Achse geneigten Verlauf der Projektphase). So „gibt es einen breiten Konsens darüber, dass fundiertes Wissen nicht allein durch Rezeption aufgebaut wird, sondern durch Operationen, z. B. im Sinn von Problemlösen“ (Elsässer 2000, S. 27). Die Projektarbeit spielt also auch für die in der Qualifizierung vermittelten Schlüsselkonzepte eine wichtige Rolle, da sie hier weiter vernetzt und verfestigt werden. Und nicht selten eignen sich die Schüler:innen hier durch gezielte *JITTs* (s.o.) weitere, zum Gelingen ihrer Projektarbeit notwendige Kenntnisse an und erweitern so ihre technische Grundbildung (Lernzieltyp A1) oder erwerben spezifisches Fachwissen (A3).

Lehrgangsjahre, bei denen die Etappen einer Produktentwicklung beziehungsweise eines Forschungsgangs durch die Lehrkraft vorgegeben sind, können gezielt auf die Anwendung bestimmter Kenntnisse, Routinen oder Problemlösungsstrategien ausgerichtet sein. Projekte mit größeren Freiheitsgraden, wo die Schüler:innen wesentliche Entscheidungen über den Projektverlauf selbst treffen können (*Voice & Choice*), fördern hingegen die Identifizierung mit der Projektarbeit (*Personalisierung*) und damit letztlich auch die Vernetzung und Vertiefung ihrer Kompetenzen im Sinn von *Deeper Learning* in besonderem Maße.

Von essentieller Bedeutung ist Projektphase auch für den Erwerb der *21 Century Skills* (s. Abb. 12). Denn hier wird den Schüler:innen in besonderem Maße Anlass, Raum und Zeit gegeben, *Kommunikation* und *Kollaboration* zu erleben und zu erlernen, sodass *Kreativität* in Teamarbeit überhaupt gelingen kann. Dabei darf all dies auch punktuell und temporär misslingen und kann dann Anlass für

spezifische *JITTs* sein, zum Beispiel in Form von Übungen zur Teambildung, zum Kommunikations- oder Kreativitätstraining einzelner Gruppen.

Für die *Kreativität* spielen methodische Kompetenzen eine zentrale Rolle. Hierzu gehört neben Routinen (wie dem technischen Zeichnen oder dem werktechnischen Arbeiten, Lernzieltyp B1) und

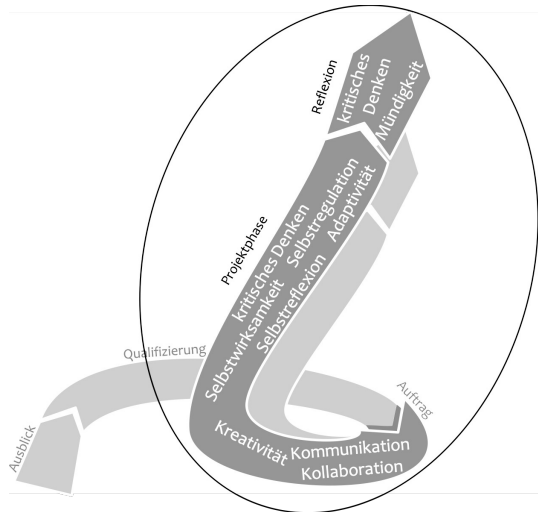


Abb. 12: Vorrangige Verortung von 21st Century Skills in NwT-Unterrichtseinheiten nach dem AQUAPRe-Modell

Quelle: eigene Abbildung

Strategien zur Lösung von Problemen (Lernzieltyp B3) vor allem komplexes Planungswissen, und zwar zur Organisation der Projektarbeit ebenso wie zur Produktentwicklung beziehungsweise zum Forschen (Lernzieltyp B2). Kompetenzen in den letztgenannten Bereichen (Lernzieltypen B2 und B3) werden erst durch die Anwendung in Projekten erlernt (vgl. Abb. 11 sowie Abb. 5 und 6), und zwar über verschiedene Projekte hinweg. *Kreativität* gelingt aber nicht allein durch Anwenden von Methoden. „Untersuchungen zeigten, dass Expertinnen und Experten nicht über inhaltsfreie, allgemeingültige Strategien verfügen, sondern vielmehr stark auf ihre bisherigen Erfahrungen, auf ihr bisheriges Wissen aufbauen. Es wird immer deutlicher, dass spezifisches Vorwissen oft stärker wirkt als eine generell anzuwendende Strategie.“ (Elsässer 2000, S. 27, 31f.). Eine fundierte Qualifizierung der Schüler:innen (auch durch

ausgewählte JITTs) ist daher für eine kreative Projektarbeit unerlässlich.

Die Projektarbeit bietet auch Anlass, verschiedene Aspekte *kritischen Denkens* zu üben. *Kritisches Denken* kann sich beispielsweise auf die Absicht einer Tätigkeit, auf die Themen-, Frage- oder Problemstellung, die verwendeten Informationen und Schlüsselkonzepte, ihre Interpretation beziehungsweise Anwendung, die Folgerungen, zugrundeliegende Annahmen oder auf den Arbeitsprozess beziehen (vgl. Paul / Elder 2003, S. 10). Eine Forschungsfrage herauszuarbeiten und im Lauf des Forschungsprojekts zu hinterfragen impliziert also beispielsweise *kritisches Denken*, ebenso wie einen Forschungsgang zu entwickeln, fortlaufend zu reflektieren und wenn nötig anzupassen. Oder die eigene Absicht, Annahmen und Erwartungen transparent zu machen und zu reflektieren. Das gilt analog auch für die Entwicklung von Produkten.

Für die Persönlichkeitsentwicklung der Schüler:innen spielt die Projektphase eine wichtige Rolle, denn hier erleben sie Selbstwirksamkeit und können auf dieser Grundlage ihr Sozial- und Arbeitsverhalten vor dem Spiegel der eigenen Erwartungen und der Bedürfnisse ihres Teams reflektieren (*Selbstreflexion*) und fortlaufend steuern (*Selbstregulation*). Dabei fördern neue Herausforderungen im Lauf einer Projektarbeit und über mehrere Projekte hinweg die Entwicklung von *Adaptivität*, etwa was das Überwinden von Frustration und das Mitwirken an Erfolgen anbelangt (insbesondere bei wechselnder Teamzusammensetzung).

Die **Reflexion** ist maßgeblich für die Entwicklung von *kritischem Denken* und *Mündigkeit* (vgl. Abb. 12). Hier wird üblicherweise das Produkt beziehungsweise Forschungsergebnis präsentiert, gewürdigt und konstruktiv analysiert. Dabei können auch Optimierungsansätze diskutiert werden. Im Fokus der Reflexion

stehen aber auch der Prozess der Produktentwicklung beziehungsweise der Forschungsgang, die Organisation der Projektarbeit sowie die *Kollaboration* und *Kommunikation*. Das Herausarbeiten gelungener und nicht gelungener Aspekte ist integraler Bestandteil des Lernprozesses für komplexes Planungswissen und Problemlösestrategien (s. Kapitel 2, Lernzieltypen B2 und B3). Dabei ist weniger an eine bloße Bestätigung der angewandten Methoden gedacht, als an eine konstruktive Auseinandersetzung mit dem Ziel, diese zu verfeinern. So können einzelne Schritte und Methoden zur Produktentwicklung, zum Forschen und zur Projektorganisation auf die Erfahrungen und Bedürfnisse der Schüler:innen hin ausgerichtet und so anlassbezogen eingeführt werden, so dass sie als hilfreich und sinnvoll wahrgenommen werden (und nicht als zu erfüllende Formalitäten, die die Projektarbeit nur „ausbremsen“).

Bei der Entwicklung von *Mündigkeit* ist einerseits daran gedacht, das Thema der Unterrichtseinheit und der Projektarbeit in einen für die Allgemeinbildung relevanten Gesamtzusammenhang und in aktuelle Bereiche von Forschung und Entwicklung einzuordnen. Eine Orientierung geben folgende Leitfragen, die an die exemplarischen Ergebnisse und Erfahrungen der Schüler:innen aus der Projektarbeit anknüpfen:

- In welchen größeren Zusammenhängen spielen ähnliche Forschungsfragen, Forschungsexperimente, Messgeräte, Messverfahren, Forschungskriterien et cetera in der Realität eine Rolle?
- Wo in der Realität werden ähnliche gesellschaftliche Bedürfnisse durch (andere) Produkte erfüllt? Welche Anforderungen werden an diese Produkte gestellt? Wo sonst kommen die entwickelte Technik, die Funktionsträger oder Lösungsprinzipien noch vor, wo die zugrunde liegenden Schlüsselkonzepte

noch zum Tragen?

Die Entwicklung von *Mündigkeit* impliziert andererseits aber auch eine ethische Auseinandersetzung mit Technik beziehungsweise Forschung. Dies kann die Reflexion und Entwicklung eigener Werte und Einstellungen hierzu betreffen (Lernzieltyp C1), aber auch eine gesellschaftliche Konsensfindung (Lernzieltyp C2, s. näher hierzu den LernBaustein Technikethik).

Meisterköche

Elsässer, Traugott (2000): Choreografien unterrichtlichen Lernens als Konzeptionsansatz für eine Berufsfelddidaktik. Bern: Schweizerisches Institut für Berufspädagogik

Krabbe, Heiko / Zander, Simon / Fischer, Hans E. (2015): Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster / New York: Waxmann

Oser, Fritz / Patry, Jean-Luc (1990). Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89. Pädagogisches Institut der Universität Fribourg

Oser, Fritz / Sarasin, Susanna (1995): Basismodelle des Unterrichts. Von der Sequenzierung als Lernerleichterung. Interdisziplinäres Zentrum für Lern- und Lehrforschung / Universität Potsdam: LLF-Berichte Jahrgang 11

Paul, Richard / Elder, Linda (2003): Kritisches Denken. Begriffe & Instrumente. Tomales, CA: Stiftung für kritisches Denken

Sliwka, Anne (2022): Deeper Learning in der Schule. Pädagogik des digitalen Zeitalters. Weinheim: Beltz

「NWT」