

Digital

Robert Storz · Florian Schneider · Fabrice Takin

Mathematik

unterrichten

Grundlagen, Impulse
und Perspektiven



Kallmeyer



Download-
Material

Robert Storz, Florian Schneider & Fabrice Takin

Digital Mathematik unterrichten

Grundlagen, Impulse und Perspektiven

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Impressum

Robert Storz, Florian Schneider & Fabrice Takin
Digital Mathematik unterrichten
Grundlagen, Impulse und Perspektiven

1. Auflage 2022
Das E-Book folgt der Buchausgabe: 1. Auflage 2022

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich
zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

© 2022. Kallmeyer in Verbindung mit Klett
Friedrich Verlag GmbH
D-30159 Hannover
Alle Rechte vorbehalten.
www.friedrich-verlag.de

Redaktion: Dirk Haupt, Leipzig
Realisation: SchwabScantechnik GmbH & Co. KG
Cover: © Gorodenkoff/stock.adobe.com
E-Book-Erstellung: Friedrich Verlag GmbH, Hannover

ISBN: 978-3-7727-1589-1

Robert Storz, Florian Schneider & Fabrice Takin

Digital Mathematik unterrichten

Grundlagen, Impulse und Perspektiven

Klett | Kallmeyer

Warum dieses Buch?	7
1 Einstiegsbeispiel: Authentisches Modellieren	13
2 Allgemeinbildung im Wandel	22
2.1 Was ist Allgemeinbildung?	22
2.2 Überfachliche Kompetenzen	23
2.2.1 Schlüsselkompetenzen	23
2.2.2 Digitale Kompetenzen	31
2.2.3 Vier Dimensionen der Bildung: das 4 K-Modell	33
2.2.4 Strategie der Kultusministerkonferenz (KMK)	36
2.2.5 Digitalität in den Bildungsplänen	37
2.3 Die Kulturtechnik Digitalität	38
2.3.1 Künstliche Intelligenz	41
2.3.2 Algorithmen	50
2.3.3 Digitalität und Verbraucherbildung	59
3 Mathematische Kompetenzen	63
3.1 Der Kompetenzbegriff	63
3.2 Das Kompetenzmodell der KMK	64
3.2.1 Inhaltsbezogene Kompetenzen	65
3.2.2 Prozessbezogene Kompetenzen	67
4 Unterrichtsqualität	70
4.1 Allgemeinbildender Mathematikunterricht	70
4.2 Lehren und Lernen	71
4.3 Qualitätsmerkmale für Mathematikunterricht	73
5 Kernprozesse des Mathematiklernens	86
5.1 Der Kernprozess <i>Erkunden</i>	88
5.1.1 Einstieg	88
5.1.2 Erkunden mit digitaler Unterstützung	89
5.1.3 Der Weg zu mehr Eigenverantwortung beim Erkunden	95

5.2	Der Kernprozess <i>Ordnen</i>	96
5.2.1	Sammeln	96
5.2.2	Systematisieren	97
5.3	Der Kernprozess <i>Sichern</i>	100
5.3.1	Interaktive Checklisten	101
5.3.2	Sichern mittels Fragespielen	106
5.4	Der Kernprozess <i>Vertiefen</i>	110
5.4.1	Spiele als Übungsformat	113
5.4.2	Abstimmungen als Übungsformat	115
5.4.3	Digitale Abfragen über Antwortplattformen	116
6	Differenzierung mithilfe von digitalen Mitteln	120
6.1	Was verstehen wir unter Differenzierung?.....	120
6.2	Fachdidaktisches Potenzial digitalen Unterrichts	122
6.3	Gestaffelte Hilfen	124
6.4	Diagnostik	128
6.5	Individual Feedback	130
6.6	Inklusion	138
7	Rechtliche und technische Rahmenbedingungen	146
7.1	Datenschutz	146
7.2	Urheberrecht	154
7.3	Das Recht am eigenen Bild	159
7.4	Räumliche und gerätebezogene Voraussetzungen	161
7.5	Software – ein Auslaufmodell?	165
7.6	Lernen im und über das Internet	168
8	Konzepte digitalen Unterrichts	174
8.1	Blended Learning	175
8.2	Hybrides Lernen	176
8.3	Flipped Classroom	179
8.4	Distanzunterricht	182

9 Methoden digital geprägten Unterrichts	187
9.1 Motivation	187
9.2 Erklärvideos	192
9.2.1 Definition	192
9.2.2 Formate	193
9.2.3 Erklärvideos im Internet	194
9.2.4 Qualitätsmerkmale für Erklärvideos	195
9.2.5 Erklärvideos im häuslichen Lernen	200
9.2.6 Erklärvideos im Unterricht	200
9.2.7 Erklärvideos erstellen	201
9.2.8 Videoproduktion im Unterricht	203
9.2.9 Qualität der Lernaktivitäten	203
9.3 Videokonferenz	206
9.4 Blogging	209
9.5 Spielebasiertes digitales Lernen und Üben	210
10 Digitaler Medieneinsatz im Mathematikunterricht	217
10.1 Die Situation	217
10.2 Was sind digitale Medien?	222
10.3 Präsentationsmedien können nicht nur präsentieren	227
10.4 Digitale Werkzeuge	235
10.5 Dynamische Mathematiksoftware	236
10.6 Leitmedium Buch	246
11 Praxisbeispiele	248
11.1 Distanzunterricht mit digitalen Pinnwänden	248
11.2 Diagramme lesen, interpretieren und analysieren	250
11.3 Digital geführter Klassenausflug	256
11.4 Daten sammeln, darstellen, auswerten, bewerten	262
12 Epilog	271
Verwendete Literatur	275
Hinweise zum Download-Material	288

Warum dieses Buch?

Ende der 1990er-Jahre wurde ein Mathematiklehrer mal gefragt, warum man das große Einmaleins eigentlich auswendig lernen müsse, wenn doch ein Taschenrechner das schneller und fehlerfrei berechnen kann. Er antwortete: „Weil du nicht immer einen Taschenrechner dabei hast.“ Vor einem Vierteljahrhundert war das unter Umständen sogar eine korrekte Antwort.

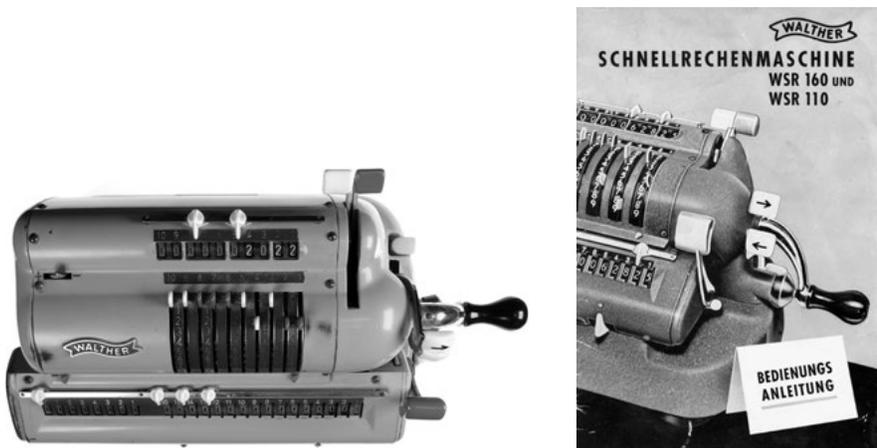


Abb. 0.1 a/b: Rechenmaschine aus den 1960er-Jahren und Bedienungsanleitung

Noch einmal 30 Jahre früher funktionierten Maschinen zum Rechnen, die in Büros verwendet wurden, rein mechanisch. Bis zu dieser Zeit wäre vielleicht die Antwort auf eine entsprechende Frage gewesen: „Weil eine Rechenmaschine mühsam zu transportieren ist und außerdem hast du keine.“ Eine damals gebräuchliche „Schnellrechenmaschine“¹ (Abb. 0.1a) war nämlich etwas größer als heute ein Toaster und wog fast 5 Kilogramm. Mittels Kurbelumdrehung konnten eingegebene Zahlen addiert, subtrahiert, multipliziert und dividiert werden. Wer heute Mathematiklehrkraft ist, wird nach unserer Einschätzung erst nach einem ausführlichen Studium der Bedienungsanleitung (Abb. 0.1b) überhaupt in der Lage sein, damit einfachste Berechnungen durchzuführen. Zweifellos funktionierten solche Maschinen analog, denn es waren Teile aus Stahl, die beim Rechnen ineinandergriffen.

¹ Walther WSR 160, gebaut von 1956–1968

Als in den 1970er-Jahren die ersten elektronischen Taschenrechner (vgl. Abb. 0.2) auf den Markt kamen, wurden diese wenig später auch in den Schulen genutzt und ergänzten oder verdrängten die Rechenschieber. Das wurde damals von kaum jemandem bedauert. Die Taschenrechner konnten nicht viel mehr, als die Grundrechenarten auszuführen, aber sie entlasteten die Lernenden von Routinetätigkeiten.

Außerhalb der Schulen gab es bereits Spielcomputer, und Personal Computer eroberten die Arbeitswelt. Die Schulen zogen rasch nach und begannen Anfang der 1980er-Jahre, im Unterricht Computer zu nutzen, der Umgang mit dem Computer wurde in die Lehrpläne geschrieben.²

Die Lehrkräfte mussten teilweise die Erfahrung machen, dass manche Lernende ihnen in der Nutzung der neuen Technik überlegen waren. Es gab eine Kluft zwischen den technischen Ständen inner- und außerhalb der Schulen, aber sie war im Vergleich zu heute gering und überbrückbar. Denn man konnte diese Kluft als Lehrkraft mit überschaubaren Anstrengungen überwinden und das fand auch weitgehend statt.

Ein paar Merkmale zur Einordnung dieser Zeit: Man fuhr VW Golf II, den rechten Außenspiegel hatte man als Extra bezahlt, die Fenster wurden mit Handkurbeln betätigt, die Radiovorbereitung bestand aus je einem Lautsprecher in beiden Türen und einer aus dem Kotflügel ragenden Teleskopantenne, denn das Radio selbst kaufte man im Elektrohändler. Es war die Zeit, als die ersten Compact Discs (CD) in den noch zahlreich vorhandenen Fachgeschäften für Schallplatten (heute „Vinyl“) auftauchten. Das Album „Brothers in Arms“ von den Dire Straits verhalf dem Medium CD zum Durchbruch. Die Mehrzahl der Menschen sah schwarzweiß fern, die Computer hatten Röhrenbildschirme mit winzigen Diagonalen, mächtigem Platzbedarf nach hinten und Arbeitsspeichern mit wenigen MB.³ Man konnte auch in größeren Städten fast überall sein Auto einfach so am Straßenrand abstellen, die Post hieß noch so und investierte in die ersten Kabelfernsehtetze, aber nur in größeren Städten. Und die Schulen hinkten dem technischen Stand des Alltags ein halbes Jahrzehnt hinterher.



Abb. 0.2: Taschenrechner um 1970

2 z. B. MKS BW Bildungsplan für die Realschule 1984, S. 328

3 1 MB (Megabyte) besteht aus $10^6 = 1\,000\,000$ Byte. Byte ist die kleinste Maßeinheit der Digitaltechnik. Diese setzt sich aus 8 Bits (binären Zeichen) zusammen; mit einem Byte können $2^8 = 256$ Zeichen verschlüsselt werden. Neben der dezimalen Einheitenreihe wird eine binäre Einheitenreihe verwendet; darin besteht 1 MB aus $2^{20} = 1\,048\,576$ Byte.

Außerhalb der Schulen ging danach die Entwicklung rasant und in großen Schritten weiter, aber in den Schulen schien die Zeit irgendwie stehen zu bleiben oder die nachholende Entwicklung dort verlangsamte sich extrem. „Es ist erstaunlich, wie langsam die digitalen Technologien, die fast jeden Aspekt unseres Lebens radikal verändert haben, ihren Weg in die Klassenzimmer gefunden haben“ (Schleicher 2019, S. 247).

Heute ist die Musik-CD so gut wie tot, Autos können selbst einparken, ein Datenspeicher mit der hunderttausendfachen Kapazität der Festplatte eines Computers aus den 1980er-Jahren passt in jede Hosentasche, und die Schulen sind zu technischen Inseln geworden.

Immer noch wird in manchen Lehrerkollegien darüber diskutiert, ab welcher Klassenstufe man den Lernenden die Benutzung eines „Taschenrechners“ erlauben sollte, so früh oder so spät wie möglich, und Ministerien verbieten immer noch den Einsatz gewisser technischer Medien⁴ wie programmierbarer oder Computeralgebra-fähiger „Taschenrechner“ in Schullaufbahnprüfungen, vermutlich damit veraltete Prüfungsformate weiter eingesetzt werden können. Weil heute kaum jemand zusätzlich zum Mobiltelefon einen Rechner mehr in der Tasche hat, werden diese seit Langem nicht mehr als Taschen-, sondern als Schulrechner verkauft.

Schulrechner können Gleichungen umformen, zwischen Zahldarstellungen wechseln, Funktionen darstellen und vieles mehr. Das können Mobiltelefone auch. Es erscheint wenig zeitgemäß, Lernenden die Nutzung solcher Geräte in der Schule zu untersagen, nur weil die Geräte können, was die Lernenden nach traditionellen Vorstellungen in der Schule händisch ausführen sollten und was sie dann in Schullaufbahnprüfungen nachweisen müssen, aber ansonsten nicht brauchen.

Außerhalb der Schulen nutzen die Lernenden diese Geräte⁵, also nicht „Taschenrechner“, sondern moderne Endgeräte, ständig. Man könnte sie fast als „Zusatzgehirne“ (Kortenkamp/Hoffkamp 2015, S. 2) bezeichnen, die aber beim Betreten des Lernorts Schule meist abgeschaltet werden müssen. Weil eine Brücke fehlt, werden digitale Medien außerhalb der Schulen eher selten genutzt für Inhalte, die innerhalb der Schule relevant sind; das wird den

4 Zum Beispiel an den Realschulen in Bayern werden ab dem Schuljahr 2022/2023 zwar in Leistungsüberprüfungen grafikfähige „Taschenrechner“ zugelassen, nicht jedoch Computeralgebra-fähige. Formelsammlungen sind nur zugelassen, wenn sie einer Vorlage des Ministeriums entsprechen. Neu eingeführt wird ein Aufgabenteil in der Abschlussprüfung, der hilfsmittelfrei, also auch ohne Schulrechner, bearbeitet werden muss.

Quelle: isb.bayern.de/realschule/faecher/mathematik-naturwissenschaften/mathematik/weiterentwicklung-abschlusspruefungen-mathematik, aufgerufen am 20.07.2021.

5 Wir haben darauf verzichtet, auch für moderne Geräte Beispielfotos einzufügen, weil bereits bei Erscheinen dieses Buchs gezeigte Geräte durch eine Nachfolgeneration ersetzt sein würden und damit veraltet wären.

Jugendlichen meist zu wenig gezeigt. Das heißt, die Kapazität der „Zusatzgehirne“ wird nur zu einem geringen Teil genutzt.

Eine Brücke muss neu gebaut werden, wohl weil die vorhandene irgendwann unbemerkt eingestürzt ist. Man sollte den Lernenden zeigen, dass und wie sie mit ihren Endgeräten mehr anfangen können, als soziale Kontakte zu pflegen, Filme und Musik zu konsumieren und Erlebtes zu dokumentieren oder vorzugaukeln. Es muss sich etwas ändern, wenn nicht jetzt, wann dann? Wir alle müssen das mit Nachdruck fordern, wenn nicht wir, wer dann?

Wir plädieren dafür, die längst digitale reale Welt in die analoge Schulwelt zurückzuholen und mit ihr zu verbinden, wie das in den 1980er-Jahren noch funktioniert zu haben scheint, anstatt die digitale gegen die analoge Welt abzugrenzen. Mobiltelefone kamen Mitte der 1990er-Jahre auf und ihre Nutzung ist noch heute in vielen Schulen verboten. Der Rückstand der Bildung hat sich damit verfünffacht, von einem halben Jahrzehnt auf mehr als ein Vierteljahrhundert. Es kann nicht sein, dass in einem Land, welches sich selbst als fortschrittlich versteht und immer noch weitgehend vom Verkauf technischer Produkte lebt, das so bleibt.

Heute hat fast jeder, auch Lehrkräfte und gerade Lernende, immer und überall ein kleines und leichtes Gerät dabei, mit dem man gleichzeitig auf einen großen Teil des Wissens der gesamten Menschheit zugreifen und mit dem man mit unglaublich vielen Menschen synchron oder asynchron kommunizieren kann und welches ganz nebenbei auch noch einen wissenschaftlichen Rechner enthält. Digitale Medien ermöglichen Zugänge, die vor noch nicht einmal einer Generation undenkbar waren. Das muss endlich Konsequenzen auch für den Mathematikunterricht haben. Denn sonst läuft der technische Fortschritt den Kompetenzen der Menschen davon (Schleicher 2019, S. 277) bzw. ist das schon geschehen und es ist an der Zeit, den technischen Fortschritt wieder wenigstens ein Stück weit einzuholen. Ein Rückstand von einem halben Jahrzehnt wie damals in den 1980er-Jahren kann nicht das Ziel sein, wäre aber akzeptabel.

Anlässlich mehrerer herumliegender Smartphones zeigte bei einem geselligen Beisammensein ihrer Eltern mit Parallelerziehenden eine Zweijährige auf ein bestimmtes Gerät und verkündete, obwohl sie noch keinen vollständigen Satz sprechen konnte: „Will Apfel-Handy“. War „Auto“ in den 1960er-Jahren das dritte Wort, das Kleinkinder nach „Mama“ und „Papa“ aussprechen konnten, ist es heute „Handy“. Dieses kleine Mädchen hat bereits ihrer umgebenden Welt abgeschaut, dass das Mobiltelefon und der damit verbundene Zugriff auf digitale Inhalte für ihre Mitmenschen einen sehr hohen Stellenwert haben, und sogar, dass es da gewisse Unterschiede gibt.

Bedenkt man die Langsamkeit von Veränderungen im Bildungssektor, dann ist die Bemerkung nicht ganz falsch, dass wir dieses Buch auch für die zukünftigen

gen Lehrkräfte genau dieser Zweijährigen geschrieben haben, die dann hoffentlich mehr zu denen gehören, die etablierte Routinen weiterentwickeln, und weniger zu denen, die um eigentliche Selbstverständlichkeiten kämpfen müssen.

Dieses Buch soll kein blindes Befürworten des Einsatzes digitaler Medien vermitteln, sondern es richtet den Fokus auf die enormen Potenziale digitaler Medien für den Unterricht, insbesondere an Stellen, wo analoge Medien an ihre Grenzen gestoßen sind. Denn wir können die Lernenden von heute nicht länger nur mit Methoden, Medien und Verboten von gestern auf die Welt von morgen vorbereiten.

Wir wollen nicht den Eindruck erwecken, dass wir davon ausgingen, digitaler Mathematikunterricht, wie wir ihn in diesem Buch beschreiben, sei schon überall an allen Schulen möglich. Aber es ist allerhöchste Zeit, sich auf diesen Weg zu machen.

Die Coronapandemie 2020 und in der Folgezeit zeigte schonungslos und sehr schmerzhaft, welche erheblichen Versäumnisse sich in Bezug auf digitale Medien in der Bildung aufsummiert hatten. Mit enormem Einsatz kämpften Lehrkräfte und Lernende darum, binnen kürzester Zeit die seit mehr als zwei Jahrzehnten versäumte digitale Medien- und Schulentwicklung aufzuholen. Plötzlich war die Politik bereit, überzogene und hemmende Vorschriften und Verbote zeitweise auszusetzen und für Bildung Milliarden Euro bereitzustellen. Jedoch darf die Gefahr nicht übersehen werden, dass finanzielle Ressourcen in Entwicklungen investiert werden könnten, die sich als nicht nachhaltig erweisen werden. Dieses Buch wird unter anderem zeigen, dass gute digitale Bildung nicht teuer sein muss.

Entscheidend wird eine Lehrkraft sein, die zuerst den Mut hat und die Notwendigkeit sieht, die Potenziale digitaler Medien zu nutzen, sowie die Bereitschaft aufbringt, sich erfolgreich durch die zunehmende Vielfalt digitaler Angebote hindurchzuarbeiten. Und die trotzdem nicht vergessen hat, was die Qualität von Mathematikunterricht ausmacht, analog wie digital. Dieses Buch wird der Leserschaft die digitalen Potenziale für Mathematikunterricht, die richtigen Werkzeuge und gelungene Praxisbeispiele bieten. Es möchte dazu beitragen, dass die Leserschaft die Begeisterung von Mathematiklernenden im schulischen Umgang mit digitalen Medien selbst erlebt, die dabei die Ästhetik der Mathematik in ihrer Umwelt entdecken und teilen.

Wir beschreiben das so, dass die Leserschaft unsere Erkenntnisse und Erfahrungen auf ihren eigenen Unterricht übertragen kann. Deshalb ist es auch in einer Sprache geschrieben, die nicht nur Informatiker und „Digital Natives“ verstehen, sondern auch diejenigen, die Wissenslücken schließen wollen und die eher Zurückhaltung üben, irgendwelche Apps auf ihr Handy zu laden, die aber eingesehen haben, dass sich bezüglich Digitalität an den Schulen vieles ändern muss, und zwar schnell.

Und es war uns wichtig, digitalen Mathematikunterricht in ein bestehendes pädagogisches und didaktisches Konzept nachvollziehbar einzubetten. Das Anliegen dieses Buches ist also weniger auf Technik oder Informatik bezogen, sondern es geht darum, Rückstände aufzuholen und die schulische Bildung wieder näher an die Lebenswirklichkeit heranzuführen, wie das in der Vergangenheit möglich war. Wir möchten auch aufzeigen, welche Voraussetzungen dafür nötig sind.

Was wir nicht wollen, ist, nach der Coronakrise ein Buch nachzureichen, das man in der Krise gebraucht hätte. Aber der Schock bezüglich der Rückständigkeit des Bildungssystems hat deren Wahrnehmung verändert und dieser Perspektivwechsel muss genutzt werden, um Versäumnisse der Vergangenheit zügig aufzuholen. Im Vordergrund steht eine Konzeption von Mathematikunterricht für heute und morgen. Digitaler Mathematikunterricht ist keine Alternative, sondern der Begriff beschreibt die Richtung, in die sich Mathematikunterricht öffnen muss und wird, ohne Bewährtes infrage zu stellen. Digitalität ist außerhalb der Schulen längst Alltag und sie muss endlich auch in den Schulen stattfinden. Weil Digitalität technisch zu fast hundert Prozent auf Mathematik basiert, ist dieses Thema ein Thema vor allem des Unterrichtsfaches Mathematik.

In technischer Hinsicht wird schulische Bildung immer hinter dem außerschulischen Alltag hinterherlaufen müssen. Aber der Abstand ist jetzt schon viel zu groß geworden. Digitaler (Mathematik-)Unterricht ist auch ein Thema, wie in der Vergangenheit Versäumtes zügig aufzuholen ist, ohne dabei hastig und unreflektiert vorzugehen.

Robert Storz
Reutlingen und Eckernförde 2022

Florian Schneider
Freiburg 2022

Fabrice Takin
Stuttgart 2022

1 Einstiegsbeispiel: Authentisches Modellieren

Unsere ganze Kultur ist voller Mathematik, und oft fehlt vielen Menschen der Blick dafür, dass das so ist. Mathematik hat heute zu allen Lebensbereichen Verbindungen oder schafft meistens sogar die Grundlagen. Nicht einmal Natur, Musik oder Malerei, die bei oberflächlicher Betrachtung Gegenpole zur Mathematik zu bilden scheinen, lassen sich ohne Mathematik hinreichend verstehen. Deshalb ist man seit vielen Jahren bemüht, den Mathematikunterricht näher an den außerschulischen Alltag zu rücken und aus der überall vorkommenden Mathematik Lernanlässe zu schöpfen, Kontexte zu nutzen.

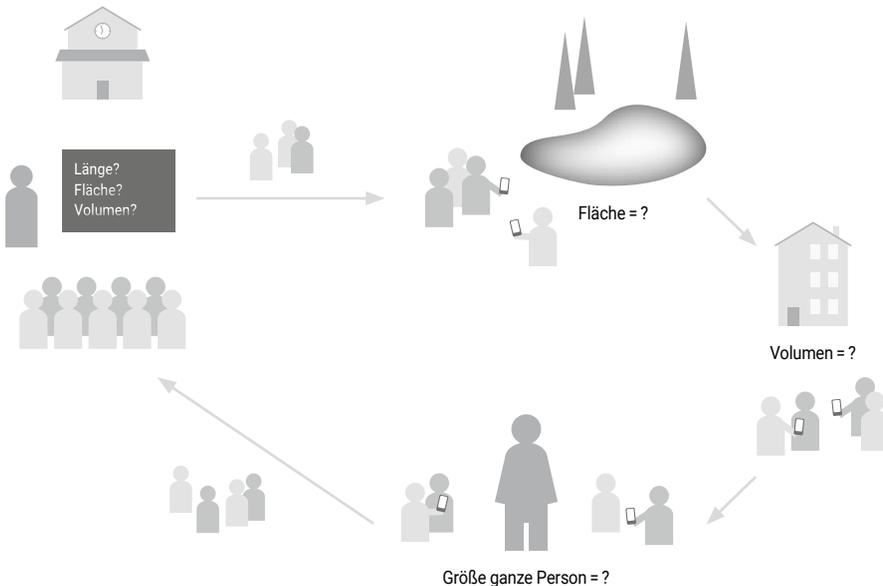


Abb. 1.1: Die Grundidee von MathCityMap

Aus solchen Erkenntnissen ist die Überzeugung gewachsen, dass das Modellieren, also die Übertragung von Alltagsfragen in die Mathematik und deren Beantwortung mithilfe der Mathematik, in hohem Maß Bestandteil von Mathematikunterricht sein muss. Deshalb verlangen alle Bildungspläne, die Kompetenz *Mathematik modellieren* zu fördern.

Mit „Modellieraufgaben“ oder genauer vor allem „Fermi-Aufgaben“⁶ wurden zwar außerschulische Fragestellungen in den Unterricht hineingenommen. Es waren Aufgaben der Art:

- Wie viele Personen sitzen in einem x Kilometer langen Stau?
- Wie viel Mehrverbrauch an Wasser verursacht ein tropfender Wasserhahn im Zeitraum eines Jahres?
- Wie viel Zeit verbringst du in deinem Leben in der Schule?
- Welchen Anteil deines Lebens verbringst du im Schlaf?
- Wie hoch oder wie schwer ist die Statue, die ein beigefügtes Foto zeigt?

Sie wurden aber weitgehend mithilfe von Medien wie Arbeitsblättern, Plakaten und Tafelanschriften innerschulisch analog bearbeitet.

In dem Beispiel hier wird ein anderer Weg gegangen. Die Lerngruppe geht raus aus der Schule und digitale Medien werden eingesetzt, um Fragestellungen, die sich im außerschulischen Leben ergeben können oder könnten, auch genau dort zu bearbeiten und zu beantworten. Dadurch gewinnen die Aufgaben an Authentizität. Inhaltlich geht es weitgehend um die Leitideen *Messen* und *Raum und Form*. Bei den prozessbezogenen Kompetenzen wird im Kern die Kompetenz *Mathematisch modellieren* gefördert, flankiert von den Kompetenzen *Mathematisch kommunizieren* und *Mathematisch argumentieren*. Natürlich sind auch die hier beschriebenen Fragen didaktisch bedingt, und man würde viele davon ohne Mathematikunterricht wahrscheinlich nicht stellen. Aber sie bringen die Lernenden im Blick auf den Alltag stärker weiter als im isolierten Blick auf die Mathematik.



Abb. 1.2: MCM-Karte von Stuttgart
© MathCityMap 2022

6 Die Bezeichnung geht auf den italienischen Physiker Enrico Fermi (1901–1954) zurück. Fermi-Aufgaben sind offene Aufgaben, die zu wenige Informationen enthalten, um sie direkt lösen zu können. Sondern man löst sie, indem man Annahmen und Schätzungen vornimmt und durch Überschlagen und Runden Näherungslösungen erarbeitet. Fermi-Aufgabe führen nicht zu einer einzigen eindeutigen Lösung, sondern eine richtige Lösung einer Fermi-Aufgabe besteht aus einer Argumentationskette, die den Adressaten überzeugt.

Mobiles Lernen in Form mathematischer Wanderwege gab es im englischen Sprachraum schon in den 1980er-Jahren (Gurjanow u. a. 2019, S. 95). Die App *MathCityMap* (MCM)⁷ ist eine interessante Wiederaufnahme dieser Idee. Grundgedanke ist, die Umwelt aus einer mathematischen Perspektive zu entdecken und zu erleben (Abb. 1.1). Kombiniert wird die Idee mit modernen Technologien, wie GPS-Lokalisierung und netzbasierter interaktiver App. Diese beinhaltet eine einfache Chat-Funktion, bis zu drei gestufte Lösungshilfen, ein Feedbacksystem für die Kontrolle der Lösungen sowie eine wachsende MCM-Community mit mittlerweile über 1400 geprüften Pfaden (Stand 28.01.2022). Alle Aufgaben lassen sich mithilfe der allgemeinbildenden Schulmathematik lösen und sind nach Jahrgangsstufen sortiert.

In der MCM-App sind auf einer Karte (Beispiel für Stuttgart in Abb. 1.2) interessante Objekte markiert – in der Regel zehn – und jedes ist mit einer mathematischen Modellieraufgabe verbunden. Der Anwender erlebt die dahinterstehende Mathematik durch Schätzen, Messen, Umsetzen eigener Ideen, Abstrahieren und Berechnen. Abgerundet werden die Aufgaben durch ein motivierendes Spielszenario.



Abb. 1.3: Vorstellung MCM Video

Die eigentlichen Objekte in MCM entstammen der realen Lebenswelt und ermöglichen einen enaktiven Zugang. Fragestellungen und die Karte können zwar ausgedruckt werden, jedoch ist es nicht möglich, die Aufgaben analog oder aus der Distanz, also quasi im Klassenzimmer, zu lösen.

Außer der hier beschriebenen Möglichkeit, einen bereits bestehenden mathematischen Wanderweg über die App aufzusuchen, können Lehrkräfte über das Portal auch selbst Wanderwege erstellen, zum Beispiel indem sie direkt in Schulumnähe Wege kreieren, deren Nutzung dann besser in das Korsett eines bestehenden Stundenplans passt und keine Stundenverlegungen notwendig macht. Dazu mehr in Kap. 10.4.

Unabhängig von dieser Entscheidung bietet es sich an, die Lernenden in kleinen, heterogenen Gruppen die Lernwege entdecken zu lassen. Die Lernobjekte geben genügend Anlässe, um mathematisch zu argumentieren und zu kommunizieren. Insbesondere in Kleingruppen sind kritisches Denken und Kreativität gefordert, gepaart mit kollaborativem und kommunikativem Handeln. Dadurch werden direkt die digitalen Kompetenzen gefördert (siehe 4K-Modell Kap. 2.2.3).

⁷ *MathCityMap* ist ein Projekt, das seit 2012 auf einer Initiative von Matthias Ludwig gründend, an der Goethe-Universität Frankfurt beheimatet ist und inzwischen weltweit Partnerschaften pflegt.

Die Gruppen starten an unterschiedlichen Aufgabenobjekten, damit die Merkmale der Sozialform Gruppenarbeit gewährleistet sind, also wirklich in Gruppen gearbeitet wird ohne nennenswerten Austausch der Gruppen untereinander. Von da an werden die Gruppen von den digitalen Unterstützungssystemen geführt und begleitet. Als Abschluss werden vor Ort oder auch zurück in der Schule die unterschiedlichen Vorgehensweisen der Gruppen und die Lösungsvielfalt als Gesprächsanlässe für Reflexionen genutzt.

Herzstücke von *MathCityMap* sind die kognitiv aktivierenden Modellierungsaufgaben sowie die digitalen Unterstützungssysteme. Die Skulptur „Der Denker“ in der Stuttgarter Innenstadt lädt beispielsweise dazu ein, sich zu überlegen, wie groß die ganze Person wäre, wenn sie nicht den Rumpf verloren hätte. Das Foto (Abb. 1.4) allein wäre für eine analoge Bearbeitung der Aufgabe wenig geeignet, weil es keine Hilfe anbietet, um die Größenordnung einzuschätzen. Der Baum und das Gebäude taugen nicht als Vergleichsgrößen, weil es keinen zuverlässigen Hinweis auf die Entfernung zwischen den Objekten gibt. Man könnte für ein Foto beispielsweise eine Person neben die Skulptur stellen, würde damit aber wiederum die Modellierung weitgehend vorgeben.

Weil die Lernenden aber vor Ort sind, werden sie unmittelbar veranlasst, selbst nach Vergleichsgrößen zu suchen und argumentativ deren Tauglichkeit zu begründen. Wenn sie dann auch eine Person als Größenvergleich neben die Skulptur stellen, haben sie das selbst gedacht und nicht nur nachvollzogen.

Eine Gruppe überraschte, indem sie die Hand als Vergleichsgröße vermaß. Das Argument, die Hand sei leichter zu vermessen als der Kopf, überzeugte. Eine Lernende entgegnete, dass der Messfehler bei einer kleineren Länge aber stärker ins Gewicht fallen würde als bei der Kopfgröße. Letztendlich verfolgte die Gruppe beide Ansätze. Eine weitere Gruppe versuchte es mit einer Schätzung und argumentierte mit der Größe des Baumes hinter der Skulptur. Ihre grobe Schätzung von zehn Metern traf in diesem Fall sogar annähernd zu. Warum? Wohl weil die Schätzung vor Ort vorgenommen wurde und die Lernenden dem Baum unmittelbar gegenüberstanden, um ihn herumlaufen und ihn aus mehreren Perspektiven betrachten konnten.



Abb. 1.4: Skulptur „Der Denker“ in Stuttgart © MathCityMap 2022

Als Lehrkraft kennt man das Bedürfnis, sich selbst am liebsten aufteilen zu können, um mehrere Lernende oder Gruppen Lernender zeitgleich zu unterstützen. Durch die App bekommen die Lernenden Unterstützung per Klick und man hat als Lehrkraft an Freiheit dazugewonnen. Denn per Handy kann man jederzeit nachprüfen, was die anderen Gruppen, die man gerade nicht sieht, bisher gemacht haben.

Einige Lerngruppen fanden zunächst keine Idee, für sie war die Hürde des Problemlösens zu hoch. Sie nutzten dann die Möglichkeit, sich bis zu drei gestufte Hinweise in der App anzeigen zu lassen.

Der erste Hinweis (Abb. 1.5) beschreibt den Lösungsansatz, über annähernd gleiche Körperproportionen aller Menschen zum Ergebnis zu kommen. Dadurch kam einer Gruppe die nötige Erkenntnis und sie konnte selbstständig fortfahren. Sie bestimmte das Verhältnis von Kopfgröße zu Körpergröße, aber nicht nur von einem einzelnen Lernenden, wie von der Hilfe vorgeschlagen, sondern sie berechneten den Durchschnitt der ganzen Gruppe.

Die Lehrkraft notierte sich, dass sie die Studie über Körperproportionen von Leonardo da Vinci (1452–1519) und den Goldenen Schnitt (Abb. 1.6) später beim Erkunden als Einstieg in das Thema „Ähnlichkeit“ hinzuziehen und den Lernenden eine Brücke zu ihren heute gemachten Erfahrungen bauen wird. Interessiert ließ sie sich dann erklären, wie die Lernenden die Höhe des Kopfes mithilfe ihres Smartphones gemessen hatten. Damit konnten sie auch untersuchen, wie zuverlässig ihre App zum Messen von Längen ist.



Abb. 1.5: Hinweis 1
© MathCityMap 2022

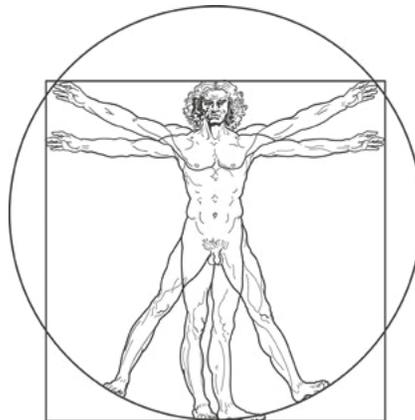


Abb. 1.6: Körperproportionen nach Leonardo da Vinci
© «Mysticalink»/stock.adobe.com

Eine andere Lerngruppe verstand den Hinweis, konnte ihn aber nicht in eine zielführende Handlung übertragen. Hier leistete der zweite Hinweis der App (Abb. 1.7) Abhilfe. Dieser beschreibt die konkrete Tätigkeit, die eigene Kopfhöhe auszumessen, um das eigene Körperverhältnis zu bestimmen. Interessanterweise gewann eine Lerngruppe erst Klarheit über die Aufgabenstellung, während sie mit der praktischen Durchführung dieses Hinweises beschäftigt war. In dieser Gruppe zeigte sich, dass das kognitive Begreifen an die enaktive Handlung gekoppelt ist. Und die beobachtende Lehrkraft setzte ein Ausrufezeichen hinter ihre Notiz „Da Vinci!“.

Der dritte Hinweis (Abb. 1.8) liefert das Verhältnis als Zwischenergebnis. Die anfangs mehrstufige Aufgabe wird somit verkürzt und eine Teilergebniskontrolle wird möglich. Durch diesen Hinweis lässt sich auch eine Fehleranalyse schneller vollziehen. Gab es einen Messfehler oder Rechenfehler beim Bestimmen des Verhältnisses oder erst beim Übertragen des Verhältnisses auf den „Denker“?



Abb. 1.7: Hinweis 2
© MathCityMap 2022



Abb. 1.8: Hinweis 3
© MathCityMap 2022

Aber auch nach drei Hinweisen bleibt die Minimalanforderung zumindest, eine Größe sinnvoll zu messen und mithilfe des Verhältnisses die Größe des „Denkers“ zu berechnen, die nicht alle Gruppen erfüllen.

Bloßes Raten stellt als Lösungsstrategie keine zielführende Option dar, es muss schon geschätzt werden und dafür braucht man Referenzgrößen, und auch bei diesem Beispiel hilft eine unkritische Übernahme eigener Rechengebnisse nicht weiter. Jede zu stark abweichende Eingabe bestraft die App mit Abzugspunkten, denn jeder Wanderweg ist mit einer Wettbewerbsfunktion ausgestattet, die die Motivation zusätzlich steigern soll. Bei der Begegnung mit anderen Gruppen werden Punktezwischenstände verglichen.

Besonders interessant ist das Feedback, das die Gruppen zu ihrer Modellierung in Echtzeit bekommen. Beim Modellieren gibt es nicht die eine Lösung, es gilt nicht „richtig“ oder „falsch“, sondern es werden Annahmen getroffen, die realistisch sein und dadurch überzeugen können sollten. Aufgrund dieser Annahmen werden Berechnungen durchgeführt, die für sich dann schon eher richtig oder fehlerhaft sein können. Diese Konstellation verbietet einen Lösungsvergleich.

Während des Modellierens bekommen die Lernenden über den Text und über die Farben Grün, Gelb und Rot Rückmeldungen, ob die Lösungen als treffend, akzeptabel oder falsch eingestuft werden. Die Rückmeldungen können auch von der Lehrkraft eingesehen werden, sodass sie sich mithilfe der Farben sehr schnell einen Überblick verschaffen kann, welche Gruppe welche Station bearbeitet hat, mit welchem Erfolg, und welche ausgelassen wurde.

Die Rückmeldungen können den Validierungsprozess anstoßen, müssen aber nicht. Deshalb ist die Lehrkraft dabei und deshalb bietet die App Hilfen auf drei Niveaustufen an. Auf jeden Fall bietet die Methode der Lösungsintervalle eine praktikable Möglichkeit, die Richtigkeit auch offener Aufgaben zeitökonomisch, glaubwürdig und nachprüfbar festzustellen.

Orientiert man sich im Modellierungskreislauf (Abb. 1.9), dann fällt rasch auf, was die App auf jeden Fall hervorragend leistet: Sie erleichtert den Einstieg in das Modellieren, weil sie nicht nur die reale Situation repräsentiert, sondern weil das Lernen tatsächlich in der realen Situation stattfindet und weil die darauf folgende Vereinfachung zum realen Modell fast zwangsläufig ebenfalls auf einer enaktiven Ebene stattfindet, denn auch das reale Modell wird vor Ort, also in der Realität, erstellt. Und danach wird der Modellierungskreislauf komplett durchlaufen.

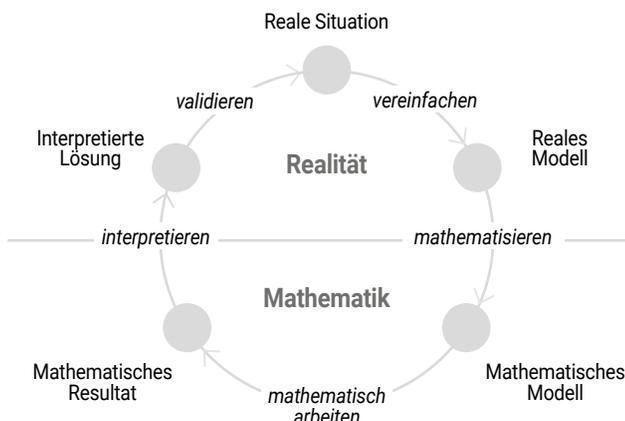


Abb. 1.9: Modellierungskreislauf nach Storz 2018, S. 110

Beim Schritt *Validieren* fördert die App nicht unbedingt den Kompetenzaufbau, gibt den Lernenden aber eine hilfreiche Rückmeldung: Deine Modellierung konnte ganz/teilweise/nicht überzeugen. Gegebenenfalls beinhaltet das eine Aufforderung, den Kreislauf ein zweites Mal zu betreten. Für die Begründung der Rückmeldungen und die Ableitung von persönlichen Konsequenzen ist dann wieder analoger Präsenzunterricht nötig, der seine Berechtigung immer behalten wird.

Gute digitale Bildung muss nicht automatisch teuer sein. Die Nutzung der hier vorgestellten App ist kostenlos, darüber hinaus ist die App werbefrei und datenschutzkonform (vgl. Kap. 7.1). Für den Unterrichtseinsatz reicht ein Smartphone pro Gruppe aus, wenn mehrere vorhanden sind, schadet das nicht. Datenvolumen wird nicht benötigt, alle Trails lassen sich vorab für den Offline-Einsatz downloaden.

Die Lernenden sind hier keine passiven Konsumenten eines digitalen Mediums, sondern sie bringen ihre konstruktiven Überlegungen in einen Austausch mit parallel Lernenden ein (vgl. ICAP-Modell Kap. 9.2.9), lernen also, wie sie das aus ihrem Alltag nicht wegzudenkende digitale Gerät für andere als die bisher gewohnten Zwecke sinnvoll nutzen können.

Seit 2019 gibt es das „Digitale Klassenzimmer“ als Erweiterung. Anfangs hat die Lehrkraft in der Durchführung eine zentrale Beobachtungsposition eingenommen, indem sie mit dem Fahrrad von Gruppe zu Gruppe gefahren ist. Mit dem digitalen Klassenzimmer kann die Lehrkraft nun in der Nutzerübersicht die GPS-Position der Teilnehmer kontrollieren. Über einen Code treten die Lernenden einer „Session“ bei. Verschiedenfarbige Pins zeigen an, welche Aufgaben sehr gut, gut, schlecht, abgebrochen, übersprungen oder gar nicht bearbeitet wurden. Alle Eingaben sind für die Lehrkraft wie für die

Lernenden sichtbar. Die Lehrkraft kann per Chat-Funktion spezielle Hinweise einzelnen Teilnehmern oder auch an die ganze Klasse geben.



Abb. 1.10: Impressionen vom Wanderweg Stuttgart

2 Allgemeinbildung im Wandel

2.1 Was ist Allgemeinbildung?

In diesem Buch geht es um Mathematikunterricht an allgemeinbildenden Schulen. Es ist vorab zu klären, was „Allgemeinbildung“ eigentlich ist. Wenn „Bildung“ individuell unterschiedlich initiiert und strukturiert ist, ist dann „Allgemeinbildung“ eher verordnet und für alle gleich? Ist Allgemeinbildung folglich alles, was man in den „allgemeinbildenden Schulen“ lernt, bleibt also der Bildungswert alles Traditionellen somit unantastbar, nur weil es gelehrt wird: schriftliche Rechenverfahren, binomische Formeln, Trigonometrie, Mitternachtsformel? Und verändern sich Bildungsinhalte eigentlich und wenn ja, in welchem Tempo und nach welchen Kriterien?

Allgemeinbildung sollte im Spannungsfeld zwischen ursprünglich zweckfreier Bildung und Lebensvorbereitung einen angemessenen Platz einnehmen. „Allgemeinbildung ist so zu konzipieren, dass sie individuelle Bildung in großer Vielfalt möglich macht. Allgemeinbildung muss Raum lassen für eine Fülle unterschiedlicher, eventuell auch konkurrierender individueller Bildungsideale“ (Heymann 1996/2013, S. 46).

Faktenwissen und die Beherrschung von Routineverfahren haben als (Allgemein-)Bildungsinhalte an Bedeutung verloren, weil beides zunehmend von technischen Hilfsmitteln übernommen wird. Was dagegen an Bedeutung zugenommen hat, sind Aspekte der Flexibilität, der Kritikfähigkeit, der Teamfähigkeit und der Bereitschaft zur Zusammenarbeit mit anderen. In der Zukunft wird immer weniger die Wiedergabe vorhandenen Wissens gebraucht, sondern immer mehr die Generierung neuen Wissens und dessen Vernetzung. Bildung muss auch auf Berufe vorbereiten, die es heute noch nicht gibt, auf Technik, die noch nicht erfunden wurde, und auf die Lösung sozialer Probleme, deren Entstehen man heute noch nicht ahnt (Schleicher in Fadel u. a. 2017, S. 1). Grundsätzlich neu sind diese Aspekte nicht, sie nehmen nur an Dynamik zu. Dies alles kann aber immer nur im Ansatz gelingen. Denn jedes noch so perfekt zusammengestellte Konglomerat an Bildungsinhalten ist bereits veraltet, sobald es fertiggestellt ist. Jeder Gegenstand, der heute großen praktischen Nutzen verspricht, kann schon morgen unnütz sein. Wer es etwa fahrschulmäßig perfekt beherrscht, ein Auto rückwärts in eine enge Parklücke zu rangieren, hat einen Vorteil gegenüber demjenigen, der das nicht kann. Der Vorteil ist dahin, wenn das Auto selbst einparken kann. Trotzdem ist es für Autofahrende sinnvoll, händisch einparken zu können, solange es noch Autos ohne Parkassistenzsystem gibt.

Dass die Vermittlung der „Kulturtechniken“ Lesen, Schreiben und Rechnen zur Allgemeinbildung nicht nur dazugehört, sondern sie trägt, ist unstrittig. Dabei umfasst Lesen nicht nur die Fähigkeit, vorliegende Texte in gesprochener Sprache wiederzugeben, sondern man muss den Texten auch Sinn entnehmen, sie beurteilen und verarbeiten können. Schreiben beschränkt sich nicht auf das mechanische Abschreiben, sondern beinhaltet das Verschriftlichen eigener Gedanken in zielgruppengerechter Form. Zum Rechnen gehört nicht nur das Beherrschen von Rechenverfahren, sondern man muss auch selbst entscheiden können, welche Verfahren zielführend sind, und man muss über die Richtigkeit der Ergebnisse befinden können.

Mit der Digitalität, also dem Umgang mit digitalen Geräten und Informationen, ist eine vierte Kulturtechnik hinzugekommen. Wenn Lernende in der Schule die Erfahrung machen, dass sie mit digitalen Endgeräten kompetenter und routinierter umgehen können als manche Lehrkräfte, und ihnen gleichzeitig verboten wird, diese Geräte in der Schule zu nutzen, dann treibt das einen Keil zwischen Schule und das, was die dort Lernenden unter Allgemeinbildung verstehen, auch wenn sie dafür andere Wörter benutzen.

Digitale Kompetenzen sind heute in fast jedem Beruf erforderlich und selbstverständlich, die Gestaltung des Alltags und die Pflege sozialer Kontakte sind ohne digitale Unterstützung nur schwer vorstellbar. Deshalb muss die Digitalität als Kompetenz in den Allgemeinbildungsbegriff aufgenommen werden, und zwar nicht additiv, sondern integrativ. Das beschränkt sich nicht auf Fragen des Medieneinsatzes, sondern macht eine längst fällige Anpassung des Allgemeinbildungsbegriffs deutlich.

2.2 Überfachliche Kompetenzen

2.2.1 Schlüsselkompetenzen

Bildung und Schule haben sehr alte Wurzeln, und gewisse Merkmale von Bildung haben sich über Jahrhunderte nicht wesentlich verändert. „Überall auf der Welt ist der Unterricht entlang der Grenzen von Fächern aufgeteilt“ (Fadel u. a. 2017, S. 95). Die Einsicht ist nicht neu, dass der Fächerkanon, auch wenn er einem stetigen Wandel unterliegt, nicht die Gesamtheit dessen abbildet, was in der Schule gelernt werden sollte. Deshalb gibt es schon lange immer wieder geäußerte und immer weiter reichende Überlegungen und Forderungen, nicht nur das Wissen, das Schule vermitteln soll, ständig neu zu bewerten und zu gruppieren, sondern dass die Lernenden über den Wissenserwerb hinaus Kompetenzen erwerben müssen, die durch die Einteilung der Bildung in Unterrichtsfächer nicht erfasst werden.

Es sind vor allem die Abnehmer der Absolventen allgemeinbildender Schulen, also Berufsschulen, Hochschulausbildung und Wirtschaft, die diesbezüglich Erwartungen äußern und mit Modellen kommunizieren. Die Erkenntnis, dass Inhalte nicht ausschließlich fachbezogen unterrichtet und gelernt, sondern dass Chancen zu Vernetzungen der Fächer genutzt werden sollten, ist weder neu, noch kann ihr ernsthaft widersprochen werden. Denn auch das außerschulische Leben, auf das schulisches Lernen vorbereiten soll, ist bei Weitem nicht nach Fächern unterteilt. Die Modelle wandeln sich, was auch mit einer zunehmenden Bedeutung englischsprachiger Literatur für die deutsche Pädagogik zusammenhängt, ergänzen sich aber mehr, als dass sie sich widersprechen würden. Man sollte bei dem Ansinnen, Modelle aus der Berufsausbildung auf das allgemeinbildende Schulwesen zu transformieren, behutsam sein, denn es sind zwei Unterschiede zu beachten:

- Berufsausbildung ist weniger auf Differenzierung angewiesen als allgemeine schulische Bildung, weil die Zielgruppen aufgrund getroffener Berufswahl und vorhandener Zugangsvoraussetzungen wesentlich homogener sind, als sie es in allgemeinbildenden Schulen je waren oder sein werden.
- Bei nicht erfolgreichem Verlauf der Berufsausbildung droht der Zielgruppe früher und konsequenter ein Abbruch, als dies in den allgemeinbildenden Schulen der Fall ist. Mag die Motivation auch extrinsisch sein, so muss sich eine Lehrkraft in der Berufsausbildung über die Motivation der Lernenden doch weniger Gedanken machen als eine andere an einer allgemeinbildenden Schule.

Schon in den 1950er-Jahren gab es (nicht nur in Deutschland) Überlegungen und Erkenntnisse, dass beruflicher Erfolg nicht ausschließlich von eng berufsbezogenen Kompetenzen abhängt, sondern dass es übergreifende Kompetenzen gibt, die von Bildung mit berücksichtigt und gefördert werden müssen.⁸ Der Arbeitsforscher Dieter Mertens (Mertens 1974, S. 36 ff.) prägte in den 1970er-Jahren den Begriff der Schlüsselqualifikationen als zum Wissenserwerb querliegende Kompetenzen. Damit werden „grundlegende, fachunabhängige Qualifikationen“ beschrieben, die die Lernenden befähigen, „disponibel handeln zu können“ (Hüttner 2009, S. 54). Man könnte es auch so ausdrücken, dass damit „Tugenden“ als Schlüssel zur Verwendbarkeit von Gelerntem gemeint sind, und zwar sowohl solche, die auf individuelles, als auch solche, die auf soziales Handeln bezogen sind (Hüttner 2012, S. 6).

Schlüsselqualifikationen sind nicht nur die „altmodischen“ (Reibold/Regier 2009, S. 14) Sekundärtugenden wie Pünktlichkeit, Sauberkeit, Reinheit, Ord-

⁸ Ralf Dahrendorf (Dahrendorf 1956) unterschied schon 1956 berufliche Qualifikationen in funktionale und extrafunktionale Qualifikationen (Bodensohn 2001, S. 23)

nungssinn, Gewissenhaftigkeit, Loyalität, enthalten diese aber durchaus als Teilmenge.

Mit der Einsicht, dass sich Schulunterricht mehr an Kompetenzen als an Wissen orientieren sollte, wurden aus den „Schlüsselqualifikationen“ dann „Schlüsselkompetenzen“. Das ist mehr als eine Angleichung der Begriffe, sondern der Begriff „Schlüsselkompetenz“ stellt den Aspekt der Eigenaktivität der Lernenden mehr in den Vordergrund: Man kann jemanden „qualifizieren“, aber man kann niemand „kompetenzieren“. Qualifikationen sind oft isoliert oder fokussiert und können vielen Lernenden gleichzeitig „beigebracht“ werden. Kompetenzen werden vom einzelnen Lernenden selbst erworben, das umso leichter, je günstiger die Bedingungen sind, die dafür geschaffen wurden. Auch hier wird der Unterschied zwischen beruflicher und schulischer Ausbildung deutlich. Hartmut von Hentig (Hentig 2004, S. 13) zählt zu den Schlüsselkompetenzen (Abb. 2.1) für die allgemeinbildenden Schulen

- personale Kompetenz,
- Sozialkompetenz,
- Methodenkompetenz,
- Fachkompetenz.



Abb. 2.1: Schlüsselkompetenzen

Personale Kompetenz

Der wichtigste Aspekt personaler Kompetenz ist die individuelle Einstellung zum Lernen. In der Schule äußert sich das in grundsätzlicher Lern- und Leistungsbereitschaft, man könnte es auch Neugier nennen, also der Be-

reitschaft zu lernen ohne Aussicht auf direkte Belohnung. In der Berufsausbildung äußert sich diese Einstellung als Interesse am gewählten Beruf (Reibold/Regier 2009, S. 3), was man als spezialisierte Form von Neugier auffassen kann.

Gerade an dieser Stelle wird aber deutlich, dass das gar nicht so einfach ist. Denn heute kann kaum jemand mehr davon ausgehen, dass er einen einmal gewählten Beruf, auf den er neugierig ist, ein Berufsleben lang ausüben wird. Bereits vor der Jahrtausendwende arbeiteten 50 % der in Deutschland Ausgebildeten nicht im ursprünglich erlernten Beruf (Heidegger 1996, S. 102). Dieser Anteil wird mit Sicherheit weiter steigen. Wer im erlernten Beruf bleibt, wird im Laufe seines singulären Berufslebens höchstwahrscheinlich stark veränderte Tätigkeiten ausüben. Die Bereitschaft, Veränderungen zu akzeptieren und mitzutragen und ein Leben lang dazuzulernen, gehört also unmittelbar zu den personalen Kompetenzen.

Wer aus Freude an der Holzbearbeitung Tischler geworden ist, baut später wahrscheinlich in einem großen Teil seiner Arbeitszeit fertig gelieferte Fenster und Türen aus Kunststoff in Häuser ein. Gelernte Maurer rühren nur noch in Ausnahmefällen Mörtel an und legen Backsteine zum Verbund. Und wer heute eine Ausbildung zum Buchbinder absolviert, hat sich zwar für eine interessante Tätigkeit entschieden, hat aber mit Abschluss der Berufsausbildung die Frage noch nicht geklärt, wovon er seinen Lebensunterhalt bestreiten wird. In der Zukunft werden solche Veränderungen in noch größerem Tempo stattfinden. Das Interesse am Beruf ist für eine erfolgreiche Berufsausbildung immer noch eine notwendige, aber nicht mehr hinreichende Voraussetzung.

In der allgemeinbildenden Schule kommt der Aspekt hinzu, dass sich die Lernenden nicht bewusst dafür entschieden haben, sondern dass sie an schulischer Bildung großenteils teilnehmen, weil sie das müssen und weil sie einen Abschluss erreichen wollen. Das steht in krassem Gegensatz zu Ländern zum Beispiel in Afrika, in denen Schulbesuch als etwas sehr Wünschenswertes, sogar als Privileg, betrachtet wird. Allgemeinbildende Schule in Deutschland ist aber gezwungen, Neugier und Lernbereitschaft überhaupt erst zu wecken oder zu begünstigen.

Auch die Tätigkeiten einer und die Anforderungen an eine Lehrkraft haben sich gewandelt und werden sich weiter wandeln. Waren wir früher hauptsächlich Wissensvermittler, so sind wir heute Organisatoren individuellen Lernens und zunehmend Erzieher und wissen noch nicht, wie sich das Lernen und damit das Lehren weiterentwickeln werden. Wer hätte vor der Coronazeit geahnt, dass sich für Lehrkräfte die bis dahin zum Teil untersagte Nutzung digitaler Medien im und für den Unterricht in so kurzer Zeit zu einer zentralen und unverzichtbaren Kompetenz entwickeln würde?

Eine weitere wichtige Teilkompetenz der personalen Kompetenz ist die Selbstbewertung, also eigene Stärken und Schwächen zutreffend zu diagnostizieren und stattgefundene, begonnene oder vollzogene eigene Lernprozesse bewusst wahrzunehmen. Einzelne Rückmeldungen von Lehrkräften können dabei hilfreich sein, wie: „Hast du gemerkt, was du gerade gelernt hast?“

Sozialkompetenz

Bislang wurde die Nutzung sozialer Medien in den Schulen weitgehend ignoriert bzw. wurde sie sogar verboten. Das hatte zur Folge, dass Lernende bei der Nutzung sozialer Medien, die einen Großteil ihres Tagesablaufs bestimmt⁹, weitgehend sich selbst überlassen waren. „Die Schulen von morgen werden den Schülerinnen und Schülern dabei helfen müssen, selbstständig zu denken und anderen mit Empathie zu begegnen“ (Schleicher 2019, S. 15).

Was ist unter selbstständigem Denken und Lernen zu verstehen? Thorsten Bohl (Bohl 2015, S. 17) versteht darunter ein Ensemble von Teilkompetenzen:

- sich selbst Ziele setzen,
- angemessene Verfahren zur Zielerreichung auswählen,
- diese anwenden,
- sie im Laufe des Prozesses überprüfen
- und gegebenenfalls verändern.

Dieser Ablauf lässt sich auch auf kooperative Formen selbstständigen Denkens und Lernens übertragen.

Selbstständiges Denken und Einfühlensbereitschaft sind schon heute Bildungsziele und deshalb gilt schon für die Gegenwart: „Das Wohlbefinden von Gesellschaften hängt zunehmend davon ab, ob Menschen zu gemeinsamem Handeln in der Lage sind“ (Schleicher 2019, S. 36). Die Digitalisierung verschärft und beschleunigt diesen Aspekt. Schon die Schulen von heute müssen sich deshalb dringend um die Bereitschaft der Lernenden zu einer Balance aus Eigenverantwortung und Kollaboration kümmern. In den Schulen muss Teamarbeit stattfinden und Teamleistungen müssen genauso wie individuelle Leistungen in die Leistungsmessung einfließen. Teamarbeit ist zwar auch online möglich, diese unterscheidet sich aber deutlich von präsenter Teamarbeit, weil synchrone digitale Teamarbeit schwer zu organisieren ist und weil asynchrone digitale Teamarbeit Formen der Kooperation schwierig macht, die in Präsenz kein Problem darstellen. Erstrebenswertes Ziel wäre, dass auch bei Leistungsüberprüfungen und Schullaufbahnprüfungen Teamleistungen zugelassen und gleichgestellt bewertet werden.

⁹ Genauere Angaben dazu finden sich in Kap. 5.4.1 und Kap. 7.4.

Methodenkompetenz

Das Ansinnen, Methodenkompetenz isoliert von Fachkompetenz zu fördern¹⁰, darf weitgehend als gescheitert angesehen werden. Es ergibt „keinen Sinn, eine Engführung der Unterrichtsentwicklung auf eine einzige Variable vorzunehmen“ (Meyer 2008, S. 57). Trotzdem gibt es an vielen Schulen immer noch „Methodentage“, an denen die Lernenden mithilfe jahrelang aufbewahrter Materialsätze inhaltsleerer Methoden trainieren, meist in den ersten oder letzten Unterrichtswochen des Schuljahrs, weil dann die Schulbücher noch nicht oder nicht mehr verfügbar sind, oder anlässlich sogenannter Projekttage. Methoden sind aber Wege, gesetzte Ziele zu erreichen, und dafür sind Inhalte notwendig, und deshalb mangelt es „Methodentagen“ sehr oft an Nachhaltigkeit.

Gerade im Fach Mathematik spielt Methodenkompetenz eine wichtige Rolle. Etwa beim Problemlösen und beim Modellieren reicht es nicht aus, Verfahren zu beherrschen, sondern in einer konkreten Situation muss ein geeignetes Verfahren aus mehreren möglichen ausgewählt werden können. Erst dadurch können Fertigkeiten zu Kompetenzen wachsen. Teilkompetenzen der Methodenkompetenz sind:

- die Nutzung eigener Wissensspeicher,
- die Nutzung von Wissensspeichern, die von anderen erstellt wurden;
- die Befragung von Experten,
- die Nutzung analoger technischer Hilfsmittel,
- die Nutzung digitaler technischer Hilfsmittel.

Bei Bedarf kann die Methodenkompetenz gefördert werden, indem die Lehrkraft den Lernenden konkrete „nächste“ Schritte vermittelt oder sie darauf hinweist.

Der Einsatz solcher Teilkompetenzen der Methodenkompetenz wird den Lernenden bei Leistungsüberprüfungen aktuell aber teilweise oder ganz verboten:

- in einem individuell erstellten und komprimierten Wissensspeicher nachsehen, einen „Spickzettel“ verwenden,
- im Schulbuch oder der Formelsammlung nachsehen,
- beim Tischnachbarn nachfragen oder darauf antworten, „einsagen“;
- mit dem Schulrechner rechnen oder einen anderen als den zugelassenen Schulrechner verwenden,
- ein digitales Endgerät nutzen oder ins Internet gehen.

10 Das sogenannte „Klippert-Konzept“ nach Heinz Klippert (Erstauflage 1994) sorgte in den 1990er-Jahren und später für Furore an den Schulen und beschert noch heute Verlagen bei der Vermarktung von Unterrichtsmaterialien fast allein mit dem Hinweis auf den Markennamen „Klippert“ hohe Auflagen.