



Digital

# Biologie

unterrichten

Monique Meier  
Steffen Schaal  
Christoph Thyssen

Grundlagen, Impulse  
und Perspektiven

Monique Meier, Steffen Schaal & Christoph Thyssen

**Digital Biologie 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**

Monique Meier, Steffen Schaal & Christoph Thyssen  
Digital Biologie unterrichten  
Grundlagen, Impulse und Perspektiven

1. Auflage 2024

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

© 2024. Kallmeyer in Verbindung mit Klett  
Friedrich Verlag GmbH  
Luisenstraße 9  
D-30159 Hannover  
Alle Rechte vorbehalten.  
[www.friedrich-verlag.de](http://www.friedrich-verlag.de)

Redaktion: Dirk Haupt, Berlin  
Realisation: Stefan Zielasko

ISBN: 978-3-7727-1641-6

Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen insbesondere über Muster, Trends  
und Korrelationen gemäß § 44b UrhG („Text- and Datamining“) zu gewinnen, ist untersagt.

Monique Meier, Steffen Schaal & Christoph Thyssen

# **Digital Biologie unterrichten**

Grundlagen, Impulse und Perspektiven

**Klett | Kallmeyer**

<b>1 Warum digitale Fachdidaktik (Biologie)?.....</b>	<b>7</b>
1.1 Von was ist die Rede bei „digitalen Medien“?.....	9
1.2 Motiviert und reflektiert ins digitale „Neuland“!.....	11
1.3 Digitalität – Digitalisierung reicht nicht aus!.....	12
1.4 Ein medientechnologischer Blick kann helfen!.....	14
1.5 Updates im Überblick – Einbindung digitaler Technologien in den unterrichtlichen Erkenntnisprozess.....	17
<b>2 Überlegungen zur Planung von digital gestütztem Biologieunterricht.....</b>	<b>19</b>
2.1 Digitalisierungsbezogene Gedanken zum Medienbegriff.....	20
2.2 Digitale Potenziale – technologisch und fachdidaktisch.....	23
2.2.1 Technologische Perspektive.....	24
2.2.2 Fachdidaktische Perspektive .....	27
2.3 Planungs- und Handlungsfelder .....	30
2.4 Digitale Erweiterung des Feldes der Didaktischen Reduktion .....	31
2.5 Fachspezifische Planungen zum Einsatz digitaler Technologien.....	34
2.6 Konzepte und Modelle zur Integration digitaler Technologien.....	37
2.6.1 Orchestrierung von Unterricht .....	37
2.6.2 Transformationsgrade nach RAT- und SAMR-Modell.....	37
2.6.3 Rahmenmodell zur Integration digitaler Medien.....	40
2.6.4 Aktivierungsgrade digital gestützten Lernens – ICAP-Modell.....	43
2.7 Kontinuum zwischen analogem und digitalem Unterricht.....	44
<b>3 Bezugstheorien zur Gestaltung von digital gestütztem Biologieunterricht... </b>	<b>49</b>
3.1 Motivationstheorie zum Einsatz digitaler Technologien.....	50
3.2 Informationsdarbietung und -verarbeitung.....	54
3.3 Lerntheorien zwischen Instruktion und Konstruktion.....	57
3.4 Kognitionspsychologische Theorien.....	58
3.4.1 Cognitive Load Theorie.....	60
3.4.2 Kognitive Theorie des Multimedia-Lernens.....	64
3.4.3 Gestaltung und Nutzung multimedialer Informationen.....	66
3.5 Kognitive Aktivierung durch und mit digitalen Technologien.....	68
<b>4 Akteure im digital gestützten Biologieunterricht.....</b>	<b>75</b>
4.1 Aufwachsen in einer digital geprägten Welt.....	76
4.1.1 Einstellung Lernender zum internetbasierten Medienkonsum.....	76

4.1.2	Digitale Technologie-Nutzung in der Freizeit.....	79
4.1.3	Digital gestützter (Fach-)Unterricht aus Lernendensicht.....	81
4.2	Kompetenzen zum Unterrichten in einer digital geprägten Welt.....	83
4.2.1	Digitalisierungsbezogene Kompetenzen von Lehrkräften.....	85
4.2.2	Fachspezifische, digitalisierungsbezogene Basiskompetenzen.....	90
<b>5</b>	<b>Was kann/soll digital gestützter Biologieunterricht leisten?.....</b>	<b>93</b>
5.1	Digitalisierung in den Biowissenschaften.....	94
5.2	Digitalisierung im Unterrichtsfach.....	101
5.3	Auswahl digitalisierungsbezogener Kompetenzen zur Förderung.....	103
5.4	Data Literacy als Teil des Problemlösens.....	106
5.5	Computational Thinking.....	110
<b>6</b>	<b>Wie wird digital gestützter Biologieunterricht umgesetzt?.....</b>	<b>113</b>
6.1	Digitale Technologien – Ein fachbezogener Strukturierungsansatz.....	114
6.2	Lernende nutzen digitale Technologien.....	117
6.2.1	Bilder – Digitale Fotografie, Mikroskopie und Thermografie.....	119
6.2.2	Extended Reality – Augmented Reality und Virtual Reality.....	124
6.2.3	Video – Rezipieren, Aktivieren und Interagieren.....	133
6.2.4	Virtuelle Experimente – Simulieren und Interagieren.....	140
6.2.5	Daten – Messen und Verarbeiten.....	145
6.3	Lernende gestalten digitale Lernprodukte.....	151
6.3.1	Videoproduktion im Prozess biologischer Erkenntnisgewinnung.....	154
6.3.2	3D-Objekte im Prozess der biologischen Modellbildung.....	158
6.4	Lehrende gestalten Lernmedien.....	162
6.4.1	Interaktive digitale Technologien.....	163
6.4.2	Nutzung und Gestaltung digitalen (tutoriiellen) Feedbacks.....	166
<b>7</b>	<b>Wo kann digital gestützter Biologieunterricht stattfinden?.....</b>	<b>168</b>
7.1	Lernorte und Lernräume in realen und/oder virtuellen Welten.....	169
7.2	Außerschulische Lernorte – Herausforderungen und Beispiele.....	171
7.2.1	Digitale Elemente als Lösung für besondere Herausforderungen.....	172
7.2.2	Digital gestützte Außerschulische Lernorte.....	174
7.3	Lernorte @school – Konzepte und Vorteile digitaler Unterstützung.....	181
7.4	Lernorte @home – Konzepte und Vorteile digitaler Unterstützung.....	183
7.5	Lernorte verknüpfen: <i>Flipped Classroom</i> und <i>Seamless Learning</i> .....	185

<b>8</b>	<b>Überfachliche Bildungsaufgaben im digital gestützten Biologieunterricht..</b>	<b>188</b>
8.1	Digitale Technologien im Bereich überfachlicher Bildungsaufgaben.....	189
8.1.1	Kommunikation und Anonymität.....	190
8.1.2	Medienbeiträge zur Kommunikation und Teilhabe gestalten.....	191
8.1.3	Impulse und Praxisbeispiele.....	195
<b>9</b>	<b>Zukunft des digital gestützten Biologieunterrichts: Visionen und Herausforderungen.....</b>	<b>202</b>
9.1	Das Bild ist komplexer als das Mosaik aus den Einzelteilen.....	203
9.1.1	Learning Analytics und Educational Data Mining.....	204
9.1.2	Machine Learning und Künstliche Intelligenz.....	209
9.1.3	Einsatz von KI in Aufgabenfeldern von Lehrkräften.....	214
9.1.4	Universale KIs – Brücke, Konkurrenz oder Partner.....	218
9.2	Analoge und digitale Lernwelten verbinden.....	220
9.3	Neue Anforderungen an das Berufsbild Lehrkraft.....	222
9.4	Qualitätsstandards und -sicherung.....	224
	<b>Literatur.....</b>	<b>228</b>
	<b>Bildquellenverzeichnis.....</b>	<b>246</b>
	<b>Danksagung.....</b>	<b>247</b>

# 1 Warum digitale Fachdidaktik (Biologie)?

Digitales lebt von Updates, ist (fast immer) entweder zum Start unfertig oder eben noch nicht perfekt. Warum sollte das bei der sogenannten Digitalisierung von Bildung mit all ihren Beteiligten und Strukturen anders sein? Hier ist ja schon der Begriff strittig und in Bezug auf den laufenden Transformationsprozess zu kurz gegriffen. Dieses Buch gibt Ihnen Anregungen und konkrete Beispiele zu Entwicklung, Ausbau oder Erweiterung Ihres digital gestützten Biologieunterrichts. Digitalisierung kann und soll vor Schule und Unterricht(en) nicht halt machen – sie aber auch nicht mit unfertigen Konzepten und Produkten „überrennen“. Ein Update ist – auch bzgl. der eigenen Perspektive und Fähigkeiten – in jedem Fall angezeigt, vor dem Hintergrund sich weiter entwickelnder Technologien. Das entstehende digitale „Neuland“ zu erschließen und zu reflektieren, stellt Lehrende wie Lernende vor Herausforderungen. Mit diesem Buch können Sie Neues, aufbauend auf alt bewährten Wegen, umsetzen, Wege erweitern oder ganz neue Lehr-Lernwege gestalten. Um einen Überblick zu geben, wird vor jedem Kapitel der inhaltliche Kern zusammengefasst und visuell von einem Advance Organizer gestützt. Auf dessen Basis können Sie die für Sie relevanten Updates auswählen, nachdem Ihnen dieses erste Kapitel Grundlagen und Hintergründe für eine mögliche Updatestrategie zusammengefasst hat (→ Abb. 1-1).

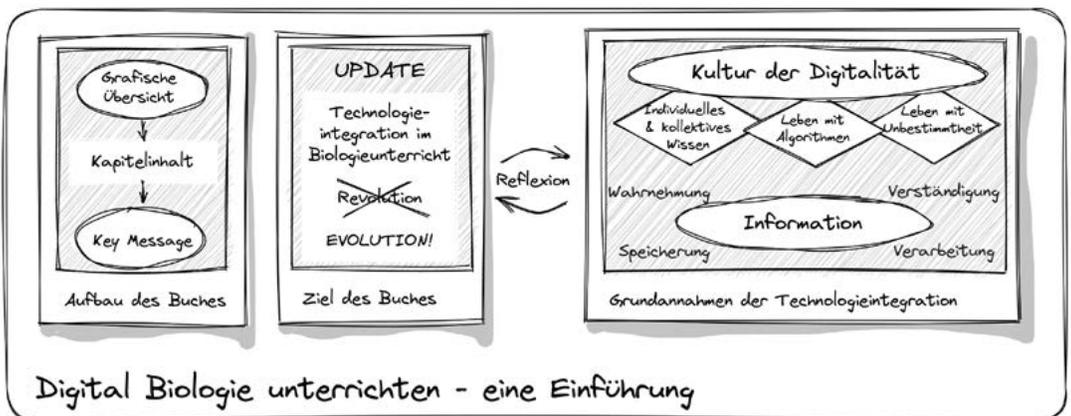


Abb. 1-1: „Warum digitale Fachdidaktik (Biologie) & Einführung zum Buch?“

UPDATE! Das ist bei der Nutzung von digitalen Endgeräten eine Selbstverständlichkeit, teils sogar ein Zwang, weil sonst nichts mehr geht ... Apps nicht mehr laufen und das Tagesgeschäft nicht mehr erledigt werden kann. Ohne alles über den Haufen zu werfen, kommen dabei auch immer neue Funktionen dazu und oft erleichtern diese nach dem Update auch den Alltag. Und wie sieht es mit einem Update für eine DIGITAL GESTÜTZTE BIOLOGIE-DIDAKTIK aus? Wer liefert dieses aus und mit welchen „neuen Funktionen“ für die Gestaltung von Unterricht? Betrachten Sie dieses Buch als App-Store, aus dem Sie Updates und Zusatz-Apps für Ihren Biologieunterricht je nach Bedarf und ohne Zwang beziehen können.

Digitale Technologien sind aus der Gesellschaft, der Arbeitswelt und auch aus der Bildung nicht mehr wegzudenken. Sie gehören sozusagen zu einer digital-analogen Wirklichkeit und sind fester Bestandteil der Curricula. Auch schulische Lehr-Lernprozesse werden zunehmend von ihnen geprägt und erweitert. Sie bieten zusätzliche Möglichkeiten der Informationsdarbietung, -erschließung und -verarbeitung sowie zur kognitiven Aktivierung, ohne bisherige analoge Ansätze obsolet zu machen. Fachdidaktische Reflexionen müssen zukünftig deshalb umfänglicher sein und zusätzliches fachdidaktisches Wissen zu digitalen Technologien sowie korrespondierende Reflexionsperspektiven einbeziehen. Das bedeutet, dass bisherige fachdidaktische Vorgehensweisen, Erkenntnisse, Überlegungen und Modelle weiterhin fundamentale Grundlagen der Unterrichtsplanung darstellen, aber um neue Aspekte zu erweitern sind. Dies mag zum einen (wenn im Analogen aufgrund bisher nicht-existierender Aspekte und Wechselwirkungen keine anschlussfähigen Vorüberlegungen und Theorien verfügbar sind) gänzlich neue Felder betreffen und Erweiterungen schaffen, zum anderen aber auch einfach die Berücksichtigung neuer Aspekte oder Eigenschaften von Medien und Werkzeugen unter bereits etablierten Perspektiven bedingen. Neues und Altes, Innovatives und Traditionelles oder Digitales und Analoges bilden jeweils die Pole eines Kontinuums. Innerhalb dieser Bandbreite wird Lernen durch die Gestaltung von methodisch und medial vielfältigen sowie differenzierten Lernprozessen zusammengeführt. Im Auswahl- und Entscheidungsprozess in einem solchen Kontinuum ...

*... muss manches nur in neuem Licht betrachtet werden, anderes bringt hingegen ganz neue Aussichten auf das Lehren und Lernen im Biologieunterricht mit!*

Mit diesem Buch verfolgen wir das Ziel, ein fachdidaktisches Update zu geben, bei dem die Technologieintegration in den Biologieunterricht als Evolution, nicht als Revolution, verstanden wird. In Anknüpfung an die bisherige Fachdidaktik wird dieses Ziel theoriebasiert und evidenzbezogen beleuch-

tet und erläutert. Hierbei möglicherweise mitgelieferte Denkanstöße sind nicht zufällig – Impulse sollen zum eigenen Weiterdenken und Ausprobieren anregen!

VOR IHREM START INS ERSTE UPDATE möchten wir Ihnen die für uns zentralen Impulse in einer Auseinandersetzung mit Digitalisierung im Fach Biologie an die Hand geben. Ein klares Begriffsverständnis, Gründe zum Mutigsein sowie Perspektiven auf sich ändernden Anforderungen und deren Tragweite können helfen, die „Neuerungen“ im Update zum digital gestützten Biologieunterricht einzuordnen und zu reflektieren.

## 1.1 Von was ist die Rede bei „digitalen Medien“?

Die im Analogen etablierte Unterscheidung von Medien (als informationstragende Mittler im Lehr-Lernprozess) und Werkzeugen, die, ohne selbst Information zu enthalten, zur Erschließung und Verarbeitung von Informationen genutzt werden, ist auch für digitale Technologien zielführend. Jedoch ist aber eine noch präzisere Differenzierung in Bezug auf fachdidaktische Überlegungen im digitalen Bereich durchaus hilfreich, da anders als im Analogen, die Information z. B. nicht an materielle Datenträger und Software oder Geräte zur Nutzung gebunden ist. Digitale Daten werden beispielsweise in einer mp4-Datei als Ressource erst in Verbindung mit unterschiedlicher Software zur Präsentation der enthaltenen Daten als Informationen im Sinne digitaler Inhalte nutzbar. Die digitale Ressource (der mp4-Container) kann abhängig von z. B. der Abspielsoftware und Einbettung unterschiedliche Funktionen aufweisen und deshalb variabel genutzt werden. Eine Ansprache mit dem Begriff „digitale Medien“, der meist nicht klar zwischen Daten, Geräten, Werkzeugen und Inhalten unterscheidet, greift hier aufgrund der geringeren Differenzierung zu kurz (→ Kap. 2.1). Diese differenzierte Strukturierung von fachdidaktisch relevanter Information und Inhalt sowie der eigentlich genutzten Ressource, die gemeinsam mit den digitalen Daten (entsprechend einem analogen Medium) Informationen als Inhalte verfügbar macht, ist zielführend. Dies erleichtert auch für kommende Technologien zukünftig die Reflexion und Bewertung von unterschiedlichen Alternativen für unterrichtliche Umsetzungen, ohne Planungsprozesse vollständig neu denken zu müssen. „Neu“ werden digitale Technologien und ihre Updates im Auge des jeweiligen Betrachtenden bzw. Nutzenden und seiner Expertisen jedoch immer wieder mal sein (das war der OHP auch mal).

### Praxisbeispiel

**Praxisbeispiele helfen, die in diesem Buch zusammengeführten fachdidaktischen Konzepte und Inhalte zum digital gestützten Biologieunterricht zu verstehen. Sie finden diese losgelöst vom Text in solchen Kästen und auch an vielen weiteren Stellen, ob im Text, in Tabellen oder in Bildern!**

Die Thematisierung von osmotischen Phänomenen stützt sich häufig auf die Mikroskopie der roten Küchenzwiebel. Diese ermöglicht als Medium im Sinne eines Originals durch Nutzung des Mikroskops als Erkenntnishilfe (bzw. als selbst nicht informationstragendes Werkzeug) entsprechende Beobachtungen der für das Lernen relevanten zellulären Prozesse. Ein Transfer dieses Szenarios in einen digital gestützten Unterricht und eine Analyse gemäß der analogen Trennung von Medium (= Küchenzwiebel) und Werkzeug (= Mikroskop) macht häufig auch eine sinnvolle Reflexion im Digitalen möglich: Digitale Technologien haben für inhaltliche biologische Zielsetzungen vielfach durchaus sehr geringe bis wenige Konsequenzen, da zentrale didaktische Überlegungen und Planungsprämissen (Primat der Didaktik) davon unverändert bleiben, soweit Digitales als Inhalt oder Methode nicht selbst im didaktischen Fokus steht. So wird die rote Küchenzwiebel aus guten Gründen (gute Sichtbarkeit der Vakuole, leicht zu präparieren, Alltagsbezug etc.) auch in einem digital gestützten Unterricht durchaus weiterhin als Lehr-Lerngegenstand bzw. Medium eingesetzt werden. Methodisch und im Sinne des Werkzeuggebrauchs bieten sich hingegen einige Ansatzpunkte, um über möglicherweise sinnvolle digitale Erweiterungen oder Alternativen, wie z. B. in der Nutzung einer digitalen Mikroskop-Kamera nachzudenken. Mit diesen gehen zwangsweise Anpassungen der Geräteausstattung einher, deren Spezifika bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Daraus resultierende planerische Überlegungen müssen neben bisher relevanten Gesichtspunkten (wie z. B. Vorwissen der Lernenden, Sozialform zum Mikroskopieren) ggf. auch neue, bisher nicht zu bedenkende Punkte umfassen:

- Ist eine Mikroskop-Kamera mit dem Betriebssystem genutzter digitaler Endgeräte kompatibel,
- sind passende Steckverbindungen und Datentransferprotokolle vorhanden,
- reichen die Prozessorleistung und der Speicher der digitalen Endgeräte,
- muss Software installiert werden und liegen dafür notwendige Berechtigungen vor?

Abseits technischer Aspekte bringen digitale Systeme/Ressourcen aufgrund der mit ihnen häufig verbundenen Dynamiken weitere zu reflektierende Punkte mit sich: Die Bedienung eines angeschafften analogen Mikroskops ändert sich normalerweise nicht (fundamental), sodass es Lernende nach einer Einarbeitung ohne größere Hürden immer wieder nutzen können und sei es mit der Unterstützung einer Anleitung. Ähnlich verhält es sich nach einer Einführung zur Nutzung einer digitalen Mikroskop-Kamera. Hierbei genutzte (gewohnte) Anleitungen und darin beschriebene Vorgehensweisen bleiben i. d. R. dauerhaft stimmig und „aktuell“, ganz im Gegensatz zur für digitale USB-Mikroskope/-kameras notwendigen Software. Diese kann nach automatischen Updates ggf. plötzlich neue Menüführungen aufweisen, dadurch veränderte Prozesse notwendig machen oder im Extremfall gar nicht mehr lauffähig sein. Eine bestehende Unterrichtsplanung zum digital gestützten Mikroskopieren unterliegt folglich einem stetigen Kontrollblick, wobei sich an der rein didaktischen Planung zum Einsatz der Geräte (analog und/oder digital) und darüber zugänglich gemachten Inhalten nichts ändert bzw. anders „gemacht“ werden muss.

## 1.2 Motiviert und reflektiert ins digitale „Neuland“!

Der Einsatz digitaler Technologien bedeutet nicht nur für Lehrkräfte eine Auseinandersetzung mit zum Teil neuen Bereichen. Die unterrichtsspezifische Nutzung ist auch für Lernende vielfach das, was Frau Merkel als Bundeskanzlerin mit „Neuland“ bezeichnet hat (→ Kap. 4 & 6). Zwar sind viele digitale Ressourcen mittlerweile auch Teil des Alltags, jedoch sind Nutzungsformen, angestrebte Ergebnisse und deshalb auch die damit verbundenen Arbeitsweisen größtenteils völlig unterschiedlich und damit ungewohnt. Vielfach kommt hinzu, dass Ressourcen und Geräte abseits der eigentlich bei ihrer Entwicklung vorgesehenen Nutzungsszenarien (z. B. forschungsangebundene Apps, Industrie-Apps, Online-Umgebung zum kollaborativen Arbeiten und Teammanagement, → Kap. 2.2.1) verwendet werden. Deshalb sind Menüoberflächen und seitens des Gerätedesigns vorgesehene Handlungsmuster nur selten intuitiv und für den unterrichtlichen, zweckentfremdeten Einsatz zum Teil sogar irreführend oder aufgrund der umfangreichen Funktionen zu komplex. Es ist also wesentlich, sich zu vergegenwärtigen, dass mit einer zusätzlichen kognitiven Belastung gerechnet werden muss.

Um digital gestützten Unterricht gezielt vorzuentlasten, sind manchmal auch Anwendungsszenarien digitaler Ressourcen von Bedeutung, die in Bezug auf eine Effizienzsteigerung keinen direkten Gewinn in der Einsatzsituation mit sich bringen (→ Kap. 3), nur um den Umgang zu üben. Bei einem gewohnten und sicheren Umgang mit der digitalen Technologie können zu anderer Zeit bzw. in anderen Unterrichtsszenarien die neuen, technologiebedingten Potenziale genutzt werden, weil die geplanten fachwissenschaftlich fordernden Aufgaben nicht durch zusätzliche Unsicherheiten beim Umgang mit der Technik überlagert werden (→ Kap. 3.4). Für digitale Technologien gilt also wie bisher, dass ihr Einsatz in der Unterrichtsplanung auch aus einer langfristig orientierten Perspektive zu bewerten ist. Abseits dieser ggf. rein methodischen Sichtweise gilt dies insbesondere für digitalisierungsbezogene Lern- und Kompetenzziele, die aus curricularen Vorgaben resultieren (→ Kap. 5). Genau wie bei biologischen Fachinhalten sind hier didaktisch klar strukturierte und sinnvoll gestufte Konzepte notwendig, um die zu erreichenden Kompetenzziele mit den Lernenden auch tatsächlich erreichen zu können. Diese digitalen Kompetenzziele müssen fachspezifisch gedacht und formuliert werden.

*Das vielzitierte digitale „Neuland“ entsteht aufgrund der permanenten technischen Weiterentwicklung auch immer wieder neu und muss dann jeweils wieder „entdeckt“ werden.*

1

**Informationskästen finden Sie in jedem Kapitel. Sie eröffnen Ihnen weiterführende Inhalte, regen zu einer tiefgehenden Auseinandersetzung an und/oder weiten den Blick für das „Neue“.**

### **Digitalisierung steht nie still!**

Ein aktuelles Beispiel, das den fortwährenden digitalen Anpassungs- und Lernprozess auf allen Seiten sehr klar belegt, ist die Diskussion um Künstliche Intelligenz (KI). Obwohl die Auseinandersetzung mit und die Diskussion um KI nicht erst seit gestern im Gange ist, man also von einer gewissen „präventiven“ Auseinandersetzung ausgehen könnte, gehen Schock- bzw. Enthusiasmuswellen durch die ganze Gesellschaft. Ähnlich wie in der Evolution erlauben stetige Performanzsteigerungen in Kombination mit spezifischen Verbesserungen, neue Einsatzfelder oder Nischen zu erschließen und ganze (Bildungs-)Ökosysteme neu zu definieren. Wie aktuelle Meldungen zeigen, könnten Effekte der digitalen Transformation, um im biologischen Bild zu bleiben, evtl. alle Stufen des (Bildungs-)Ökosystems betreffen: Im Schuljahr 21/22 wurden in den meisten Bundesländern die besten Noten der vergangenen zehn Jahre erzielt (gemäß Statistik der KMK zu Abiturnoten). Gleichzeitig wird aber das Abitur aufgrund besserer Durchschnittsnoten als aussagekräftiger Beleg für eine vorhandene Studierfähigkeit infrage gestellt (z. B. Stührenberg 2022, mdr.de-Nachrichten vom 16.07.2022). Am anderen Ende des schulischen Altersspektrums liest man parallel dazu davon, dass an einer Grundschule 40 Kinder die erste Klasse wohl nicht erfolgreich abschließen werden (Unterberg 2023, Spiegel Panorama vom 21.04.2023). In diesem Spannungsfeld stellen Universitäten, noch eine Stufe höher im Bildungssystem, gerade auch ihre Zulassungsverfahren und Prüfungsformate auf den Prüfstand (Olbrisch 2023, Spiegel 16/23) – dies nicht zuletzt auch aufgrund möglicher Täuschungsmöglichkeiten durch KI-Systeme wie *ChatGPT* (→ Kap. 9). Bei solch widersprüchlichen Tendenzen und ggf. Effekten beim Vergleich des Schuleinstiegs mit dem Schulabschluss und ggf. weiteren Einstieg ins Studium stellt sich insgesamt berechtigterweise die Frage nach den Maßstäben, Kompetenzzielen, Aufgabenformaten, Bewertungsmaßstäben und dem Niveau insgesamt, die solch eigentlich divergierende Befunde erklären könnten. Nimmt man die aktuell sehr dynamische Entwicklung als Weckruf ernst, sollte man sich frühzeitig und intensiv mit möglichen Weiterentwicklungen und Beeinflussungen von Unterricht im Spannungsfeld zukünftiger digitaler Technologien beschäftigen (→ Kap. 9) und Signale bzw. Veränderungen aufmerksam beobachten und reflektieren.

## **1.3 Digitalität – Digitalisierung reicht nicht aus!**

In vielen öffentlichen Diskursen ist stets von digitaler Transformation und Digitalisierung in der Bildung die Rede. Insbesondere Letzteres reduziert auf eine rein technische Perspektive. Mitnichten wird die analoge Welt wie durch einen Analog-Digitalwandler möglichst ähnlich digitalisiert abgebil-

det. Vielmehr werden durch den Einsatz digitaler Technologien Alltagsprozesse und Sozialstrukturen verändert (und nicht nur digital abgebildet oder reproduziert), wovon auch Bildungsprozesse betroffen sind.

Grundsätzlich wirkt sich eine digitale Transformation auf die Menschen selbst und ihr tägliches Leben aus (Travkina 2022, Couldry/Hepp 2022), die sogenannte digitale Revolution ist eng verbunden mit soziokulturellem Wandel (Miguélez/Planas/Benítez 2021). Die Veränderungen, die durch digitale Produkte der Industrie verursacht werden, haben Auswirkungen auf den individuellen Nutzenden sowie auf seine sozialen Praktiken (Hepp 2019). Die aus den Technologien resultierenden Potenziale und das veränderte Verhalten der Nutzenden führen zu dynamischen Prozessen, die über rein technische Erleichterungen im Alltag hinausgehen und auch massive Auswirkungen auf den zwischenmenschlichen Bereich haben. Die virtuellen Kontakte und Kommunikationen verändern nicht nur unser individuelles soziales Netzwerk, sondern auch unsere Denkweise und möglicherweise unsere Entscheidungsfindung und Problemlösung. Gleichzeitig können diese veränderten sozialen Praktiken wiederum als Treiber für die Entwicklung neuer digitaler Werkzeuge und Medien dienen (Basu 2022, Goh u. a. 2017). Solche sozialen Facetten wurden und werden in vielen Betrachtungen nicht ausreichend berücksichtigt. Infolgedessen werden die auf solchen „unvollständigen“ Konzepten basierenden Überlegungen mit der Einordnung der Digitalisierung, vor allem als technischer Prozess, den damit verbundenen Veränderungen und Herausforderungen oft nicht gerecht. Der Begriff der Digitalität (Wortschöpfung aus Digitalisierung und Realität) versucht diesem Mangel gerecht zu werden. Ausgehend von Stalders (2016) Digitalitätsverständnis bedeutet dies für die Gestaltung von Bildungsprozessen, folgende Perspektiven zu berücksichtigen:

- *Das Individuelle und das Kollektive:* Eine Kultur der Digitalität ermöglicht individuelle Medienpraktiken, in denen Menschen ihre eigenen digitalen Ressourcen erstellen, teilen und kuratieren können. Gleichzeitig sind diese individuellen Praktiken eng mit kollektiven Medienpraktiken verbunden, bei denen Menschen in Netzwerken zusammenarbeiten, Informationen austauschen und gemeinsam Wissen konstruieren. Die Kultur der Digitalität erkennt die wechselseitige Abhängigkeit und das Zusammenspiel zwischen individuellen und kollektiven Medienpraktiken und -tendenzen (→ Kap. 8) an.
- *Mensch und Algorithmen:* Digitalität wirft Fragen nach der Beziehung zwischen Menschen und Algorithmen auf. Algorithmen beeinflussen zunehmend unsere digitalen Erfahrungen, indem sie Inhalte personalisieren, Empfehlungen geben und Entscheidungen treffen. Gefordert ist eine kritische Auseinandersetzung mit den Auswirkungen von Algorithmen auf

Bildungsprozesse (→ Kap. 9) und die Notwendigkeit, die Gestaltung von Algorithmen transparent und kontrollierbar zu machen. Gleichzeitig sollten Menschen ihre eigene Handlungsfähigkeit bewahren und bewusst mit Algorithmen interagieren.

- *Bildung als gestaltende Auseinandersetzung mit Unbestimmtheit*: Die digitale Welt ist von Unsicherheit und Unbestimmtheit geprägt. Technologien und Praktiken entwickeln sich schnell weiter, und es ist schwierig, zukünftige Entwicklungen vorherzusagen. Die Kultur der Digitalität fordert eine Bildung, die sich mit dieser Unbestimmtheit auseinandersetzt und Lernende befähigt, sich in einer sich ständig verändernden digitalen Welt zu orientieren, Probleme zu lösen und kreativ zu agieren (→ Kap. 5.3 & 6). Zeitgemäßer Unterricht muss daher über den Erwerb von technischen Fähigkeiten hinausgehen und ein Verständnis für die sozialen, kulturellen und politischen Dimensionen der digitalen Transformation vermitteln.

## 1.4 Ein medientechnologischer Blick kann helfen!

Die digitale Evolution lässt Verbesserungen von Lehren und Lernen erwarten. Es bleibt jedoch zu klären, ob zu erwartende Leistungssteigerungen aus unterrichtlichen Phasen mit intensivem Einsatz digitaler Technologien resultieren und/oder durch veränderte Lehr-Lernkonzepte zu begründet sind. Diese erlauben z. B. selbstgesteuerte, adaptive Lernaktivitäten der Lernenden. Obgleich Letzteres nicht zwingend von digitalen Werkzeugen, Inhalten und Strukturen abhängig ist, bringen gerade bestimmte digitale Technologien hier Freiheitsgrade und Potenziale mit sich, die diesbezüglich vorhandene Möglichkeiten enorm erweitern (→ Kap. 6). Um diese gezielt zu realisieren, ist es notwendig, sich z. B. auch aus einer medientechnologischen Perspektive mit Digitalisierung auseinanderzusetzen, aus der heraus Schwächen und Stärken einzelner Medientypen (nach technologischer Medienklassifikation) analysiert werden können (→ Tab. 1-1). Eine derartige Perspektive lässt eine triviale, aber dennoch fundamentale Erkenntnis zu: Mit einer Digitalisierung geht fast zwingend immer der Ersatz bzw. Übergang vom Primär- oder Sekundärmedium zum Tertiär- bzw. Quartärmedium bis hin zum Quintärmedium einher (→ Tab. 1-1). Entsprechend der Definition wird für diese drei Medientypen sowohl zur Erstellung als auch zur Erschließung Technik eingesetzt.

Neben Überlegungen, die zentral das eigentliche Medium im Sinne eines Textes, Fotos oder Films betreffen, müssen deshalb auch die immer aus dem Geräteinsatz resultierenden Entscheidungsfelder mit bedacht werden, wofür entsprechende Kompetenzen hilfreich sind.

Medientypologie	Beschreibung
<i>Primärerfahrungen</i>	
Primärmedium (Präsenzmedium)	<p>Übermittlung und Verarbeitung von Informationen finden auf Grundlage realer Sinneswahrnehmungen, Kommunikation und/oder Informationsweitergabe zwischen Personen oder Lernenden und Original/Realobjekt (z. B. Tier, Präparat) statt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kein technisches Gerät vermittelt und/oder bereitet Informationen für Lernende auf</li> <li>ABER: Analoge und digitale Geräte zur Verstärkung der Sinneswahrnehmung können den unmittelbaren Kontakt zum Realobjekt ermöglichen oder unterstützen (z. B. Lupe, Mikroskop, Nachweisreagenzien).</li> </ul>
<i>Sekundärerfahrungen</i>	
Sekundärmedium (Trägermedium)	<p>Sekundär vermittelte Kommunikation und Information basiert auf einer technischen Erstellung und möglichen Filterung von Informationen, welche den Lernenden direkt ohne Technik zugänglich gemacht werden (z. B. Texte, Diagramme, Schemata).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lernenden werden Informationen stellvertretend über ein Medium vermittelt, wobei sie zur Informationsaufnahme aber kein Gerät brauchen.</li> <li>Durch eine zeitliche Flexibilität in der Informationsaufnahme und Informationsspeicherung entwickelt sich ein mediatisierter Lernraum, in dem Lernende und Lernobjekt zeitlich nicht unmittelbar zusammentreten müssen.</li> </ul>
Tertiärmedium	<p>Medial vermittelte Kommunikation und Informationsweitergabe, die ohne Technologieeinsatz nicht realisierbar ist. Technisch erstellte Informationen werden über den Einsatz bzw. die Kopplung mit einer spezifischen Technologie bzw. eines elektronischen Gerätes für Lernende zugänglich bzw. nutzbar (z. B. Video/Audio &amp; Abspielgerät).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lernende können passive elektronische Informationen aufnehmen oder aktiv einen technisch-gestützten Informationsaustausch umsetzen, wobei beides nur möglich ist, wenn entsprechende technologische Kenntnisse in der Nutzung vorhanden sind.</li> <li>Kommunikations- und Lernprozesse wandeln sich zunehmend durch die gänzliche Nutzung des elektronischen Raums.</li> </ul>
<i>Hypermediale Sekundärerfahrungen</i>	
Quartärmedium (digitales Medium)	<p>Quartärmedial vermittelte Kommunikation beruht immer auf digital codierter Technologie und einer netzwerktechnologischer Wahrnehmung von Informationen, die zur Erstellung und dem Empfang bzw. zur Erschließung Geräte benötigt. Eine spezifische Technologiekopplung ist hierbei jedoch nicht nötig.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basis der Informationsvermittlung und des Informationsaustauschs ist zumeist das Internet, welches als Plattform für verschiedenste digitale und virtuelle Anwendungen fungiert.</li> <li>Kommunikations- und Lernprozesse werden in ihrer Ausgestaltung vielfältiger, in parallelen digitalen Anwendungen umfangreicher und somit vernetzter (z. B. Social Media) sowie in Ort und Zeit deutlich unabhängiger.</li> </ul>
Quintärmedium (datafiziertes Medium)	<p>Digitale Daten und deren Verarbeitung bilden auch bei quintärmedial vermittelter Information die Basis, treten jedoch durch die Verschmelzung von realen mit virtuellen Daten in datafizierten und intelligenten Kommunikations- und Lernprozessen zu Tage (z. B. KI, Big Data → Kap. 9).</p>

Tab. 1-1: Typologie auf Basis medial vermittelter Kommunikation (Pross 1972, Faßler 1997) und Medien als Mittel der Wahrnehmung, Verständigung, Speicherung und Verbreitung von Information (nach Krüger 2021)

Die Notwendigkeit zu einer medientheoretischen und -technologischen Auseinandersetzung (→ Tab. 1-1) wird deutlich, wenn wir digitale Lehre und Technologien mit Blick auf die Umsetzung von Distanzlehre betrachten. Primärmedien, die ohne Einsatz von Technik sowohl verfügbar als auch erschließbar sind, können z. B. als Originale weder einfach repliziert noch für eine dezentrale Nutzung verteilt werden. Sekundärmedien, die mittels Einsatzes von Technik hergestellt werden, wie z. B. eine Fotokopie, können zwar aufgrund der Möglichkeit einer Vervielfältigung in großen Stückzahlen bereitgestellt, jedoch noch immer nicht ohne Weiteres über Distanzen verfügbar gemacht werden. Beide bisherigen Medientypen sind zwingend analog, da digital codierte Medien ohne weitere Technik und Geräte nicht erschlossen werden können, deren Einsatz das Definitionsmerkmal von Tertiärmedien ist. Jedoch sind Tertiärmedien nicht zwingend digital. Klassische Audiokassetten sind ebenso wenig digital wie eine VHS-Videokassette, wohingegen deren modernere Pendant, die CD bzw. DVD, unbestritten digital sind. Anhand dieser beiden Paare zeigen sich jedoch zwei für die Lehre durchaus relevante Vorteile digitaler Ressourcen. Sie können ohne Qualitätsverlust vervielfältigt werden und sind auch unproblematisch in der (individuellen) Nutzung.

Das Pausieren oder Vor- und Zurückspulen (ja, man nutzt hier immer noch den analogen Begriff, auch wenn es keine Bandspulen mehr gibt) ist bei einer CD ohne Schäden am Band beliebig oft wiederholbar. Trotz dieses Vorteils gegenüber klassischen analogen Tertiärmedien bleibt in Bezug auf die Distanzlehre das Problem der eingeschränkten Verfügbarkeit, welches sich erst durch Einsatz von obligatorisch digitalen Quartärmedien (die von einigen Autoren als Spezialfall der Tertiärmedien aufgefasst werden, Siever 2015) befriedigend lösen lässt. Diese sind durch computerbasierte Nutzung und der dadurch möglichen „Konvertierung“ nicht mehr an spezielle Speichermedien gebunden. Sie erlauben die Auflösung der mit materiellen digitalen Speichern verbundenen räumlichen und zeitlichen Beschränkungen, weil damit eine ortsunabhängige Übertragung und Bereitstellung in Echtzeit möglich wird. Für die Konzeption von Lehr-Lernumgebungen spielt es demnach aus medientechnischer Perspektive durchaus eine wesentliche Rolle, ob ein hinsichtlich der inhaltlichen Informationen absolut identischer Film analog als 16 mm Film, VHS-Kassette, DVD oder mp4-Datei vorliegt. Obwohl sich aus der didaktischen Perspektive keinerlei Unterschiede ergeben, unterliegen die verschiedenen Tertiär- bzw. Quartärmedien in methodischer Hinsicht z. T. gravierenden Einschränkungen in Bezug auf die Einsatzmöglichkeiten. Digitalisierung umfasst, wie auch am Diskurs um eine klare Trennung von Tertiär- und Quartärmedien erkennbar, weit mehr als das Vorhandensein digital codierter Informationen. Die damit verknüpfte Technik bestimmt ganz

wesentlich mit, welche Auswirkungen sich für soziale Prozesse allgemein und damit auch auf Lehr-Lernprozesse sowie damit verknüpfte Potenziale und Risiken ergeben.

Mit den Quintärmedien als Systeme zur Datafizierung und zur medial vermittelten Kommunikation kommen spezifische Möglichkeiten der Interaktivität und Partizipation ins Spiel, weshalb auch diesbezügliche Dynamiken mit geeigneten Überlegungen zur Online-Kommunikation reflektiert werden müssen. Medien werden damit hochdynamisch und enthalten quasi selbst Funktionen zu ihrer eigenen Veränderung. Damit steigt bzw. verändert sich das Medienangebot quasi in Echtzeit.

*Im Wald voller Bäumen eine Auswahl zu treffen, ist schwer, aber nicht unmöglich!*

## **1.5 Updates im Überblick – Einbindung digitaler Technologien in den unterrichtlichen Erkenntnisprozess**

Aus den erweiterten und neuen Möglichkeiten der Mediennutzung, d.h. durch Einsatz digitaler Technologien, ergeben sich an unterschiedlichen Stellen der unterrichtlichen Gestaltung von Erkenntnisprozessen Ansatzpunkte, die korrespondierende Lehr-Lernprozesse verändern und im Idealfall verbessern können. Ausgehend von zusätzlichen/neuen Kontexten und Inhalten, die über digitale Technologien eingebunden werden können, können mittels aus digitalen Informationen bzw. Daten entstehenden Inhalten in Kombination mit dem Einsatz digitaler Ressourcen nicht nur enorme Daten und Informationsgrundlagen aufgebaut, sondern über digitale Analysen und Darstellungen auch besser verwertbare Ergebnisse erzielt werden (→ Abb. 1-2).

Wie die Übersicht in Abbildung 1-2 nahelegt, muss aus den vielen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten für ein fachdidaktisch sinnvolles Unterrichtskonzept gezielt ausgewählt werden. Hierfür sind unzweifelhaft fundierte fachdidaktische Kenntnisse notwendig. Eine vertiefende Beschäftigung mit zugehörigen allgemeinen Grundlagen der Fachdidaktik, der Pädagogischen Psychologie und anderer relevanter Bezugswissenschaften können wir in diesem Buch nur in einer begrenzten Form leisten, die unumgänglich für eine fachdidaktische Reflexion der digitalen Technologienutzung im Biologieunterricht ist. Insofern ist je nach Expertise ein Hinzuziehen von fachdidaktischen und pädagogischen Lehrwerken bei der Planung von digital gestütztem Biologieunterricht empfehlenswert.

UPDATE JETZT STARTEN ...

# 1 Warum digitale Fachdidaktik (Biologie)?

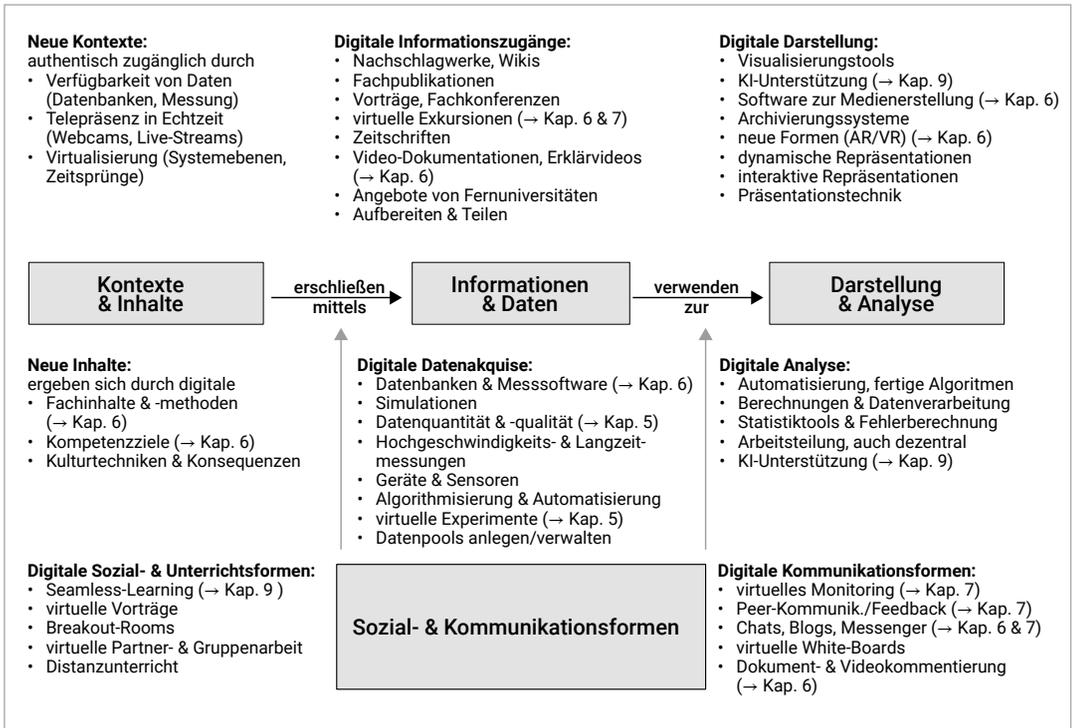


Abb. 1-2: Einflüsse auf den unterrichtlichen Erkenntnisprozess durch Einbindung digitaler Technologien

## Key Messages

- Die Planung und Durchführung von digital gestütztem Biologieunterricht setzen ein differenziertes Begriffsverständnis, Mut und Neugier für das digitale „Neue“ sowie (Basis-)Kompetenzen im digitalen und im besonderen Maße auch im fachdidaktischen Bereich voraus.
- Beim Einsatz digitaler Medien müssen neben dem zu übertragenden Inhalt auch die damit verbundene Technik sowie die daraus resultierenden Entscheidungen immer mitbedacht werden.
- Digitalisierung greift als Begriff und Konzept zu kurz. Digitales durchdringt und beeinflusst die analoge, reale Welt mit allen dort verankerten Alltags- und Lernprozessen. Dabei entstehen im Sinne einer Digitalität neue Sozialstrukturen, Aufgabenfelder und Perspektiven, die in den Folgekapiteln beleuchtet und mit Updatemöglichkeiten erläutert werden.
- Jedes Update zeigt kurz und knapp, was es mitbringt bzw. die Technik oder Software nun mehr kann. So erfahren Sie mit den Key Messages am Ende jedes Kapitels die Wesentlichen – an die Lehrenden, die Lernenden und/oder den digital gestützten Biologieunterricht gestellten – Herausforderungen und Anforderungen.

## 2 Überlegungen zur Planung von digital gestütztem Biologieunterricht

Die Planung von digital gestütztem Unterricht kann aus verschiedenen Perspektiven und in Hinblick auf verschiedene Zielsetzungen betrachtet werden. Potenziale müssen aus der technischen und fachdidaktischen Perspektive analysiert werden, um dann Unterricht ggf. sinnvoll transformieren und abstimmen zu können. Hierbei ist neben grundsätzlichen Überlegungen zu Eigenschaften digitaler Technologien und Medien insbesondere die Frage zu fokussieren, welchen didaktischen „(Mehr-)Wert“ der Technologieeinsatz bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen bringt. Digitale Technologien sind jedoch nicht obligat. Planungsentscheidungen beziehen beide Perspektiven und Möglichkeiten, das Analoge mit dem Digitalen zu verbinden, ein. Daraus ergeben sich Konsequenzen für die Auswahl und für die didaktische Reduktion von Fachinhalten und fachgemäßen Arbeitsweisen (→ Abb. 2-1).

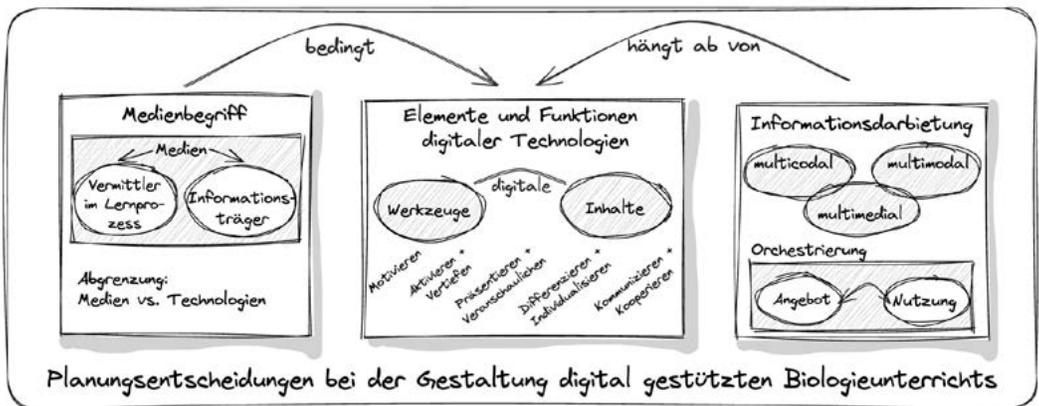


Abb. 2-1: „Überlegungen zur Planung von digital gestütztem Biologieunterricht“

## 2.1 Digitalisierungsbezogene Gedanken zum Medienbegriff

Bei der Planung jeder Unterrichtsstunde stehen Lehrkräfte vor vielfältigen Entscheidungen, z. B.: Welche Ziele können mit geeigneten Inhalten erreicht werden? Auf welche Weise werden die Voraussetzungen der Lernenden angemessen berücksichtigt? Welche Sozialformen und Methoden sind hierfür zielführend? Dazu kommt ein großer und vielfältiger Medienkatalog, aus dem zielgerichtet ausgewählt werden muss. Die Planung digital gestützten Unterrichts verläuft nicht anders, in allen Auswahlentscheidungen müssen jedoch noch zusätzlich die Effekte, Möglichkeiten und damit verbundenen Potenziale digitaler Technologien mit einbezogen werden. Letztere sind unter der alltagssprachlichen Bezeichnung digitaler Medien omnipräsent in planerischen Überlegungen und in bestehenden Unterrichtsmaterialien verankert. Eine reflexive Betrachtung des Medienbegriffs im digitalen Bildungskontext erscheint hierbei jedoch wesentlich und kann in der zielgerichteten Planung von digital gestütztem Unterricht sehr hilfreich sein. Daher folgt an dieser Stelle eine Begriffsbestimmung, die auch für alle anderen Kapitel ein eindeutiges Verständnis der in diesem Buch genutzten Bezeichnungen vornimmt.

### Medien als Vermittler und Informationsträger

Bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen sind Medien generell *Vermittlungshilfen* und sie dienen damit sowohl als Instrument wie auch als Lernobjekt. Unterrichtsmedien helfen dabei, Erkenntnisse zu (biologierelevanten) Inhalten zu gewinnen, Lern-/Unterrichtsziele zu erreichen oder aber den Erkenntnisweg zu unterstützen. Sie sind damit Träger von Informationen und/oder Vermittler zwischen Gestaltenden von Lernumgebungen, einem Lerngegenstand und den Lernenden (von Martial 2005). In dieser Logik initiieren oder moderieren (Lern-)Medien die aktive Auseinandersetzung mit (Lern-)Inhalten oder sie motivieren dazu, sich einem (Lern-)Gegenstand zuzuwenden (→ Abb. 2-2).

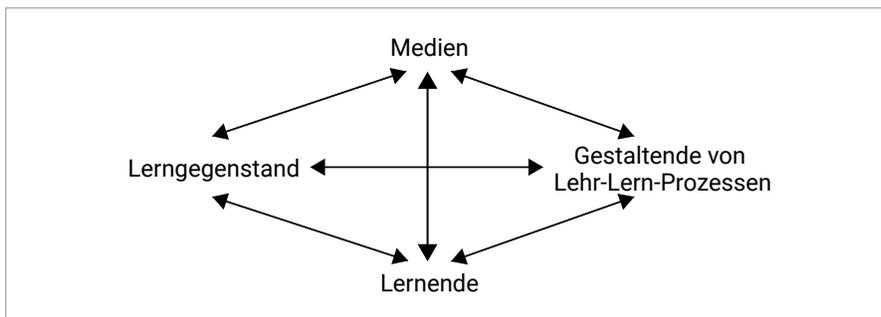


Abb. 2-2: Wechselbeziehungen bei der Unterrichtsplanung

## Digitale Medien vs. Digitale Technologien

Der Begriff *digitale Medien* erweitert das Medienverständnis um computerbasierte Technologien, „die Inhalte präsentieren oder eine Interaktion mit diesen oder über diese Inhalte ermöglichen“ (Stegmann u. a. 2018, S. 968). Im Europäischen Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender DigCompEdu (Redecker 2017) gelten digitale Medien als „[j]egliche Produkte und Dienste, die zur elektronischen Erstellung, Einsicht, Verteilung, Anpassung, Speicherung, Abrufung, Weiterleitung und Erhaltung von Informationen in digitaler Form genutzt werden können“ (S. 57). Dieses Verständnis von *digitalen Medien* greift für die Planung und Gestaltung von biologiebezogenen Lehr-Lernprozessen zu kurz, da erst die fachdidaktisch fundierte Reflexion zum Einsatz eines digitalen Werkzeugs darüber entscheidet, ob es auch als Medium im oben genannten Sinn wirksam wird: Ein Tabellenkalkulationsprogramm wird demnach erst in Kombination mit digitalen Daten (z. B. Daten zur Enzymaktivität in Abhängigkeit von Temperatur), die von Lernenden bearbeitet und ausgewertet werden, zu einem Lernmedium. Daher werden in diesem Buch die Begriffe *digitale Technologien* und *digitale Medien* nicht synonym verwendet, sie werden vielmehr möglichst trennscharf eingesetzt. In Anlehnung an DigCompEdu können digitale Technologien wie in Abbildung 2-3 strukturiert werden.

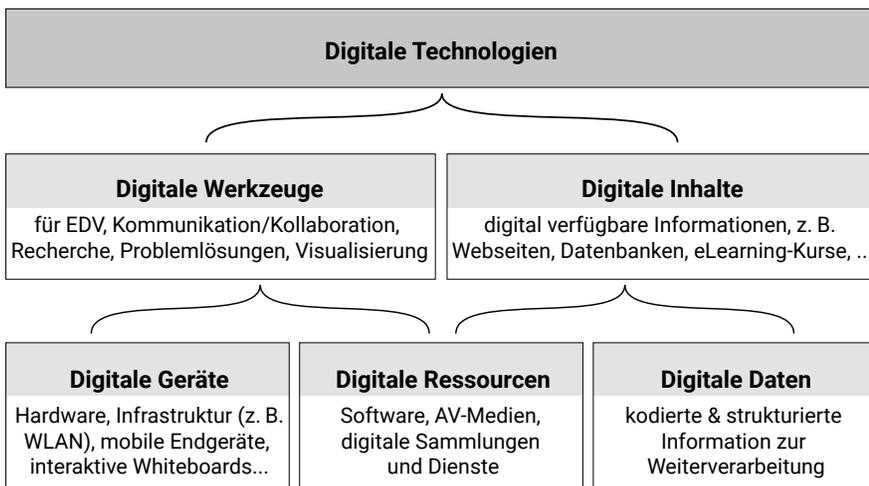


Abb. 2-3: Elemente digitaler Technologien (verändert nach DigCompEdu)

### Digitale Werkzeuge

Digitale Ressourcen werden mit Geräten nutzbar und können in dieser Kombination als Werkzeuge im Lehr-Lernprozess verwendet werden. Digitale Werkzeuge tragen per se keine Informationen, jedoch helfen sie, diese zu erschließen, zu erarbeiten und/oder zu verarbeiten. Entsprechend der Werkzeugmetapher übernehmen digitale Technologien die Rolle als spezifisch zu nutzende Werkzeuge im Lehr-Lernprozess in unterschiedlichen Funktionsbereichen (→ Abb. 2-4).

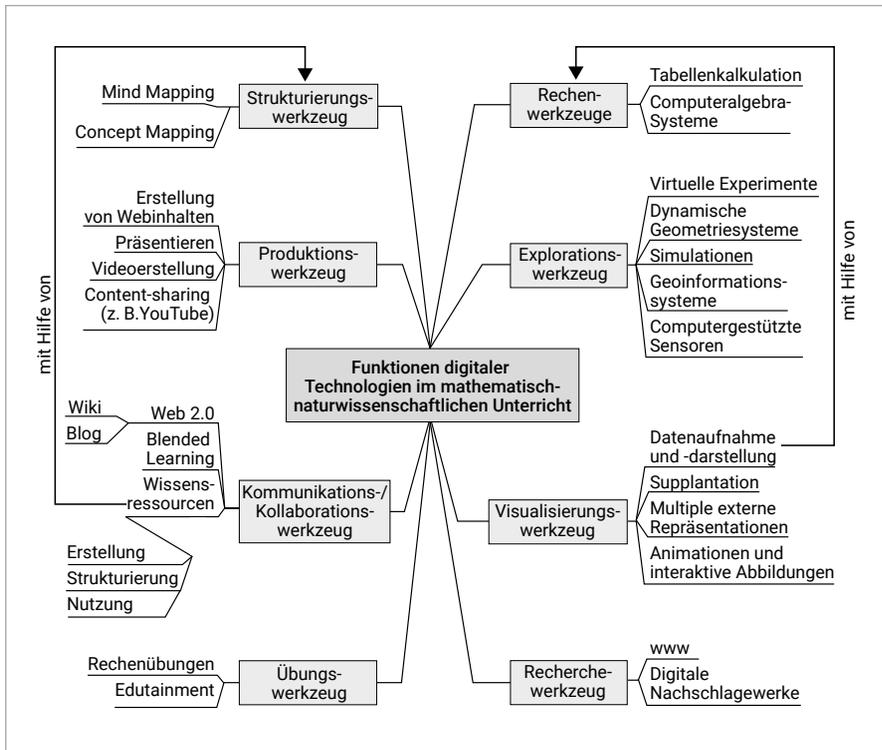


Abb. 2-4: Digitale Technologien als Werkzeuge im MINT-Unterricht (verändert nach Schaal/Spannagel/Vogel 2013)

Mit diesem dargestellten Begriffsverständnis sollte deutlich geworden sein, dass im fachdidaktischen und im unterrichtlichen Diskurs der Begriff *digitale Medien* oft nicht präzise genug ist, um die unterrichtlichen Planungsentscheidungen angemessen zu beschreiben. Zugleich stellt die in Abbildung 2-3 dargelegte Begriffsbestimmung in nicht-wissenschaftlichen Diskursen eine Herausforderung dar, da eine stets präzise Darstellung sperrig und im Alltag schwer präzisierbar ist. Aus diesem Grund verwenden wir hier im Buch an den Stellen, an denen eine präzise Begriffsverwendung notwendig ist, die eng definierten Begriffe (z. B. wenn die Werkzeugmetapher notwendig ist). Wenn eine differenzierte Begriffsverwendung nicht notwendig oder von der Gesamtheit des Digitalen die Rede ist, dann wird der Oberbegriff *digitale Technologien* verwendet.

## 2.2 Digitale Potenziale – technologisch und fachdidaktisch

Digitalisierung wird durch einen fortwährend andauernden und technologischen Entwicklungsprozess vorangetrieben, der die Gesellschaft sowie die Arbeitswelt durchzieht und schlussendlich auch den Bildungsbereich erreicht. Während in der Wirtschaft immerzu große Schritte im digitalen Wandel gegangen werden, indem Allianzen beispielsweise zur Etablierung von 5G-Netzwerken geschlossen werden, bleiben digitale Potenziale im Bildungsbereich noch eher zögerlich erschlossen (→ K 2-1). Ziele der Digitalisierung liegen in der Industrie wie mittlerweile auch gleichermaßen in der Bildung darin,

- Prozesse zu optimieren oder auch grundlegend zu verändern,
- Arbeits-/Lehr-Lernbedingungen zu verbessern sowie
- eine optimale Passung zwischen Produkt und Kundenanspruch/Lernendem zu realisieren.

Übertragen auf das Lehr-Lerngeschehen im Unterricht beschreibt Digitalisierung die Integration digitaler Technologien in bestehende Lehr-Lernprozesse sowie deren Erweiterung um neue digitale Lernzugänge (→ Kap. 2.5). Letztere gehen im besonderen Maße mit dem Ziel einer hohen Passung/Adaption zwischen Lerngegenstand und Bedürfnissen der Lernenden einher (→ Kap. 3), um beispielsweise neue Möglichkeiten in der Individualisierung von Lernen zu schaffen und/oder auf den gesellschaftlichen wie auch kulturellen Wandel angemessen vorzubereiten.

i

### **K 2-1: Bildungssystem als digitale Innovationsbremse?**

Während in der Wirtschaft Produktionsprozesse stetig optimiert und Kundenbedürfnisse schnell berücksichtigt werden, scheinen sich in Schule und Lehrkräftebildung Veränderungen und Entwicklungen deutlich weniger stark und langsamer auf Unterrichtsprozesse auszuwirken. Auch wenn zwischen dem angestrebten Produkt guten Unterrichts – einem zur gesellschaftlichen Teilhabe, gebildeten Menschen – und der Alltags- und Berufswelt eine direkte Verbindung besteht, ist der Weg dorthin verzögert und wenig agil. Im Vergleich zur Wirtschaft kommt hinzu, dass systematische Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen von Lehrkräften in viel geringerem Maße sowie tendenziell immer seltener (Kuschel u. a. 2020) genutzt werden und deshalb eine Reaktion auf sich wandelnde Herausforderungen oft schleppend verläuft. Die Einkehr digitaler Informationen und Technologien in Unterrichtsprozesse hat es folglich schwerer, auch weil sich die von ihnen ausgehenden Potenziale zum einen (i) in den etablierten Konzepten beweisen und zum anderen (ii) für die Veränderung von Lehr-Lernprozessen erschlossen werden müssen. Beides ist an ein stetig wachsendes Forschungsfeld zum digitalen Lehren und Lernen im Unterricht gebunden: (i) zu Wissen und Wirkung über jene digitalen Potenziale sowie (ii) zu Wissen bzgl. Innovationen zum Lehren und Lernen, die auf Basis digitaler Technologien bereits möglich sind.

## **2.2.1 Technologische Perspektive**

Es ist unter bestimmten Aspekten wesentlich, den historischen Prozess der Digitalisierung zu berücksichtigen, um darüber den Transformationsprozess im Bildungsbereich einordnen zu können. Mitte der 1960er-Jahre setzte die Entwicklung von Computern ein und sie wurde von Beginn an von Perspektiven und Potenzialen zur Optimierung von Abläufen des wirtschaftlichen Sektors und in diesem Bereich tätigen Firmen wie z. B. IBM (International Business Machines Corporation) getrieben. Bei der Einführung von Computern in den Unterricht mit dem Fach Informatik fehlte ein solcher, genereller Optimierungsaspekt von Lehren und Lernen völlig. Vielmehr standen in den ersten Phasen nach der Einführung eine Rechner-, Algorithmen- und Anwenderorientierung im Vordergrund (Humbert 2006). Aus digitalen Neuerungen in Bezug auf Hardware und Software erwachsende Potenziale für den (Biologie-)Unterricht wurden bis ins 21. Jahrhundert individuell und nicht strukturiert genutzt. Nach einer Phase, in der Schulbuchverlage gezielt Lehr- und Lernsoftware konzipierten, ist aktuell der größte Teil der genutzten Anwendungen und Apps nicht originär für den Biologieunterricht konzipiert. Demnach fehlen jeweils zumeist auch vorab definierte Ziele, die damit erreicht werden sollen (→ Kap. 5). In der Folge stehen Lehrkräfte vor einer Vielzahl von Herausforderungen, die bei-