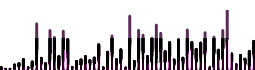


Inklusiver Unterricht in MINT-Fächern bei Sehbehinderung

Dr. Tobias Mahnke (Blista), Prof. Dr. Monika Maria Möhring (Technische
Hochschule Mittelhessen)

DOI: <https://doi.org/10.21248/gups.69148>



aus dem Sammelband

Digitale Barrierefreiheit in der Bildung weiter denken

Innovative Impulse aus Praxis, Technik und Didaktik

Herausgeber*innen

Dr. Sarah Voß-Nakkour, Linda Rustemeier, Prof. Dr. Monika M. Möhring,
Andreas Deitmer, Sanja Grimminger

Verlag

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg

1. Auflage 2023

DOI: <https://doi.org/10.21248/gups.62773>

ISBN 978-3-88131-102-1



Dieses Werk wurde unter der Lizenz „Creative Commons Namensnennung“
in Version 4.0 (abgekürzt „CC BY 4.0“) veröffentlicht.

Inklusiver Unterricht in MINT-Fächern bei Sehbehinderung

Dr. Tobias Mahnke (Blista),

Prof. Dr. Monika Maria Möhring (Technische Hochschule Mittelhessen)

Abstract:

Die Fachdidaktik in Informatik sowie den mathematischen, technischen und naturwissenschaftlichen Fächern, den sogenannten MINT-Fächern, arbeitet in großem Umfang mit Bildern und grafischen Beziehungen. Diese Inhalte blinden und sehbehinderten Schüler*innen und Studierenden zu vermitteln, stellt Lehrende vor besondere Herausforderungen. Darüber hinaus erfordern Distanzunterricht, Selbststudium und Gruppenphasen zusätzliche technologische und didaktische Anpassungen im alltäglichen Unterricht. Anhand einer Langzeit-Fallstudie der Deutschen Blindenstudienanstalt e. V. (blista) in Marburg wird aufgezeigt, wie die Vermittlung von Bildern, Formen und Beziehungen in den Fächern Biologie, Geografie, Mathematik und Chemie gelingt. Zum erfolgreichen Einsatz kommen digitale Werkzeuge, taktile Grafiken, haptische Modelle sowie dynamische haptische Modelle und Experimente.

Schlüsselbegriffe: Inklusion, naturwissenschaftlicher Unterricht, mathematischer Unterricht, technischer Unterricht, Modelle, Didaktik, dynamische Prozesse

1. Einführung

1916 gegründet, werden an der blista seit über 100 Jahren blinde und sehbehinderte Menschen beschult. Obwohl es sich um eine Förderschule handelt, werden die Curricula des Landes Hessen zur Erlangung des Abiturs nahezu vollständig umgesetzt. Hierzu bedarf es jedoch besonders angepassten Materials sowie nicht alltäglicher Methoden in der Wissensvermittlung. Dies gilt insbesondere für die stark visusorientierte Wissensvermittlung im Bereich der Naturwissenschaften. Mit der erzwungenen Distanzbeschulung unserer Schüler*innen kamen neue



Herausforderungen hinzu. In diesem Beitrag werden exemplarisch das Vorgehen an der Carl-Strehl-Schule (CSS) der blista im Allgemeinen sowie die Herausforderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht im Besonderen dargelegt.

2. Didaktische Grundlagen

Die Didaktik naturwissenschaftlicher Disziplinen in MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) stützt sich, anders als in sprach- und geisteswissenschaftlichen Fächern, im Wesentlichen auf grafische Darstellungen. Als visuelle Medien dienen beispielsweise in der Biologie Zeichnungen, Listen, Filmmaterial und Präsentationsfolien. Didaktische Konzepte richten sich nach den Lernzielen, um strukturiertes Wissen, aber auch Fachkompetenzen zu erwerben. Nicht zuletzt will man langfristig eine Berufstätigkeit in MINT-Fächern oder mit deren Kenntnissen ermöglichen und für Schüler*innen attraktiv erscheinen lassen. In der Lehre hat sich hier der Begriff „Fachdidaktik“ etabliert (Vollmer, 2014) – ein Konzept, um den besonderen Herausforderungen der Vermittlung komplexer und bedeutungsschwerer Inhalte Rechnung zu tragen. Es geht laut Nägele & Stalder (2017) nicht nur um das Vermitteln und Reproduzieren von fachbezogenen Kenntnissen und Fähigkeiten, sondern bereits im frühen Lernalter auch um die Übertragbarkeit auf andere Bereiche der Lebenswelt. Schließlich trägt der Erwerb von tiefem Wissen zur sozialen Konstruktion des anthropologischen und sozialen Selbst der Schüler*innen bei (Berger & Luckmann, 1966).

In der Fachdidaktik von MINT-Fächern spielen visuelle Medien eine besonders wichtige Rolle. Da diese Inhalte die Fähigkeit des Sehens voraussetzen, befinden sich Schüler*innen und Studierende mit eingeschränktem oder fehlendem Sehvermögen in einer „lernbezogenen Isolation“, welche ein aktives Verstehen der gelehrten Konzepte unmöglich macht (Marinho et al., 2016) und somit letztlich die Persönlichkeitsentwicklung hemmt. Hier kommen durch die Fachdidaktik neu zu entwickelnde komplexe, meist taktile, Ressourcen für sehingeschränkte Schüler*innen zum Einsatz. Diese benötigen wesentliche Charakteristika (Delou et al., 2012; Cerqueira & Ferreira, 1996): Die Dimensionen müssen handhabbar sein und der Ausschnitt aus der Realität umrissen genug, um ein Begreifen noch möglich zu machen. Diese Anforderungen gelten für Inhalte aus dem physischen und virtuellen Präsenzunterricht in gleichem Maße wie für den angeleiteten Gruppenunterricht, das Selbststudium und die Wiederholung von Unterrichtsstoff.



Didaktisches Material sollte permanenten Berührungen standhalten und intuitiv zu erschließen sein. Taktile Lehrmittel beinhalten idealerweise Beschriftungen in Braille; audiotaktile Medien zusätzlich mündliche Erklärungen, damit sehingeschränkte Schüler*innen sich Inhalte auch selbstständig erschließen können (Delou et al., 2012).

Um die Kommunikation und das Lernen in Gruppen zu ermöglichen, ist in der Regel eine Kombination von Stimuli nötig, um Schüler*innen verschiedener visueller Beeinträchtigungen gleichermaßen zu befähigen. Als Garant von Nützlichkeit und Bedeutung eignen sich stark kontrastierende Farbkombinationen, Texturen und Vergrößerungen (Delou et al., 2012) beziehungsweise Materialien in verschiedenen Abwandlungen für verschiedene Zielgruppen innerhalb einer Kohorte.

3. Methodischer Ansatz

Die Studie erfolgte in einem interpretivistischen Paradigma (Berger & Luckmann, 1966) zunächst explorativ. Anhand von Fallstudien mit assistiven Hilfsmitteln erhielten die Lehrkräfte qualitatives Feedback von den Schüler*innen. Hierbei wurde der pragmatisch abduktive Ansatz der korrigierenden Aktion in mehreren Zyklen nach Van de Ven (2007) verfolgt. Die so stabilisierten Lehrprozesse verifizierten wir anhand von Lehrkontrollen, Zensuren und der Bewältigung von Abituraufgaben, welche vornehmlich für Sehende bestimmt waren. Ein Bericht an die Schulleitung im Ansatz des Engaged Scholarship (Van de Ven, 2007) rundete das methodologische Vorgehen ab.

4. Assistive Technologien

Zur Beschulung blinder und sehbehinderter Menschen wurden diverse assistive Technologien entwickelt (Capovilla & Gebhardt, 2016): IT-gestütztes Lernen, Screenreader, Braille-Zeilen sowie taktile Grafiken und haptische Modelle. Um der Expertise der blista und den neusten technologischen Entwicklungen gleichermaßen Rechnung zu tragen, wurden diese mit den herkömmlichen taktilen Hilfsmitteln kombiniert und neue Techniken erprobt. Im Folgenden wird eine Übersicht der eingesetzten Technologien und Konzepte anhand der gelehrtten MINT-Fächer gezeigt. Exemplarisch werden die darin aufgeführten Hilfsmittel und Techniken in Unterkapiteln behandelt:



Tab. 1: Beispiele für Sehbehinderten-Fachdidaktik an der blista (eigene Darstellung)

Hilfsmittel (Kapitel)	Biologie/ Geografie	Chemie	Mathematik
Digitale Werkzeuge (4.1)	blistaPad, blistaMeet, Screenreader	blistaPad, blistaMeet, Screenreader	blistaPad, blistaMeet, Screenreader
Taktile Grafiken und haptische Modelle (4.2)	Schwellgrafiken, z.B. taktile Landkarten 3-D-Reliefs (Tiefziehverfahren)	Schwellgrafiken, z.B. Strukturformeln Gallusbrett	Schwellgrafiken, z.B. für Kurvendiskussion Gallusbrett
Dynamische haptische Modelle und Experimente (4.3)	3-D-Experiment „Fließgewässer“; Interaktives Modell für Membranprozesse	Spezielle Kalottenmodelle Reaktionsmechanismus auf Whiteboard Experiment „Flammenzonen“	Modellbausatz aus 3-D-Drucker für trigonometrische Funktionen Gallusbrett

4.1 Digitale Werkzeuge

Anfang der 2000er Jahre hat die Carl-Strehl-Schule begonnen, die Schüler*innen ab der Jahrgangsstufe 7 mit Laptops auszustatten. Die Nutzung der digitalen Endgeräte wird dabei durch das Fach Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) unterstützt. Neben der reinen Textverarbeitung (z.B. 10-Finger-Schreiben, Nutzung von Braille-Zeilen zur Textein- und Textausgabe) werden auch Aspekte der Begriffsbildung (z.B. Aufbau einer Tabelle) sowie Kompetenzen zur Nutzung weiterer Anwendungen (z.B. Online-Recherche, Bücher scannen und anschließend bearbeiten) vermittelt. In den folgenden Jahrgangsstufen erfolgt der Austausch von Textmaterial hauptsächlich digital über einen zentralen Server (EDU), auf den auch außerhalb des Schulnetzes zugegriffen werden kann.

Eine weitere Form des digitalen Austauschs wurde mit dem blistaPad geschaffen. Hierbei handelt es sich um eine elektronische Tafel, auf die von jedem Internetzugang aus zugegriffen werden kann. Sie ist in Bezug auf Blindheit und Sehbehinderung barrierefrei programmiert und bietet in Echtzeit die Möglichkeit eines Schreibgesprächs. Insbesondere von unseren Schüler*innen mit dem Förderschwerpunkt „Hören“ wird diese Form der Kommunikation sehr geschätzt.



Als dritte Säule zur digitalen Beschulung wurde ein Videokonferenzsystem, blistaMeet, eingeführt, welches sowohl von Lernenden also auch von Lehrenden gut angenommen wurde (Hellwig & Mahnke, 2020). Durch die Anwendung von EDU, blistaPad und blistaMeet, deren Mix situativ kreiert wird, ist der Austausch von Texten und Diskussionsbeiträgen auch im Distanzunterricht gesichert.

Insbesondere naturwissenschaftlicher Unterricht ist darüber hinaus jedoch stark auf Informationsvermittlung durch Grafiken und physische Modelle sowie Erkenntnisgewinnung über experimentelle Erarbeitungen geprägt. Hierauf wird im Folgenden eingegangen.

4.2 Taktile Grafiken und haptische Modelle

Einfache Grafiken, z.B. ein Graf im Koordinatensystem oder eine chemische Strukturformel, können gut mittels Schwellpapier taktil dargestellt werden (Helios, 2001). Bei komplexeren Grafiken, z.B. Landkarten oder biochemischen Vorgängen in einer Zelle, bietet die Schwellkopie zu wenig Gestaltungsoptionen. Das Herstellen einer taktilen Grafik mit unterschiedlichen Materialien bietet die Chance, Bildelemente auf mehreren Ebenen, durch unterschiedliche Oberflächentexturen (Sandpapier, Wellpappe etc.) und verschiedene Formen sowie Größen darzustellen (Abb. 1). Durch das Tiefziehverfahren können von diesen Matrizen Abzüge zum Gebrauch im Unterricht hergestellt werden. Bei diesen Umsetzungen von Grafiken ist es für den inklusiven Unterricht von größter Bedeutung, dass taktile und visuelle Grafiken gleich aufgebaut sind, um sich im Unterricht über die Materialien austauschen und Aufgaben gemeinsam bearbeiten zu können. Dies bedarf unter Umständen einer kompletten Neugestaltung der Vorlage, an der Grafiker*innen, Fachlehrkräfte und Modellbauer*innen gemeinsam arbeiten (Abb. 2).





Abb. 1: Detailaufnahme einer taktilen Landkarte der deutschen Nordseeküste (eigene Abbildung). Im Tiefziehverfahren mit schrumpfendem Kunststoff werden die verschiedenen Oberflächentexturen und Relieftiefen exakt für die Lernenden reproduziert.

Neben Grafiken sind Modelle ein integraler Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Sie können einen wesentlichen Beitrag zur Begriffsbildung bei abstrakten Sachverhalten liefern.

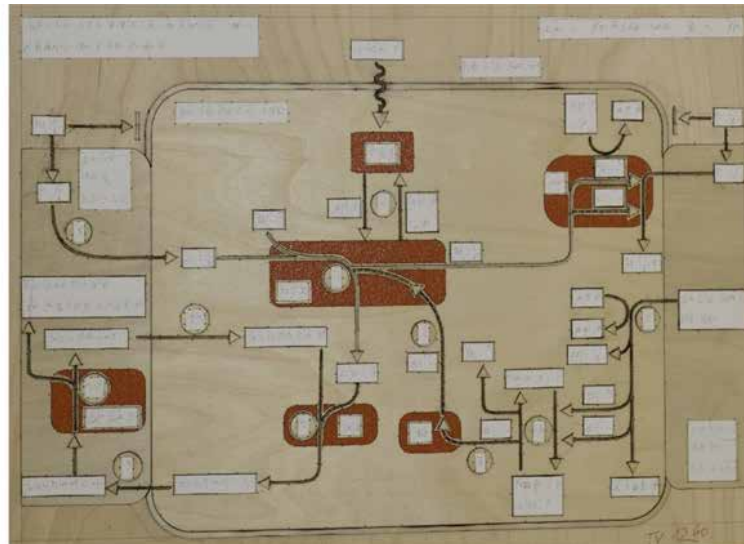
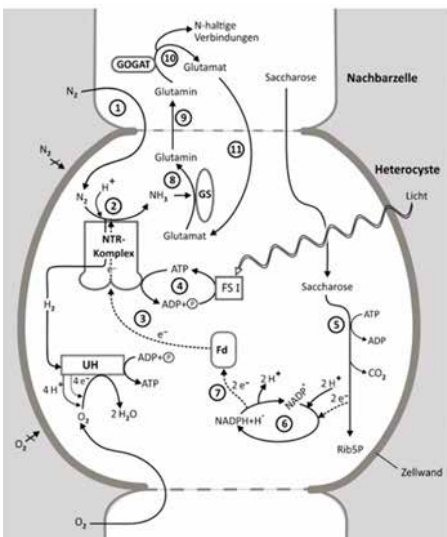


Abb. 2: Metabolische Kreisläufe einer Zelle für den Biochemie-Unterricht. Links die Originalgrafik (Hessisches Kultusministerium 2021). Zur Vermeidung von sich überkreuzenden Linien wurde die Abbildung für die taktiler Rezeption komplett neu gestaltet (rechts; eigene Abbildung).



4.3 Dynamische haptische Modelle und Experimente

Ein Beispiel für haptisches Lernen sei hier anhand des Geografieunterrichtes erläutert. Blinde Menschen können viele „allgemein bekannte“ Phänomene nicht unmittelbar wahrnehmen: der Aufbau einer Baumkrone, die Form einer Kerzenflamme oder der Verlauf eines Flusses. Hier gilt es, den Fragestellungen sowohl des Unterrichts als auch der Schüler*innen gerecht werdende Modelle einzusetzen. Fragestellungen rund um das Ökosystem „Fließgewässer“ können z.B. ebenfalls mit einem Modell aus dem 3-D-Drucker gut dargestellt werden (Schapat, 2019). So kann das im natürlichen Zustand eines Flusses typische Mäandern mit dem Finger nachvollzogen werden. Auch daran anschließende Fragen nach Strömungsgeschwindigkeiten, Erosionszonen oder dem Flussbettquerschnittsprofil lassen sich daran unmittelbar erarbeiten. Hierzu wird Wasser durch das Modell geleitet und mit dem Finger an verschiedenen Stellen der Wasserlauf qualitativ untersucht. Durch eine Änderung der Modellsteigung kann zudem die Fließgeschwindigkeit insgesamt verändert werden und somit können Aspekte aus Ober-, Mittel- oder Unterlauf unmittelbar thematisiert werden (Abb. 3).



Abb. 3: Das Flussmodell im Einsatz (eigene Abbildung)



Auch in der Fachdidaktik der Biologie spielt das haptische Erleben und Begreifen eine große Rolle. Membrantransportprozesse sind für unser Leben essenziell. Energiegewinnung in den Zellen, Informationsübermittlung zwischen Nervenzellen oder Nahrungsaufnahme aus dem Darm: All diese Prozesse finden an Grenzflächen und somit Membranen statt. Obwohl die grundlegende Dynamik mit „Ein Teilchen befindet sich vorher auf der einen und nachher auf der anderen Membranseite“ immer gleich lautet, unterscheiden sich die tatsächlich ablaufenden Prozesse je nach Ausgangslage erheblich. Diese Ausgangslage, z.B. deren Verteilung auf beiden Membranseiten, kann anhand eines Modells von jedem Lernenden selbstständig analysiert werden (Schapat, 2020) (Abb. 4). Anschließend können die Teilchen von einer Seite auf die andere geschoben werden. Je nach Ausgangslage stehen dazu unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung: vom freien, in beide Richtungen durchlässigen Tunnel bis hin zum energieaufwendigen monodirektionalen Transport. Die Entscheidung, wann welcher Prozess zum Tragen kommt, wird anhand der Ausgangslage und an Zellen beobachteter Phänomene gefällt.

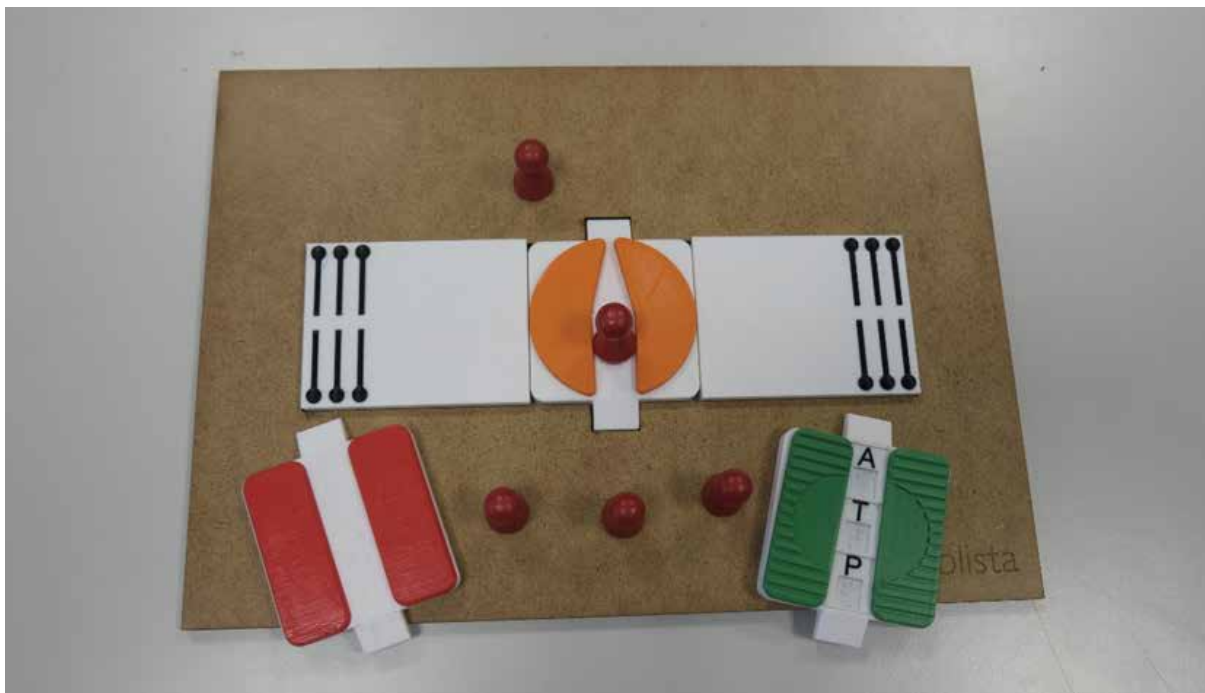


Abb. 4: Unterschiedliche Membranproteine können, je nach Anforderung, den Durchgang von Stoffen durch die Membran regulieren. Dies wird als logisch konstruiertes Spielbrett im Unterricht nachvollzogen (eigene Abbildung).



Das Verständnis dynamischer Prozesse spielt jedoch auch in vielen anderen Bereichen eine entscheidende Rolle. Chemische Reaktionsmechanismen können z. B. über Magnetsymbole auf einem kleinen Whiteboard dargestellt werden (Schneiderei, 2008). Auch hierbei erfolgt der Prozess, wie bereits geschildert: Zunächst werden Moleküle gelegt und die Ausgangssituation wird analysiert, anschließend können nach vorher erarbeiteten Regeln bestimmte Symbole bewegt werden (Mahnke, 2020) (Abb. 5). Mithilfe dieser Magnetsymbole können selbstverständlich auch nicht chemische Vorgänge, wie z.B. politische Entscheidungsprozesse oder gesellschaftliche Entwicklungen, dargestellt werden. Zur Ergebnissicherung kann anschließend entweder eine spontan erstellte, dem Schüler*innenergebnis entsprechende und dieses würdigende Schwellkopie, oder eine bereits im Vorfeld tiefgezogene Matrize ausgeteilt werden.

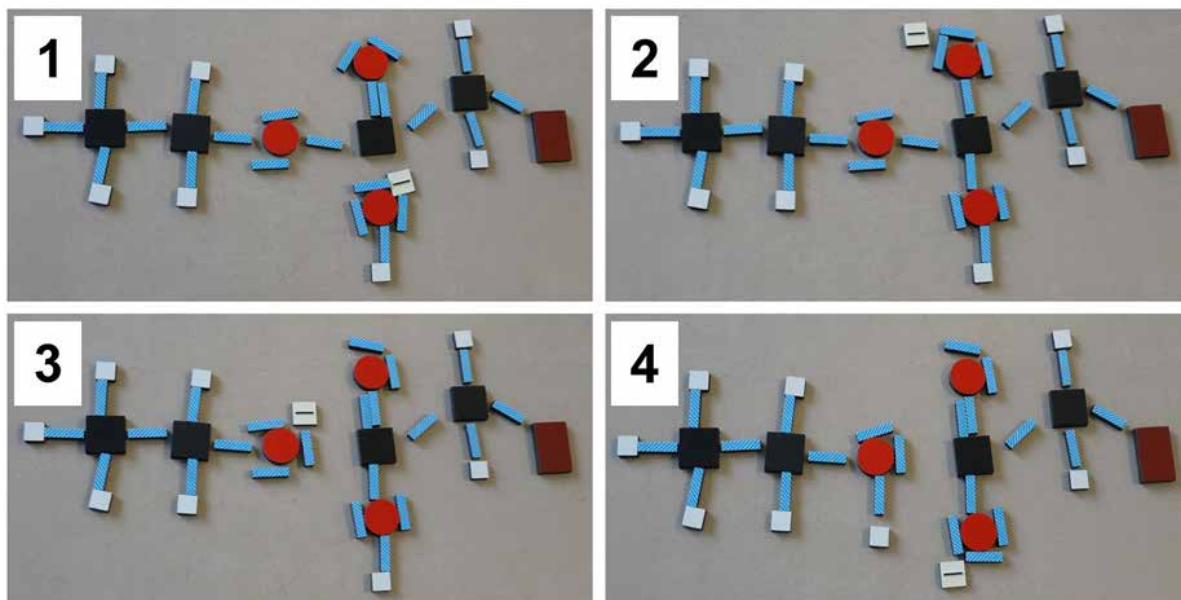


Abb. 5: Entwicklung eines Reaktionsmechanismus' während einer Klausur. Die einzelnen Schritte werden von den Lernenden gelegt und anschließend von der Lehrkraft zur späteren Bewertung fotografisch dokumentiert (eigene Abbildung).

Das spontane Aufgreifen und Integrieren von Fragen und Beiträgen Lernender in den Unterricht ermöglicht in besonderer Weise eine tiefergehende Lernerfahrung und Persönlichkeitsbildung. Mithilfe der bereits beschriebenen Magnetsymbole kann die Bandbreite der im Curriculum verankerten Molekülklassen dargestellt und in



Aufgaben angewendet werden. Mit diesem System lassen sich jedoch keine Grafen, wie sie z.B. in der Mathematik vorkommen, hinreichend genau abbilden. Hierzu hat sich das Gallusbrett (Hahn, 2011) durchgesetzt. Auf einer Gummiunterlage wird eine Folie, vergleichbar mit einer Klarsichthülle, eingespannt, die mit einer stumpfen Zirkelspitze oder einem Kugelschreiber durch leichten Druck geprägt werden kann. Die verwendete Folie ist, je nach Aufgabenstellung oder Intention der zeichnenden Person, blank oder mit Kästchen, Linien bzw. Koordinatensystemen vorgeprägt. Die so entstandenen Werke können wie Schwellkopien oder tiefgezogene Folien vom Lernenden als haptische Modelle in die eigenen Unterlagen übernommen werden.

Das nächste Beispiel widmet sich der Mathematik in der Mittelstufe.

Trigonometrische Funktionen stellen einen festen Bestandteil mathematischer Curricula dar. Begriffe wie „Sinus“, „Cosinus“ und „Tangens“ sind den Lernenden in aller Regel jedoch nicht aus ihrem Alltag bekannt. Dennoch spielen sie in unserem Alltag in der Elektrotechnik oder der Landvermessung eine große Rolle. Grundbegriffe und ein basales Verständnis trigonometrischer Funktionen kann man anhand einer Fragestellung aus dem Alltag vermitteln.

Als Beispiel soll hier die Problemstellung in der Arbeitssicherheit dienen. Die Berufsgenossenschaft Bau (2022) empfiehlt aus Sicherheitsgründen einen Anstellwinkel einer Leiter von 70 Grad. Andernfalls kann sie entweder wegrutschen oder nach hinten umkippen. Anhand eines Modellbausatzes aus dem 3-D-Drucker können Lernende das selbstständig überprüfen (Kalina, 2017) (Abb. 6 links). Ganz nebenbei wird dabei auch festgestellt, dass sich der Winkel „Boden-Leiter“ beim Verschieben des Leiterfußes verändert und dass das System „Boden-Wand-Leiter“ ein Dreieck mit einem rechten Winkel zwischen Boden und Wand bildet. Dieses Dreieck lässt sich mit einem gegenständlichen Dreieck füllen. Nimmt man dieses System auseinander, erhält man ein Dreieck, das man wiederum auf ein Blatt Papier übertragen kann (Abb. 6 rechts). Hat man eine definierte Leiterlänge, lässt sich der Abstand des Leiterfußes von der Wand leicht berechnen, um die Sicherheitsanforderung zu erfüllen. Insgesamt bietet man den Lernenden auf diese Weise eine Abstraktionsreihe an, die viele individuelle Anknüpfungspunkte für erfolgreiches Lernen bietet (Bruner, 1974).





Abb. 6: Das System „Leiter-Boden-Wand“ aus dem 3-D-Drucker (links), das auseinandergenommene System mit Dreieck (rechts; eigene Abbildung).

5. Limitierungen im Distanzunterricht

Im Unterricht mit blinden und sehbehinderten Schüler*innen stellen digitale Medien eine große Erleichterung dar, wenn es um Textbearbeitung geht. Auch in der Distanzbeschulung lassen sich solche Dokumente problemlos bearbeiten. Den Text begleitende, vorproduzierte Grafiken lassen sich per Post zusenden, ebenso weitere Hilfsmittel, z.B. ein Gallusbrett oder die Magnetsymbole. Ob die Grafikerkundung jedoch fachgerecht erfolgt (Bornschein & Engel, 2020) oder die von den Lernenden selbst produzierten Grafiken oder erarbeiteten Prozesse anerkannten Erkenntnissen entsprechen bzw. der Aufgabenstellung gerecht werden, lässt sich häufig nicht unmittelbar überprüfen. Zwar stehen Videokonferenzsysteme unterschiedlicher Anbieter zur Verfügung, diese dürfen jedoch aus Gründen des Datenschutzes und der Wahrung persönlicher Rechte oftmals nicht zielführend eingesetzt werden.

Die Erfahrungen an der Carl-Strehl-Schule haben gezeigt, dass insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht mit den aktuell zur Verfügung stehenden Materialien und den sich daraus ergebenden Methoden in der Distanzbeschulung



eine Vielzahl an Inhalten nicht nachhaltig verankert werden konnten. Mit großem Interesse verfolgen wir aktuelle Entwicklungen, z.B. die Verwendung von Braille-Displays (Prescher, 2016), und erarbeiten – immer im engen Austausch mit unseren Schüler*innen – selbstverständlich weiterhin neue Modelle und Methoden, die hoffentlich nicht nur an unserer Einrichtung zum Einsatz kommen.



Quellen

Berger, P. & Luckmann, T. (1966). The social construction of reality. A treatise in the sociology of knowledge. New York: Doubleday.

Berufsgenossenschaft Bau (2022). Anlegeleitern richtig aufstellen. Online unter: https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Bausteine/b_131-1/b_131-1-de.pdf (zuletzt aufgerufen am 24.4.2022)

Bornschein, D. & Engel, C. (2020). Erkundung Taktiler Grafiken. Schulungsunterlagen für blinde und sehbehinderte Menschen. Dresden: Technische Universität Dresden.

Bruner, Jerome S. (1974): Sprache und Lernen, Band 5 – Entwurf einer Unterrichtstheorie. Düsseldorf: Schwann.

Capovilla, D. & Gebhardt, M. (2016). Assistive Technologien für Menschen mit Sehschädigungen im inklusiven Unterricht. Zeitschrift für Heilpädagogik 67, 4–15.

Hahn, V. (2011). Tastbares Geometrisches Zeichnen im Mathematikunterricht bei Blinden. Dortmund: Technische Universität Dortmund.

Helios, D. (2001). Handbuch zur Erstellung taktiler Graphiken. Karlsruhe: Technische Universität Karlsruhe.

Hellwig, M. & Mahnke, T. (2020). Unterricht auf Distanz - Technische Voraussetzungen und deren Nutzung an der blista. blind-sehbehindert 140 (4), 192–195.

Hessisches Kultusministerium (2021). Abiturprüfung 2021 Nachtermin, Biologie Vorschlag B. Material 1: Stickstofffixierung bei Cyanobakterien. Wiesbaden: Hessisches Kultusministerium.

Kalina, U. (2017). Sinus im Dreieck. Einführung in die Trigonometrie. In MuLI – Multimediale Lernpakete für den inklusiven Unterricht. Marburg: Deutsche Blindenstudienanstalt. Online unter: <https://www.inklusion-jetzt.de> (zuletzt aufgerufen am 30.1.2022)

Mahnke, T. (2020). Dealing with Lewis structures in chemistry lessons. British Journal of Visual Impairment 39(1), 84–87.



Marinho, L.P., Castro, H.C., Lyrio, E.C.D. & Delou, C.M. (2016). Construction of an Affordable, Tactile, Didactical and Inclusive Material Aimed to Teach Biology and Biotechnology to Blind and Visually Impaired Students. *Creative Education* 7 (17), 2666–2677.

Nägele, C. & Stalder, B. (2017). Competence and the Need for Transferable Skills. In M. Mulder (Hrsg.), *Competence-based Vocational and Professional Education, Technical and Vocational Education and Training: Issues, Concerns and Prospects* 23. Bern: Springer.

Prescher, D. (2016). *Taktile Interaktion auf flächigen Brailledisplays*. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden.

Schatpat, T. (2019). *Fließgewässer. Im Wechselspiel der Kräfte*. MuLI – Multimediale Lernpakete für den inklusiven Unterricht. Marburg: Deutsche Blindenstudienanstalt. Online unter: www.inklusion-jetzt.de

Schatpat, T. (2020). *Membrantransporte. Wege in die Zelle*. MuLI – Multimediale Lernpakete für den inklusiven Unterricht. Marburg: Deutsche Blindenstudienanstalt. Online unter: www.inklusion-jetzt.de

Schneiderei, W. (2008). *Strukturlegekästen für Lewis-Formeln*. Integration von Schülerinnen und Schülern mit einer Sehschädigung an Regelschulen. Dortmund: Universität Dortmund.

Willingham, D.T. (2005). Ask the Cognitive Scientist: Do Visual, Auditory, and Kinesthetic Learners Need Visual, Auditory, and Kinesthetic Instruction? *American Educator* 29 (2), 31–35.

Van de Ven, A.H. (2007). *Engaged Scholarship: A Guide for Organizational and Social Research*. Oxford: Oxford University Press.

Vollmer, H.J. (2014). Fachdidaktik and the Development of Generalised Subject Didactics in Germany. *Éducation et didactique*, 8–1.

