

Lehr- und Lernmedium Computer

Karl Josef Fuchs

1 Konzepte im Kontext mathematischer und Informatischer Bildung

Bei der Diskussion um den Technologieeinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht stand sehr bald der Kompetenzbegriff im Mittelpunkt (Mitgutsch, 2016). Hans-Stefan Siller und Karl Josef Fuchs präsentierten im Kontext von Technologieeinsatz 2009 ein dreigliedriges Modell, das sich aus den Pfaden Konstruktion/Dekonstruktion, Funktion und Evaluation zusammensetzt (vgl. Abb. 1 aus Siller & Fuchs, 2009).

Das Kompetenzmodell aus der Informatik (Fuchs & Landerer, 2005) mit den informatischen Kompetenzen System-, Anwendungs-, Kommunikations- und Problemlöse-/Modellierungskompetenz sind in diesem Modell als Prozess der Entwicklung integriert. Die einzelnen informatischen Kompetenzen werden dabei wie folgt beschrieben:

- Die Systemkompetenz umfasst die Fähigkeiten Aufbau, Funktionsweise und Grenzen von Informatiksystemen (ISn) (Baumann, 1996, S. 287) einschließlich der Fragen nach Sicherheit und Auswirkungen von ISn zu kennen und zu bewerten.
- Die Anwendungskompetenz umfasst die Fähigkeiten zum Dokumentieren/Publizieren, Rech-

nen, Kommunizieren sowie zur Wissensorganisation mit Computern.

- Die Kommunikationskompetenz beschreibt die Fähigkeiten Informatische Anliegen zu artikulieren, informatisch zu argumentieren sowie die Arbeit in Gruppen zu organisieren, die Ergebnisse zu dokumentieren und schließlich zu präsentieren.
- Die Problemlöse-/Modellierungskompetenz umfasst die Beherrschung informatischer Abstraktions-, Modellierungs- und Entwurfstechniken sowie die Anwendung sämtlicher zuvor genannter Kompetenzen zur Lösung (vorwiegend) lebensweltlicher Probleme.

Mit Wirkung auf/im Unterricht werden die Anforderungen an die Lehrenden und Lernenden von der fachlichen Bildung über die Informations- und Kommunikationstechnische Grundbildung bis hin zur jeweils fächerspezifischen Bildung formuliert.

Mit Prozess der Nutzung wird die Implementierung in den Unterricht, die als typenspezifische Lehrstoffe der Mathematik sowie der Informatik/Angewandten Informatik oder einer allgemeinen Medienbildung erfolgt, angesprochen. Die sich mit der Implementierung unmittelbar stellende Diskussion der Lehr-/Lernmaterialien wird ebenfalls in diesem Prozess der Nutzung angedacht.



Abbildung 1. Kompetenzmodell von Siller und Fuchs

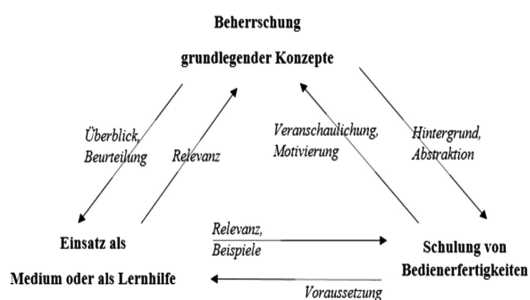


Abbildung 2. Konzept informatischer Bildung nach Hubwieser

Die Verbindung der Kompetenzen mit den drei Subkategorien erfolgt über die Tätigkeit der Konstruktion bzw. Dekonstruktion im Prozess der Entwicklung, über die Auswirkung (Funktion) der Kompetenzen als Wirkung auf/im Unterricht sowie als Evaluation im Prozess der Nutzung.

Die Kategorie Bildung steht in ständiger Wechselwirkung mit dem Bereich Gesellschaft, Industrie, Wissenschaft und Forschung. Dieser wiederum beeinflusst den Prozess der Entwicklung von Kompetenzen und den Prozess der Nutzung von Computern.

Das Modell von Siller und Fuchs mit seinen drei Subkategorien besitzt in seiner Struktur Ähnlichkeiten mit dem Konzept einer umfassenden informatischen Bildung von Peter Hubwieser (2007, vgl. Abb. 2). Dieses Modell beschreibt die Rolle des Computers als Zusammenwirken der Komponenten Unterrichtshilfen, Bedienerschulung und Vermittlung grundlegender Konzepte. Sie bilden die Ecken eines Dreiecks – in der fachdidaktischen Literatur sehr gerne liebevoll als Hubwiesersches Dreieck bezeichnet – werden mit Einsatz als Medium oder als Lernhilfe, Schulung von Bedienerfertigkeiten und Beherrschung grundlegender Konzepte bezeichnet.

Nicht zuletzt zeigt diese Diskussion über die Rolle des Computers im naturwissenschaftlichen Unterricht auch die Grenzen überschreitende Charakteristik dieser Diskussion auf. Fuchs weist in seinem Modell einer Didaktik der Informatik (vgl. Abb. 3) auf diesen Umstand hin und betont, dass die Grenzen zwischen den einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen keinesfalls zu streng gezogen werden dürfen (Fuchs & Landerer, 2021, S. 7).

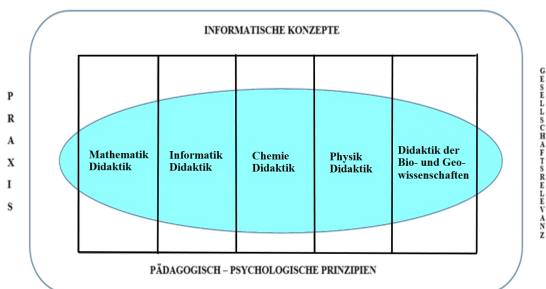


Abbildung 3. Modell einer Didaktik der Informatik nach Fuchs

2 Unterrichtskonzepte und Theorien Multimedialen Lernens

Mit dem Einsatz von Computern im Unterricht haben zahlreiche neue Unterrichtsmethoden Einzug in die Fachdidaktik der Naturwissenschaften gehalten.

Das White Box/Black Box–Black Box/White Box Prinzip Beim Unterrichten nach dem Black-Box-Prinzip (BBP), also nach der Black Box Methode (BBM) wird der Computer als reiner ‚Erfüllungsgehilfe‘ eingesetzt, d. h. die eigentlichen Algorithmen, die der Computer anwendet, interessieren die/den Anwender(in) nicht.

Das Augenmerk gilt ausschließlich dem Ergebnis, z. B. lösen Sie die Ungleichung $|x + 3| \leq 4 \quad \forall x \in \mathbb{R}$ mit dem Computer Algebra System (CAS) Modul des Programmes GeoGebra nach der Black Box Methode (BBM). Das Ergebnis lautet $\{-7 \leq x \leq 1\}$.

Beim Unterrichten nach dem White Box Prinzip (WBP), also nach der White Box Methode (WBM), vollzieht die/der Schüler(in) selbst die einzelnen Problemlöseschritte. Ob das System bei der Lösung des Problems ebenso arbeitet, interessiert die/den Anwender(in) wiederum nicht, Die Problemlöseschritte werden einfach in Analogie zur handschriftlichen Bearbeitung eingegeben. Z. B. lösen Sie das nachfolgende lineare Gleichungssystem mit zwei Gleichungen in zwei Variablen mit GeoGebra schrittweise nach der White Box Methode (WBM) im Gleichsetzungsverfahren (Abb. 4).

| CAS | |
|-----|--|
| 1 | I: $2x+4y=2$ → $2x + 4y = 2$ |
| 2 | II: $5x+6y=1$ → $5x + 6y = 1$ |
| 3 | Löse($2x + 4y = 2, y$) → $\left\{ y = -\frac{1}{2}x + \frac{1}{2} \right\}$ |
| 4 | Löse($5x+6y=1, y$) → $\left\{ y = -\frac{5}{6}x + \frac{1}{6} \right\}$ |
| 5 | Löse($(-1) / 2x + 1 / 2 = (-5) / 6x + 1 / 6, x$) → $\{ x = -1 \}$ |
| 6 | Vereinfache(Ersetze($y = (-1) / 2x + 1 / 2, x, -1$)) → $y = 1$ |
| 7 | Vereinfache(Ersetze($y = (-5) / 6x + 1 / 6, x, -1$)) → $y = 1$ |

Abbildung 4. Lösen eines linearen Gleichungssystems in zwei Variablen nach dem Gleichsetzungsverfahren

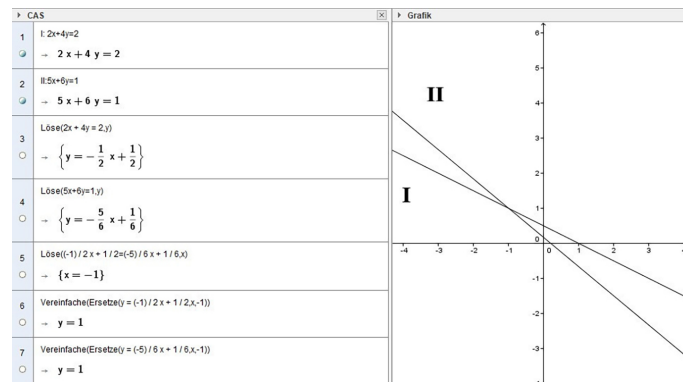


Abbildung 5. Lösen eines linearen Gleichungssystems in zwei Variablen nach dem Gleichsetzungsverfahren in Mehrfenstertechnik

Die beiden Methoden WBM und BBM können als WBBBM, aber auch als BBWBM sinnstiftend im Unterricht als Abfolge verwendet werden. Im Falle von WBBBM zur Übernahme von Routinetätigkeiten durch das System (Pinkernell, 2006), im Falle von BBWBM als motivierender Faktor für die Behandlung eines Themas (Fuchs, 2003, S. 22).

Mehrfenstertechnik

Die Mehrfenstertechnik benennt ein Unterrichtsprinzip bei dem der koinzidente Wechsel der Darstellungsformen (grafisch, numerisch, symbolisch) bei der Lösung eines Problems genutzt wird.

Als Beispiel führen wir die Lösung des linearen Gleichungssystems aus Abbildung 4 durch Übertragung des algebraischen Problems in eine entsprechende grafische Darstellung an (vgl. Abb. 5).

Hand Held Technologie

Die Hand Held Technologie beschreibt die leichte Handhabbarkeit der Softwaretechnologie durch Computer im Taschenrechnerformat. Zu nennen wären hier der TI-Nspire von Texas Instruments sowie der Casio ClassPad II von CASIO (Fuchs & Plang, 2020).

Die Kognitive Theorie Multimedialen Lernens

Zum Abschluss der Auseinandersetzung mit Unterrichtskonzepten im Kontext des Computers als Lehr- und Lernmedium setzen wir uns mit der Kognitiven Theorie Multimedialen Lernens von Richard E. Mayer auseinander.

Für bedeutungsvolles Lernen sind nach Mayer in der Kognitiven Theorie Multimedialen Lernens fünf Prozesse maßgebend:

- Die Auswahl relevanter Wörter zur Verarbeitung im verbalen Arbeitsgedächtnis
- Die Auswahl relevanter Bilder zur Verarbeitung im visuellen Arbeitsgedächtnis
- Die Organisation der ausgewählten relevanten Wörter in verbalen Modellen

- Die Organisation der ausgewählten relevanten Bilder in visuellen Modellen
- Die Zusammenführung der verbalen und visuellen Repräsentationen und deren Integration mit Vorkenntnissen (Mayer, 2005)

Die Kognitive Theorie Multimedialen Lernens führte nach einer Vielzahl von Evaluationen zur Formulierung der folgenden Multimediaprinzipien. Einzelne Prinzipien werden durch Beispiele illustriert.

Das Prinzip der dualen Kodierung (oder Multimediaprinzip) besagt, dass textuelle und bildliche Informationspräsentation den Wissenserwerb mehr fördert als nur textuelle Informationspräsentation. Grafiken mit Text sind zur Veranschaulichung von Beziehungen besonders lernwirksam.

Das Prinzip der räumlichen Nähe oder Kontiguitätsprinzip I sagt aus, dass die räumlich benachbarte Darstellung textueller und bildlicher Informationen den Wissenserwerb mehr fördert als eine getrennte Präsentation von Texten und Bildern. Demnach sollen zusammengehörende Worte und Grafiken nahe beieinander platziert werden.

Das Prinzip der simultanen Darstellung oder Kontiguitätsprinzip II besagt, dass die gleichzeitige Präsentation bildlicher und textueller sprachlicher Informationen den Wissenserwerb mehr fördert, als die sukzessive Präsentation der gleichen Inhalte.

Beispiel aus der Mathematik zum Prinzip der dualen Kodierung, der räumlichen Nähe, der simultanen Darstellung (vgl. Abb. 6).

Das Kohärenz-Prinzip sagt aus, dass interessante, aber für das Lehrziel irrelevante visuelle oder akustische Informationen, den Wissenserwerb reduzieren, d. h. anregendes Bildmaterial ohne didaktischen Wert beeinträchtigt die Lernleistung.

Das Multimodalitäts-Prinzip oder Modalitätsprinzip besagt, dass die audiovisuelle Darstellung bildlicher und textueller sprachlicher Informationen den Wissenserwerb mehr fördert, als eine nur visuelle Darstellung der gleichen Information. Demnach ist der Einsatz eines gesprochenen Textes zur

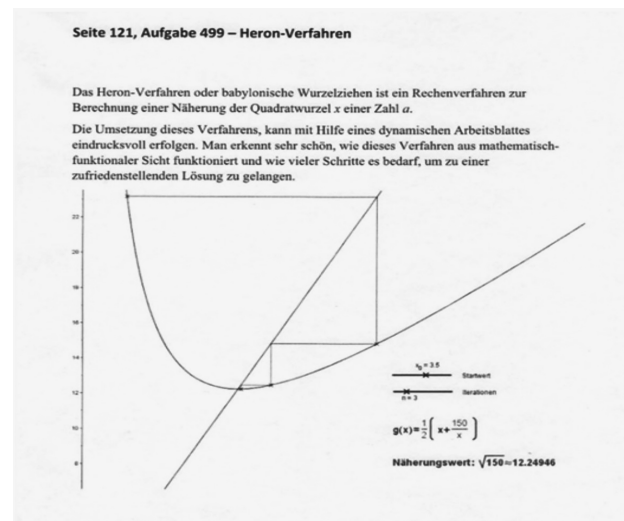


Abbildung 6. Mathematik Online Seite des Österreichischer Bundesverlag aus dem Schulbuch Mathematik 6 von Reichel und Götz (2019)

Erläuterung eines Bildes besser als ein geschriebener Text zu einem Bild.

Das Prinzip der individuellen Unterschiede oder Personalisierungsprinzip besagt, dass eine persönliche Ansprache sowie pädagogische Agenten das Lernen unterstützen können. Außerdem wirken Designeffekte bei geringem Vorwissen der Lernenden mehr, als bei hohem Vorwissen, da Lernende mit hohem Vorwissen imstande sind, ihr Vorwissen dazu zu gebrauchen, Mängel der Instruktionsqualität auszugleichen. Bekannt wurde die mittlerweile entfernte Büroklammer namens Clippit (Kosename: Clippy) als Teil der Microsoft Office Assistenzfunktionen.

Literatur

- Baumann, R. (1996). *Didaktik der Informatik*. Stuttgart [u. a.]: Klett Verlag.
- Fuchs, K. J. (2003). Computer algebra systems in mathematics education – Teacher training programs, challenges and new aims. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 35(1), 20–23.
- Fuchs, K. J. & Landerer, C. (2005). Das mühsame Ringen um ein Kompetenzmodell. *Zentralblatt CD Austria*, Dezember 2009, 6–9.

- Fuchs, K. J. & Plangg, S. (2020). *Computer Algebra Systeme in der Lehrer(innen)bildung*. Münster: WTM Verlag.
- Fuchs, K. J. & Landerer, C. (2021). *Didaktik und Methodik der Mathematik und Informatik*. Münster: WTM Verlag.
- Hubwieser, P. (2007). *Didaktik der Informatik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Mitgutsch, D. (2016). *Chancen und Risiken beim Einsatz von Technologie im Unterricht*. Diplomarbeit an der Johannes Kepler Universität Linz.
- Mayer, E. R. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In E. R. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (Cambridge Handbooks in Psychology)* (S. 31–48): Cambridge University Press.
- Pinkernell, G. (2006). „Mehrwertaufgaben“ – Kleine, weittragende Unterrichtsideen für den Rechnereinsatz. In *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 417–420): Hildesheim, Berlin: Verlag Franzbecker.
- Reichel, H. Chr. & Götz, S. (2019). *Mathematik 6*. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG.
- Siller, H.-S. & Fuchs, K. J. (2009). Computer und Schule – Herausforderung, Notwendigkeit, Zukunftsperspektive. *IMST NEWSLETTER*, 8(31), 2–5.

Karl Josef Fuchs, Universität Salzburg
E-Mail: karljosef.fuchs@plus.ac.at