



Andreas Windisch  
(Teaching Award 2023):

Didaktische Zugänge in  
Mathematik, Informatik,  
Naturwissenschaft und Technik  
(MINT)



*Abbildung 1: Auseinandersetzung mit KI mit Hilfe von Dall-E von Andreas Windisch*

## Didaktische Zugänge in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT)

### Institut für Angewandte Informatik

Erschienen in: H. A. Friedl & U. Trattnig (Hg.) (2023) Beste Lehre an der FH JOANNEUM. Teaching Award (Plus) 2022-2023. (Beiträge zur Qualitätskultur in der Hochschullehre, Bd. 2) S. 133-140. Graz: FH JOANNEUM Verlag.

#### 1. Einleitung

Dieses didaktische Konzept befasst sich mit den Herausforderungen und möglichen Lösungsansätzen in der Lehre in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT). Dabei wird insbesondere auf Nachhaltigkeitsaspekte eingegangen, und beleuchtet, wie Nachhaltigkeit in der MINT Lehre verankert werden kann, beziehungsweise auch, wie Konzepte aus dem MINT Bereich in anderen Feldern zur Förderung der Nachhaltigkeit eingesetzt werden können. Die Kernaussagen eines jeden (Sub-)Abschnitts werden jeweils zu Beginn des Abschnitts in einem Bullet Point zusammengefasst. Das vorliegende Konzept ist wie folgt strukturiert. In Kapitel 1 wird die Problemstellung und die damit verbundenen Herausforderungen beschrieben. Kapitel 2 beschreibt mögliche Lösungsansätze zur Problemstellung, die ich bereits in meiner Lehre verwende, beziehungsweise auch Konzepte, die ich bisher noch nicht umgesetzt habe. Kapitel 3 zeigt Möglichkeiten auf, wie Nachhaltigkeit in der Lehre in MINT implementiert werden kann, beziehungsweise auch, wie Konzepte aus MINT in anderen Feldern übernommen werden können. Kapitel 4 beschließt dieses Lehrkonzept mit einer Zusammenfassung.

#### 1.1 Nachhaltigkeit und MINT

*„Kompetenzen für MINT und Nachhaltigkeit haben einen großen Überlapp“*

Die großen Herausforderung denen sich unsere Gesellschaft gegenüber sieht verlangen, ein noch größeres Augenmerk auf die Inhalte und die Art der Vermittlung derselben zu legen, als das bisher der Fall war, um ein verantwortungsbewusstes Handeln zukünftiger Entscheidungsträger zu ermöglichen. Eine Möglichkeit dies zu erreichen wird in dem Artikel “Why sustainability must become an integral part of STEM education” des World Economic Forum [1] thematisiert, in dem argumentiert wird, dass bereits in der Elementarbildung angesetzt werden muss, um der heranwachsenden Generation geeignete Werkzeuge in die Hand zu geben, um eine positive Transformation unserer Welt einzuleiten und zu bewerkstelligen. Die National Education Association charakterisiert MINT Kernkompetenzen in ihrem Leitfaden „Preparing 21st Century Students for a Global Society“ [2] durch die „vier Cs“, siehe Abbildung 1.



Abbildung 2: Die "vier Cs", die als Kernkompetenzen in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik gelten.

Der Leitfaden richtet sich an Lehre im primären und sekundären Bildungsbereich (K-12, also vom Kindergarten bis zum 12. Schuljahr), und zeigt damit auch die Wichtigkeit der frühen Erlangung dieser Kernkompetenzen. Diese vier Schwerpunkte finden sich implizit aber auch in Publikationen die sich mit dem tertiären Bildungssektor beschäftigen (siehe etwa [3] [4] [5]), und überlappen auch mit den in [6] hervorgehobenen Schlüsselkompetenzen zur nachhaltigen Entwicklung. Ein Fördern dieser Kompetenzen im MINT Bereich ist also auch ein gleichzeitiges Fördern von Nachhaltigkeit.

## 1.2 Herausforderungen der Lehre in MINT Fächern

*„Didaktische Konzepte kommen in den Computerwissenschaften oft zu kurz“*

Eine wichtige Kompetenz im MINT Bereich ist das Programmieren und die damit einhergehende Fähigkeit des algorithmischen Denkens. Mit den jüngsten Entwicklungen im Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens wurde diese Wichtigkeit noch einmal verstärkt, und erstreckt sich nicht nur über alle MINT Fächer hinweg, sondern ist ein gesamtgesellschaftliches Querschnittsthema geworden. Brown und Wilson [7] zitieren eine psychologische Studie, nach der Lehre und Lernen fachspezifische Aktivitäten sind. Demnach, so argumentieren Brown und Wilson, erfordert das Erlernen des Programmierens eines Computers andere Techniken, und ist mit anderen Herausforderungen verbunden, als etwa das Studium der Physik, oder des Erlernens von Lesen und Schreiben.

Die Studie „STEM Education in College: An Analysis of Stakeholder’s Recent Challenges and Potential Solutions“ [5] befasst sich mit der Entwicklung der Lehre im MINT Bereich, und zeichnet ein düsteres Bild: So wird aufgezeigt, dass in den letzten dreißig Jahren nur wenig Fortschritt in der Lehre erreicht wurde. Ein ähnliches Bild wird in Studien aus dem Bereich der Computerwissenschaften [3], und insbesondere auch des maschinellen Lernens [8], gezeichnet. Im Bereich der Computerwissenschaften gibt es nur wenige Studien, die sich mit didaktischen Konzepten zur Lehre des Programmierens befassen. Als mögliche Gründe für das Nichtvorhandensein solcher Studien werden in [3] unter anderem genannt, dass diese Forschungsfelder vergleichsweise neu sind, und so noch keine didaktischen Theorien entwickelt werden konnten. Als weiterer, möglicher Grund wird angeführt, dass Lehrpersonen oft keine didaktische Ausbildung erhalten haben, da diese oft direkt aus dem Berufsleben kommen, und so unterrichten, wie sie selbst unterrichtet wurden. Diese Darstellungen decken sich auch mit meiner persönlichen Erfahrung, die ich im Laufe der Jahre in der Lehre im In- und Ausland gesammelt habe..

Erschwerend kommt hier noch dazu, dass sich Studierende der Computerwissenschaften einer Vielzahl an Herausforderungen gegenüber sehen [5]. Neben dem oftmaligen Fehlen von didaktischen Theorien zur Vermittlung dieser komplexen Inhalte, entwickeln sich diese Forschungsfelder auch rapide, und es ist für Studierende und Lehrende gleichermaßen herausfordernd, mit diesen Entwicklungen Schritt zu halten. Gerade in einem von solchen Attributen gekennzeichneten Umfeld ist die Entwicklung nachhaltiger Strategien und Konzepte zur Lehre, zum Lernen, und zum Schritthalten, unumgänglich.

## 2. Didaktische Konzepte in MINT

Um die in Kapitel 1 beschriebenen Herausforderungen zu adressieren, fasst dieses Kapitel nun mögliche Ansätze zur besseren Vermittlung der Lehrinhalte zusammen.

## 2.1 Didaktische Konzepte in den Computerwissenschaften

*„Verschiedene Studien identifizieren „Active Learning“ als wichtigsten Zugang für MINT“*

Aus der Vogelperspektive heraus lässt sich „Active Learning“ als der für MINT Lehre geeignetste Zugang identifizieren, siehe etwa [5], [9]. Die letztgenannte dieser beiden Studien definiert Active Learning in diesem Kontext wie folgt:

*„Active learning engages students in the process of learning through activities and/or discussion in class, as opposed to passively listening to an expert. It emphasizes higher-order thinking and often involves group work.“*

In [7] werden zehn Konzepte zur Lehre des Programmierens vorgestellt. Diese zehn Konzepte wurden in der Studie [3] auf ihre Wirksamkeit untersucht, wobei ein positiver Effekt in der Experimentalgruppe festgestellt wurde. Aus den zehn Konzepten greife ich hier vier heraus, die ich zum Teil bereits in meinen Vorlesung verwende. Alle dieser Konzepte folgen dem Prinzip des Active Learning im Sinne der oben zitierten Definition. Ein (N) kennzeichnet im Folgenden, dass ich das Konzept bisher noch nicht verwendet habe, ein (V), dass ich es bereits einsetze.

### 1. Peer Instructions (N)

Dieses Konzept wird in fünf Schritten (a)-(e) umgesetzt.

(a) Der Lehrende erklärt den Studierenden kurz das Thema/die Problemstellung.

(b) Der Lehrende stellt dann eine Multiple-Choice Frage, die nicht faktisches Wissen abfragt, sondern prüfen soll, ob das Problem richtig verstanden wurde (40%-60% der Studierenden sollten die Frage beim ersten mal richtig beantworten).

(c) Die Studierenden geben ihre Antworten individuell.

(d) Die Studierenden erhalten nun einige Minuten Zeit, ihre Antworten in kleinen Gruppen (2-4 Personen) zu diskutieren. Nach der Diskussion dürfen sie erneut abstimmen.

(e) Der Lehrende adressiert nun die zuletzt gegebenen Antworten, und kann so feststellen, ob sich eine falsche Interpretation eingeschlichen hat, beziehungsweise wann im Stoff weitergegangen werden kann, oder ob weitere Erklärungen notwendig sind.

### 2. Live Coding (V)

Bei diesem Konzept wird ein Computerprogramm direkt in Echtzeit von dem Vortragenden entwickelt. Gemäß [7] bringt dies folgende Vorteile:

(a) Der Lehrende erhält die Möglichkeit „Was-Wäre-Wenn“ Fragen zu stellen und diese auszuführen, was bei einem Foliensatz nicht möglich wäre.

(b) Die Studierenden können sehen, wie der Lehrende an die Problemstellung herangeht.

(c) Der Lehrende wird auf natürliche Weise „eingebremst“, und es ist leichter für Studierende, den Gedanken zu folgen.

(d) Die Studierenden sehen, dass es in Ordnung ist, Fehler zu machen, und auch, wie diese Fehler behoben werden können.

Mit diesem Konzept habe ich in der Vergangenheit sehr gute Erfahrungen gemacht, und ich werde es weiterhin in meiner Lehre einsetzen.

### **3. Pair Programming (N)**

Dieses Konzept war mir nicht bekannt, ich habe es erst in der Recherche zur Erstellung dieses didaktischen Konzepts kennengelernt. Hierbei teilen sich zwei Personen einen Computer und arbeiten gemeinsam. Dabei kommen zwei Rollen zum Einsatz:

(a) „Driver“: Diese Person übernimmt die Schreibarbeit.

(b) „Navigator“: Diese Person kommentiert den Prozess und macht Vorschläge.

Die beiden Rollen werden mehrmals pro Stunde getauscht. Hier profitieren beide voneinander, da die schwächere Person von der stärkeren lernt, beziehungsweise auch die stärkere Person von der schwächeren, etwa durch strukturiertes Erklären und Ordnen der Gedanken.

### **4. Authentic Tasks (V)**

Bei diesem Konzept geht es darum, Probleme aus der „echten Welt“ in der Lehre zu behandeln, anstatt nur an theoretischen oder rein akademischen Fragestellungen zu üben. In [7] wird eine Studie zitiert, bei der untersucht wurde, ob es bei der Lehre von Computerwissenschaften vorteilhaft ist, Probleme mit einem „Kontext“ zu stellen (z.B. finde die höchste Punktzahl aller Studierenden bei einer Prüfung), oder ohne „Kontext“ (z.B. finde den Maximalwert in einer Liste von Zahlen). Dabei wurde festgestellt, dass es hier keinen Unterschied im Lernerfolg gibt. Dank dieses Umstandes können so Problemstellungen „aus der echten Welt“ gegeben werden, und können somit verwendet werden, Nachhaltigkeitsthemen direkt in die Lehrveranstaltungen zu integrieren, wie im nächsten Abschnitt diskutiert wird.

## **3. Nachhaltigkeitskonzepte für und aus MINT**

In diesem Kapitel wird insbesondere der Nachhaltigkeitsaspekt für die Lehre im MINT Bereich beleuchtet, sowie auch die Anwendbarkeit von MINT Konzepten als Strategien zur Nachhaltigkeit in anderen Bereichen diskutiert. Ich unterscheide hier zunächst zwei konzeptionell unterschiedliche Ebenen von Nachhaltigkeit in der MINT Lehre.

### **3.1 Nachhaltigkeit aus der Vogelperspektive**

*„MINT Konzepte fördern generische Problemlösungskompetenzen“*

Hier geht es um die Förderung der Eingangs erwähnten „4 Cs“, also critical thinking, communication, collaboration, und creativity. Insbesondere die im vorherigen Kapitel definierten Lehrmethoden 1, 3 und 4 fördern direkt alle vier dieser Kernkompetenzen. Dabei geht es nicht nur um die Erlangung von technischen Fähigkeiten, sondern um das kollaborative Lösen von komplexen Problemen durch die Entwicklung von kreativen Lösungsansätzen. Wie in der Einleitung dargestellt sind die dabei erworbenen Fähigkeiten absolut notwendig um den größeren, gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit zu begegnen. Auf diese Weise leisten MINT Fächer bereits direkt einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit und für eine positive, gemeinsame Zukunft.

## 3.2 Nachhaltigkeit als konkreter Gegenstand

*„Fallstudien können dazu dienen, konkrete Nachhaltigkeitsthemen zu behandeln“*

Im vorherigen Kapitel wurde im Punkt 4 der Lehrmethoden argumentiert, dass sich Nachhaltigkeit direkt in die Lehre im MINT Bereich im Allgemeinen, und in den Computerwissenschaften im Speziellen, integrieren lässt. Dabei können komplexe Projekte aufgegriffen und bearbeitet werden, wie etwa durch „Echtwelt-Daten“ aus den Bereichen der Klimaforschung, der Soziologie, Medizin, oder jeder anderen wissenschaftlichen Domäne. Durch den oftmals komplexen Charakter dieser Herausforderungen werden neben der direkten Bearbeitung von Daten aus einem für die Gesellschaft relevanten Bereich auch die vier Kernkompetenzen weiter gefördert und gefordert.

## 3.3 Nachhaltigkeitskonzepte aus MINT für andere Fächer

*„Algorithmisches Denken und die genannten Methoden können in allen Bereichen verwendet werden“*

Die im Kapitel 2 beschriebenen Lehrkonzepte sind größtenteils auch in Nicht-MINT Fächern anwendbar, beziehungsweise kommen auch aus anderen Bereichen und wurden erst später im MINT Bereich erprobt. In einer Zeit, in der wir zunehmend von digitalen Systemen umgeben sind, und „KI“ zum täglichen Begleiter wird, können aber auch konkret Konzepte aus MINT übernommen werden. Oft wird von „digital literacy“ gesprochen, also der Fähigkeit, Informationen unter Zuhilfenahme von digitalen Plattformen zu finden, zu analysieren, und zu nutzen. Die Herausforderungen unserer Zeit sind nicht in einzelnen Feldern zu finden, sondern dort, wo Felder einander berühren. In einem solchen Umfeld können die hier präsentierten Konzepte dienlich sein, algorithmisches Denken und Grundlagen des Programmierens auch in anderen Feldern zu erarbeiten, um so die technologischen Entwicklungen auch aus Nicht-MINT Perspektive besser bewerten zu können.

## 4. Zusammenfassung

In diesem Konzept wurde der Status quo didaktischer Zugänge für MINT Fächer im Allgemeinen, und für die Computerwissenschaften im Speziellen, erörtert. Vier konkrete Maßnahmen für meinen persönlichen Vorlesungsbetrieb an der FH JOANNEUM wurden aufgegriffen, wobei zwei dieser Maßnahmen bereits erfolgreich zur Anwendung kommen, und die anderen zwei im kommenden Semester erprobt werden. Computerwissenschaften sind gleichermaßen Herausfordernd für Studierende und Lehrende, und schreiten mit einem rapiden Tempo voran. Dies bestärkt die Notwendigkeit für Nachhaltigkeitskonzepte in diesem Forschungsfeld, welche kritisches Denken, Kollaboration, Kommunikation und Kreativität in den Mittelpunkt stellen. Diese Kernkompetenzen sind auch Schlüsselfähigkeiten für die Begegnung der mannigfaltigen Herausforderungen unserer Zeit, und ich freue mich, an der FH JOANNEUM einen kleinen Beitrag zu diesen wichtigen Zielen leisten zu dürfen.

## Referenzen

- 1: Cemil Cihan Ozalevli, Why sustainability must become an integral part of STEM education, World Economic Forum, 2023, <https://www.weforum.org/agenda/2023/04/why-sustainability-must-become-an-integral-part-of-stem-education/>
- 2: National Education Association, Preparing 21st Century Students for a Global Society: An educator's guide to the "Four Cs", NAE, 2015, <https://dl.icdst.org/pdfs/files3/0d3e72e9b873e0ef2ed780bf53a347b4.pdf>
- 3: Hector Belmar, Teaching computer programming: Impact of Brown and Wilson's didactical principles, Frontiers in Computer Science, 5, 1085507, 2023, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcomp.2023.1085507/full>

- 4: Kelum A. A. Gamage , Sakunthala Yatigamma Ekanayake and Shyama C. P. Dehideniya, Embedding Sustainability in Learning and Teaching: Lessons Learned and Moving Forward - Approaches in STEM Higher Education Programmes , Education Science, 12, 225, 2022, <https://doi.org/10.3390/educsci12030225>
- 5: Santanu De and Georgina Arguello, STEM Education in College: An Analysis of Stakeholders' Recent Challenges and Potential Solutions, FDLA Journal, 5, 9, 2020, <https://nsuworks.nova.edu/fdla-journal/vol5/iss1/9>
- 6: Marco Rieckmann, Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden, Zeitschrift für Medienpädagogik, 65 (04), 10-17, 2021,
- 7: Neil C. C. Brown and Greg Wilson, Ten quick tips for teaching programming, PLoS Computational Biology, 14(4), e1006023, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006023>
- 8: Thilo Stadelmann, Julian Keuzenkamp, Helmut Grabner and Christoph Würsch, The AI-Atlas: Didactics for Teaching AI and Machine Learning On-Site, Online and Hybrid, education sciences, 11, 318, 2021, <https://doi.org/10.3390/educsci11070318>
- 9: Scott Freemana, Sarah L. Eddy, Miles McDonougha, Michelle K. Smithb, Nnadozie Okoroafora, Hannah Jordta and Mary Pat Wenderoth, Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics, PNAS, 111 (23), 8410-8415, 2014, <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>