

Wie gelingen MINT-Schulen?

Aktuelle Anregungen aus Forschung und Praxis

Prof. Dr. Kristina Reiss

TUM School of Education
Zentrum für internationale Vergleichsstudien

09. November 2020



Agenda

- 1 Lernen in den MINT-Fächern: Einführung
- 2 Merkmale erfolgreicher MINT-Schulen
- 3 Zwischen Forschung und Praxis: Eine Metaanalyse zum Einsatz digitaler Medien im MINT-Unterricht
- 4 Praxismaterialien

Agenda

- 1 Lernen in den MINT-Fächern: Einführung
- 2 Merkmale erfolgreicher MINT-Schulen
- 3 Zwischen Forschung und Praxis: Eine Metaanalyse zum Einsatz digitaler Medien im MINT-Unterricht
- 4 Praxismaterialien

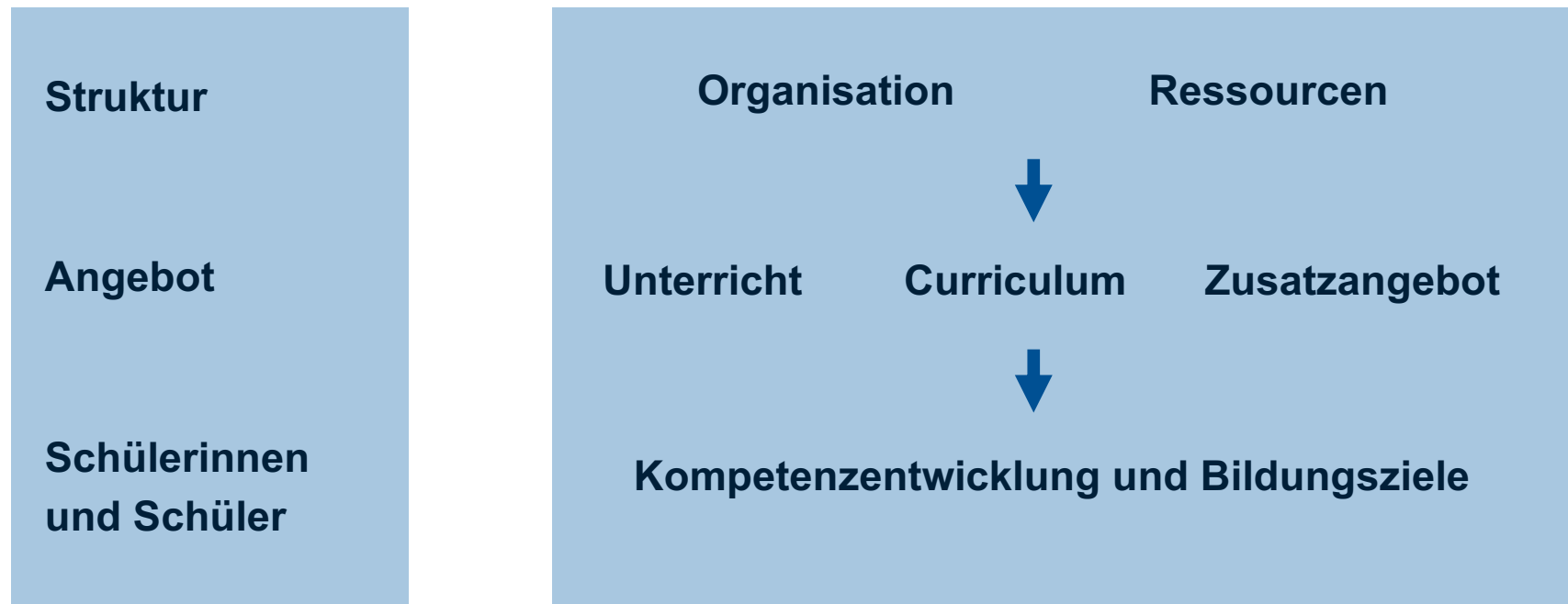
Unterricht in den MINT-Fächern

- Die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) spielen für Deutschland eine erhebliche gesellschaftliche und politische Rolle.
- Schulen sind zentrale Institutionen bei der MINT-Förderung von Schülerinnen und Schülern.
- Es geht um die Entwicklung von mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzen.
- Es geht auch um die Entwicklung von Interesse und Motivation für die Beschäftigung mit den MINT-Fächern



Foto: TUM

Schulische Rahmenbedingungen im MINT-Bereich (Holzberger et al., 2016)



Agenda

- 1 Lernen in den MINT-Fächern: Einführung
- 2 Merkmale erfolgreicher MINT-Schulen**
- 3 Zwischen Forschung und Praxis: Eine Metaanalyse zum Einsatz digitaler Medien im MINT-Unterricht
- 4 Praxismaterialien

Ressourcen für die MINT-Fächer

- Personelle Ressourcen
- Finanzielle Ressourcen
- Materielle Ressourcen



Foto: kr

Ressourcen aus Sicht der Bildungsforschung

Man muss zugeben: Viel Forschung dazu gibt es nicht. Es geht oftmals um

- Betreuungsverhältnis von Schülerinnen und Schülern zu Lehrerinnen und Lehrern
- Berufserfahrung

und auch um

- technische Ausstattung

jeweils eher mit dem Blick auf mögliche Defizite. Aber: Gerade im Bereich „Personal“ zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede durch schlicht quantitative Vergleiche.

Personelle Ressourcen aus Sicht der Schulen

- Schulleitung
 - MINT-Lehrkräfte
- „Als Schulleitung muss ich eine Vision haben. Ich muss Personen innerhalb und außerhalb der Schule gewinnen können. Ich muss ‚Ermöglicher‘ sein. Ich muss begeistern, darf aber nicht die Realität aus dem Blick verlieren.“
- „Es ist sicherlich an jeder Schule so, dass einige Kollegen für ihr Fach im MINT-Bereich brennen und dafür bereit sind, auch zusätzliche Arbeiten in Angriff zu nehmen.“
- „Sie brauchen fachlich kompetente Lehrerinnen und Lehrer, Sie brauchen engagierte Kolleginnen und Kollegen, Sie brauchen Lehrerpersönlichkeiten.“

Finanzielle und materielle Ressourcen aus Sicht der Schulen

„Wir haben einen Sachaufwandsträger, der unheimlich engagiert und unterstützend ist, aber auch offen für die Sichtweise der Schulleitung und der Schule. Dadurch haben wir jetzt eine EDV-Ausstattung, die ihresgleichen sucht. Das ist wirklich toll. Der Sachaufwandsträger, der ermöglicht uns damit auch neue Wege.“

MINT-Unterricht

- Fächerübergreifender Unterricht
- Experimentieren und forschendes Lernen
- Gruppenarbeit
- Einsatz digitaler Medien



Foto: kr

MINT-Unterricht aus Sicht der Schulen

- Fächerübergreifender Unterricht

Wir haben bei einem Modellversuch mitgemacht, in dem die Physik- und Chemielehrkräfte eng zusammengearbeitet haben. Ich arbeite heute noch in der achten Klasse ganz eng mit meinem Chemiekolleginnen und -kollegen zusammen: Wir unterrichten nicht mehr zweimal das Thema ‚Aggregatzustände‘, weil sie in beiden Lehrplänen stehen, sondern nur noch einmal.“

MINT-Unterricht aus Sicht der Schulen

- Experimentieren und forschendes Lernen

„Einmal die Woche werden kleine Experimente durchgeführt, welche die Schülerinnen und Schüler dann auswerten sollen. Zum Beispiel ein Puppenhaus, das elektrisch verkabelt werden soll. Ohne Vorgabe. Also wirklich *Learning by Doing*.“

„Unser ursprüngliches Ziel war, dass wir die Schülerinnen und Schüler in dieser Lernumgebung völlig selbstständig arbeiten lassen. Das klappt aber nicht immer, denn in vielen Themengebieten der Physik sind die korrekten Abläufe ganz wichtig. In der neuen Lernumgebung können sie jetzt aber bestimmen, wie schnell sie diesen Prozess durchlaufen.“

MINT-Unterricht aus Sicht der Schulen

- Gruppenarbeit
- Einsatz digitaler Medien

„Man kennt das: Der eine hat das Heft noch nicht aufgeschlagen, da ist der andere schon fertig. Für die schnelleren gibt es dann Zusatzaufgaben, bei denen sie noch tiefer einsteigen können. Das ist dann auch eine Art der Individualisierung.“

„Wir bauen natürlich auch die neuen Medien in den Unterricht ein. Das ist dann nicht mehr dieser klassische Ablauf, bei dem einer vorne steht und predigt, und die Schülerinnen und Schüler schreiben von der Tafel ab, sondern wir arbeiten vernetzt mit dem Computer, lösen damit Aufgaben. Manchmal auch in Form eines Wettkampfs mit drei, vier Gruppen und am Ende werden die Besten gekürt. Meiner Erfahrung nach kann das auch mal motivieren beim Üben.“

MINT-Unterricht aus Sicht der Bildungsforschung

Das sind die hauptsächlichen Arbeitsbereiche:

- Experimentieren
- Forschendes Lernen
- Lebensweltbezug und Anwendung
- Problemorientierung
- Schülerorientierung

MINT-Unterricht aus Sicht der Bildungsforschung

Forschung zeigt, dass positive Auswirkungen nicht durch die Häufigkeit und Intensität einzelner Unterrichtsmethoden hervorgerufen werden, sondern die Qualität der Umsetzung entscheidend ist. Das ist davon unabhängig, ob es sich eher um traditionellen Unterricht oder innovative Lernumgebungen handelt.

ABER ... digitale Medien bilden inzwischen einen wichtigen Schwerpunkt der Analysen. Es lohnt, sie gezielt anzuschauen.

Agenda

- 1 Lernen in den MINT-Fächern: Einführung
- 2 Merkmale erfolgreicher MINT-Schulen
- 3 **Zwischen Forschung und Praxis: Eine Metaanalyse zum Einsatz digitaler Medien im MINT-Unterricht**
- 4 Praxismaterialien

Unterricht mit digitalen Medien

- Digitale Medien sind Bestandteil der alltäglichen Umwelt von Kindern außerhalb der Schule (Herzig, 2016)
- Modelle zur Informationsverarbeitung beim Menschen und aus der Instruktionspsychologie liefern Theorien, warum das Lernen mit digitalen Medien zielführend sein kann (Hillmayr et al., 2020)

ABER:

- In Deutschland werden (wurden?) digitale Medien im internationalen Vergleich noch relativ selten in den Schulunterricht integriert (Eickelmann et al., 2014; Sälzer & Reiss, 2016; Hofer et al., 2019)

Unterricht mit digitalen Medien

- Wie kann digitale Technik sinnvoll in den Unterricht integriert werden?
- Welche Arten digitaler Technik können in der Schule eine unterstützende Rolle spielen?
- Ist das Lernen mit Computern ein wichtiger Aspekt? Wie werden digitale Geräte ggf. effektiv genutzt?

Ansichten aus der Wissenschaft ...

- Pauschale Antworten sind schwierig, da digitale Medien auf vielfältige Art und Weise den Unterricht beeinflussen können (Herzig, 2014)
- Es fehlen langfristige empirische Untersuchungen im Klassenraum (Schmidt-Thieme & Weigand, 2015)

Ansichten aus der Wissenschaft ...

- Pauschale Antworten sind schwierig, da digitale Medien auf vielfältige Art und Weise den Unterricht beeinflussen können (Herzig, 2014)
- Es fehlen langfristige empirische Untersuchungen im Klassenraum (Schmidt-Thieme & Weigand, 2015)

... und aus der Praxis

„Schlicht und einfach gelten bei elektronischen Medien dieselben Anforderungen wie bei allen anderen Methoden auch. Sie müssen passend, zielgerichtet, motivierend und gut gemacht sein.“ (Lehrkraft, zitiert nach Hillmayr et al., 2017, S. 4)

Zwischen Forschung und Praxis: Eine Metaanalyse zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht

Fragestellung:

Wie wirkt sich der Einsatz digitaler Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe auf

- die Leistung der Schülerinnen und Schüler und
 - ihre Einstellung gegenüber dem Fach
- aus?

Forschungssynthese: Einsatz digitaler Medien im Unterricht

Datengrundlage:

- Systematische Recherche bestehender Studien seit dem Jahr 2000 in drei einschlägigen Datenbanken mittels festgelegter Syntax → 5284 Studien
- Reduktion auf Artikel in wissenschaftlichen Fachzeitschriften → 1228 Studien
- Selektion durch Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien → 420 Studien
- Selektion durch Feinkodierung mittels detailliert ausgearbeitetem Manual und 2 voneinander unabhängige Personen → 80 Studien in der Endauswahl

Einschlusskriterien für Studien

- digitales Medium wurde im Rahmen des Unterrichts in Mathematik, Biologie, Physik, Chemie oder Naturwissenschaft eingesetzt
- abhängige Variable ist *Leistung*, optional dazu Einstellung zum Fach
- Studienteilnehmer aus dem Sekundarbereich (Klassenstufen 5 bis 13)
- Studien untersuchen *nicht ausschließlich* Kinder mit besonderem Förderbedarf
- es handelt sich *nicht* um die Wirksamkeit von computer games
- Studien mit Prä-Post-Kontrollgruppen-Design (Unterricht Kontrollgruppe ohne digitales Medium) → Gewährleistung methodischer Standards
- Effektstärken oder Daten zur Effektstärkeberechnung werden berichtet
- Studie wurde im Zeitraum zwischen 2000 und 2016 in einer Fachzeitschrift mit Begutachtungsverfahren publiziert
- Studie berichtet Primärdaten

Forschungssynthese: Einsatz digitaler Medien im Unterricht

Recherchesyntax:

("study" OR "empiric*" OR "research") AND ("digital media" OR "tablet" OR "computer" OR "whiteboard" OR "smartboard" OR "ipad" OR "pc" OR "cas" OR "ict" OR "netbook" OR "software") AND ("stem" OR "math*" OR "mint" OR "physic*" OR "chemistry" OR "biology" OR "science") AND ("secondary school" OR "high school" OR "secondary education" OR "middle school") NOT ("computer science" OR "informatics" OR "engineering")

	Web of Science	ERIC	Scopus
Suche in Datenbank	1529 Treffer	2641 Treffer	1114 Treffer
Reduktion auf Artikel	417 Artikel	539 Artikel	272 Artikel
Grob-kodierung	420 Artikel		
Fein-kodierung	79 Artikel		

Einbezogene Studien

Unterrichtsfach	Anzahl Studien
Mathematik	29
Biologie	21
Chemie	13
Physik	15
Naturwissenschaften (nicht näher berichtet)	2
Programmtyp	
Drill & Practice	3
Hypermediasysteme	8
Tutorensysteme	22
Intelligente Tutorensysteme	7
Simulationen	37
n.a.	3

Ergebnisse

- Insgesamt zeigt sich ein (mittelstarker, $g = .62$, $p < .001$) signifikanter positiver Effekt beim Einsatz digitaler Medien auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler.
- Die Effekte sind über alle Fächer und Klassenstufen hinweg positiv.

Im Detail



Ergebnisse

- Wenn Lehrkräfte ein Training absolviert haben, sind die Effekte größer (einziger signifikanter Moderator)

„Dass ich das als Lehrer beherrsche, das ist nicht so selbstverständlich wie es klingt. Das hat auch nichts mit Jung oder Alt zu tun: Einen Computer oder ein Smartphone zu bedienen ist nicht dasselbe wie E-Learning zu beherrschen. Ich muss mich damit intensiv beschäftigen.“

Lehrkraft, zitiert nach Hillmayr et al. (2017, S. 13)

Ergebnisse

- Je länger digitale Medien eingesetzt wurden, desto kleiner ist der Zugewinn

„Ich muss sagen, dass das Arbeiten mit digitalen Medien nach spätestens drei Monaten nichts Besonderes mehr ist. Am Anfang ist das ein echter Hype, der sich von selbst entwickelt. Aber nach drei Wochen beginnt er zu bröckeln. Irgendwann sehen die Schülerinnen und Schüler es eben als ihren normalen Mathematikunterricht.“

Lehrkraft, zitiert nach Hillmayr et al. (2017, S. 12)

Ergebnisse

- Positiver Effekt am größten, wenn das Medium durch Schülerinnen und Schüler in Paaren verwendet wird

„Kommunikation ist ein wichtiger Punkt beim Arbeiten mit digitalen Medien! Im Computerraum kommen Gespräche über Mathematik dadurch in Gang, dass immer mindestens zwei Schülerinnen und Schüler am Rechner sitzen. Bei Fehlern debattieren sie darüber, was falsch gelaufen ist, auch wenn sie sonst nie über Mathematik reden würden.“

Lehrkraft, zitiert nach Hillmayr et al., (2017, S. 14)

Ergebnisse

- Die Unterstützung durch die Lehrkraft hat einen positiven Einfluss.

„In diesen Übungsstunden komme ich aus der zentralen Lehrerrolle heraus. Ich bin dann eher Berater und Moderator und helfe den Schülerinnen und Schülern, wo sie gerade Probleme haben.“

Lehrkraft, zitiert nach Hillmayr et al., (2017, S. 16)

Ergebnisse

- Der positive Einfluss digitaler Medien ist tendenziell höher, wenn sie als Ergänzung zu traditionellen Medien eingesetzt werden und diese nicht ersetzen.

„Man darf sich als Lehrer auch nicht hinstellen und sagen: Weil wir jetzt die digitalen Medien haben, wirst du besser oder es fällt dir leichter. Es ist einfach etwas Zusätzliches.“

Lehrkraft, zitiert nach Hillmayr et al., (2017, S. 16)

Ergebnisse der Analysen zur Einstellung

- Insgesamt zeigt sich ein kleiner ($g = .41$, $p < .05$), aber signifikanter positiver Effekt beim Einsatz digitaler Medien auf die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem jeweiligen Unterrichtsfach
→ Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler für mathematisch-naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer zu begeistern
- Aufgrund geringer Anzahl an Studien konnten bezüglich Einstellung zum Fach keine weiteren Analysen durchgeführt werden
→ Bedarf an Primärstudien zur Wirksamkeit digitaler Medien in Bezug auf Motivation und/oder Einstellung zum Fach

Agenda

- 1 Lernen in den MINT-Fächern: Einführung
- 2 Merkmale erfolgreicher MINT-Schulen
- 3 Zwischen Forschung und Praxis: Eine Metaanalyse zum Einsatz digitaler Medien im MINT-Unterricht
- 4 Praxismaterialien

Transfer in die Bildungspraxis

Zur besseren Nutzbarkeit empirischer Forschungsergebnisse in der Praxis wurden die Ergebnisse beider Studien aufbereitet und in Form einer Broschüre für die Praxis veröffentlicht

Inhalte

- Zusammenfassung der Forschungsergebnisse
- Anwendungsbeispiele für den Unterricht
- Auszüge aus Befragungen mit erfahrenen Lehrkräften



<https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3766Volltext.pdf&typ=zusatztext>



<https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3766Volltext.pdf&typ=zusatztext>

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Haben Sie Fragen?

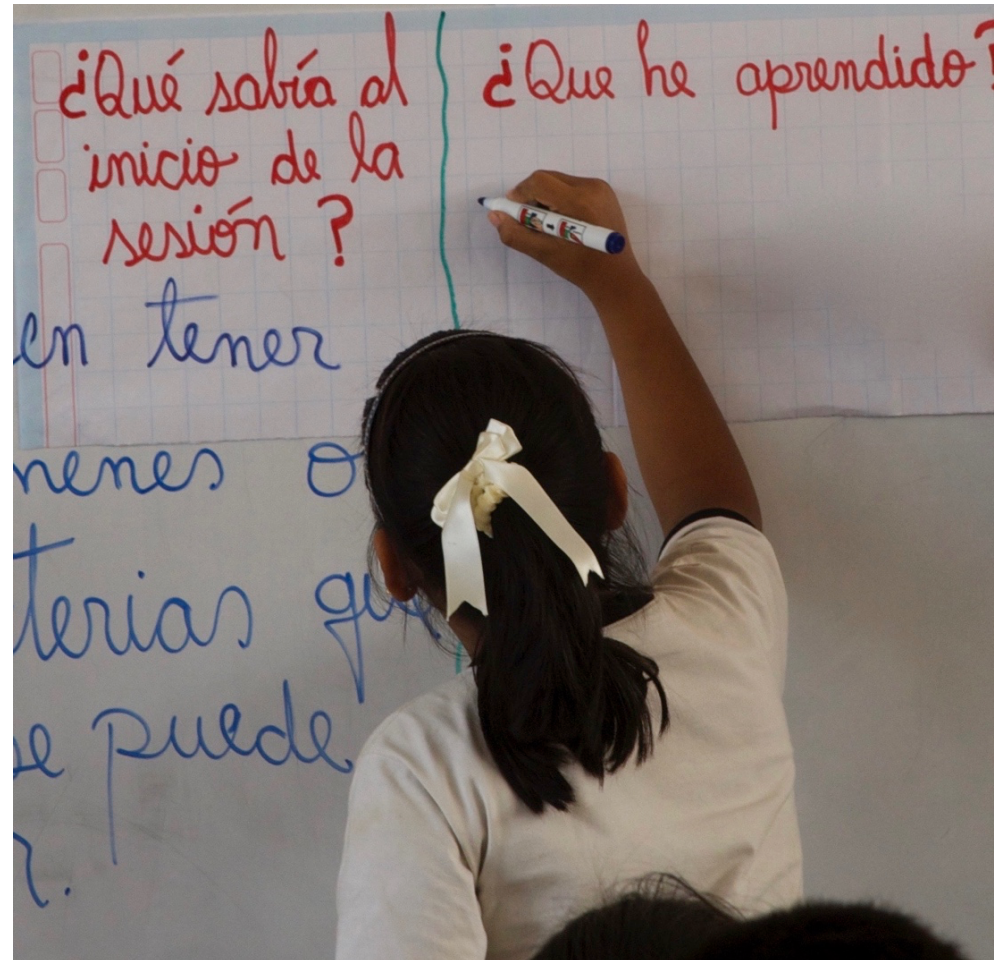


Foto: kr