

Qualitätsoffensive Lehrerbildung Promovierendenworkshop "Digitalisierung und MINT"

Impulsvortrag Prof. Dr. Alexander Kauertz

5 Thesen zum Diskutieren...

1. Digitalisierung vollzieht sich technikgetrieben als gesellschaftlicher, ökonomischer und politischer Prozess, auf den Bildung lediglich reagiert.
2. Es gilt zwischen einer Bildung mit Digitalem, einer digitalen Bildung und einer Bildung über das Digitale zu unterscheiden. Lediglich die Bildung über das Digitale erfüllt die Erwartungen an die Allgemeinbildung.
3. Eine aktuelle MINT-Bildung ist nur mit Bezug zur Digitalisierung möglich.
4. Digitalisierung erfordert im MINT-Bereich keine neuen Kompetenzen.
5. Digitalisierung löst keines der grundlegenden didaktischen Probleme im Bereich der MINT-Bildung.

These 1

Digitalisierung vollzieht sich

- technikgetrieben
- als gesellschaftlicher, ökonomischer und politischer Prozess,
- auf den Bildung lediglich reagiert.

These 1: Technikgetrieben

- Vorbehalte und Vorurteile sind gegen alle „neuen Medien“ über die Jahrzehnte ähnlich
- Sensoren, Software, Rechenleistung, Algorithmen etc. existieren auf dem Markt, dann wird das Potenzial für Lernen/Lehren analysiert
- Affinität von MINT-Fächern zu technischen Innovationen führt zu „early adoptern“ bei Didaktik und Schulpraxis

These 1: Sozial, politisch, ökonomisch

- Digitale Transformation in unserer Gesellschaft
- Veränderung von Kommunikation, Informationsverfügbarkeit und -beschaffung, Bewertungsprozessen, Aufmerksamkeitsfokussierung, Werten
- Neue Gefährdungen, Regulationsbedarfe (Datenschutz), Globalisierung von Rechten, Rolle großer globaler Unternehmen im Politischen
- Vereinfachung von Logistik und Werbung, direkter aber unpersönlicher Kontakt zum Kunden (Vertrauen?), neue Berufe, veränderte Rolle bestehender Berufe (z.B. Lieferdienste), Daten als Ware, Algorithmen als Geschäftsgrundlage

These 1: Bildung reagiert

- **Provokation: Institutionelle Bildung gestaltet nicht sondern reagiert auf Befunde und Probleme!**
- Begründung von Studien über „Lernende sind den Umgang mit ihrem Smartphone gewohnt“ – aber Smartphones werden meist nicht zur Bildung genutzt
- Kommerzielle „Bildungssoftware“ oft ohne Beteiligung von Bildungsexperten entwickelt, „eigene“ Entwicklungen meist nicht konkurrenzfähig (Ausnahmen z.B. PhyPhox)
- In der Schule: Fehlende Infrastruktur oder Geräte ohne Einsatzmöglichkeiten, langwierige Beschaffung, noch längere oder fehlende Schulung

These 1: Konsequenzen?

- Technikgetrieben:
 - Kritische Exploration neuer Möglichkeiten
 - Nicht Technik ist Ausgangspunkt für Bildung sondern die zu lernende Tätigkeit/Fähigkeit
- Sozial/Politisch/Ökonomisch:
 - Technik in der Bildung nicht isoliert sehen sondern als Teil eines sozio-technischen Systems diskutieren
 - Open source, open educational resources etc. als Gegenpol einer kapitalistischen Digitalisierung aufzeigen
- Bildung reagiert:
 - Stärkung technischer Expertise im gesamten Bildungssektor („aus der User-Perspektive rauskommen“)
 - Technik nicht im Mittelpunkt, sondern nur ein Mittel zum Zweck höhere Bildungsziele zu erreichen (z.B. human well-being, OECD)

These 2

Es gilt zwischen einer

- Bildung mit Digitalem,
- einer digitalen Bildung und
- einer Bildung über das Digitale
- zu unterscheiden.
- Lediglich die Bildung über das Digitale erfüllt die Erwartungen an die Allgemeinbildung.

These 2: Bildung und Digitales

- Grundidee (nach Tenorth): Bildung erfolgt bei der Auseinandersetzung mit relevanten Gegenständen der Gesellschaft im Rahmen von Lernprozessen (Angebot-Nutzung, kognitive, affektive und metakognitive Verarbeitung, Feedback, mentale Vernetzung, soziale Interaktionen) in verschiedenen Modi der Weltbegegnung.
- „Digitales“:
 - Technische Geräte (Smartphones, Computer, VR/AR-Brille),
 - Wissensressourcen (Wikis, Lernvideos, Online-Tests)
 - Kommunikationsmittel (Chat, Foren, Clouds)
 - Algorithmisch basierte Software (Lernplattformen, Experimentier-Apps)
 - Dynamische Systeme (machine learning, KI)

These 2: Bildung mit Digitalem

- Digitales ist ausschließlich Werkzeug
- Digitales unterstützt Lernprozesse (Bsp.):
 - Apps ergänzen/ersetzen Experimente
 - Lernende tauschen sich in Foren aus
 - Automatisiertes Feedback zur Lösungen
 - Messwerterfassung beschleunigt Auswerteprozess
 - Machine learning/ KI erstellt Lernendenprofil
- Es fehlt:
 - Kritisch reflexive Auseinandersetzung (jenseits von Effizienz) mit dem Gegenstand des „Digitalen“
 - Weiterentwicklung der *Lernprozesse* im Hinblick auf eine Optimierung ihrer Wirkung

These 2: Digitale Bildung

- Digitales ist Zentrum der Bildung und ihr bestimmendes Element
- (Effektive) Nutzung des Digitalen als (Teil-)Ziel von Bildung:
 - Beschreibung spezifischer Kompetenzen für den Umgang mit Digitalem (Datenschutzkompetenz, Bedienungsfähigkeit, computational thinking)
 - Eigene Gestaltung im Digitalen (Lernende entwickeln Wikis, Erklärvideos, Algorithmen, kommentieren in Foren)
 - Funktionsweisen des Digitalen aufzeigen (Funktionsweise eines Sensors, Algorithmen, Datenverwaltung nachvollziehen)
- Problematisch:
 - Digitales eingebettet in sozio-technisch-ökonomische Kontexte reflektieren
 - Digitales als Add-On zu bestehendem Bildungsangebot, Verknüpfung? Ggf. MINT-Inhalte „in Anwendung“?
 - Gestaltung von Lernprozessen?

These 2: Bildung über Digitales

- Das Digitale ist ein gesellschaftlicher Gegenstand, an dem Bildung erfolgt.
- In einer kritisch-reflexiven Auseinandersetzung mit der Welt wird das Digitale als Teil dieser Welt einbezogen:
 - Vor- und Nachteile permanenter digitaler Messwerterfassung, -speicherung und -nutzung durch Sensorik im Alltag diskutieren
 - Konsequenzen unterschiedliche Reglementierung von machine learning/ KI für ihre Nutzung im medizinischen Bereich analysieren
 - Rolle der Digitalisierung für Ziele der Nachhaltigkeit untersuchen
- Probleme:
 - Reflektieren ohne Detail-Kenntnisse nicht sinnvoll – Problem des Exemplarischen in der Didaktik wird verschärft
 - „Klassische MINT-Inhalte“ werden relativiert/marginalisiert
 - Zunehmende Akademisierung der Schule und Verlust pragmatischer Orientierungen, Abhängen von Risikogruppen in der Bildung

These 2: ...zu unterscheiden.

- Alle Aspekte haben Vor- und Nachteile
- Alle Aspekte bedingen und brauchen sich gegenseitig

→ reflektierte Einordnung von Bildungsangeboten und ihren Vor-/Nachteilen notwendig

ABER:

Bildung *mit* Digitalem < digitale Bildung < Bildung *über* das Digitale

These 2: Allgemeinbildung

Modi der Weltbegegnung (Kanonisches Orientierungswissen)	Basale Sprach- und Selbstregulationskompetenzen (Kulturwerkzeuge)				
	Beherrschung der Verkehrssprache	Mathematisierungskompetenz	Fremdsprachl. Kompetenz	IT-Kompetenz	Selbstregulation des Wissenserwerbs
Kognitiv-instrumentelle Modellierung der Welt - Mathematik - Naturwissenschaften					
Aesthetisch-expressive Begegnung und Gestaltung - Sprache/ Literatur - Musik/ Malerei/ Bildende Kunst					
Normativ-evaluative Auseinandersetzung mit Wirtschaft und Gesellschaft - Geschichte - Ökonomie - Politik/ Gesellschaft - Recht					
Probleme konstitutiver Rationalität - Religion - Philosophie					

Gegenstände, die gesellschaftlich relevant sind

These 3

Eine aktuelle MINT-Bildung ist nur mit Bezug zur Digitalisierung möglich.

These 3: MINT Bildung

Vision I *Scientific Literacy*

- Inhalte und Verfahren der Wissenschaft
- Anwendungsorientierung

Vision II *Science for citizenship*

- Bedeutung der Naturwissenschaften für das gesellschaftliche Leben
- Kontextualisierung in „meaningful contexts“

Vision III *Taking action on socioscientific and environmental issues*

- Befähigung der Lernenden, sich mit ihrer erlangten Kompetenz mit Engagement an der Lösung sozialer und politischer Probleme zu beteiligen

z.B. Fischler, Gebhard & Rehm, 2018

These 3: MINT und Digitales

- Theorien und Modelle in MINT sind Grundlage des Digitalen
- Aktuelle Forschung im MINT-Bereich nicht ohne Digitalisierung denkbar
- „MINT-Denkweise“ (Weltbild, Modus der Weltbegegnung) spiegelt sich im Digitalen wider, nicht nur im MINT-Bereich
- Beispiele: Big Data Analysen, Steuerung und Sensorik in Experimenten, Simulationen

These 3: MINT-Bildung Schule

- Aus wissenschaftspropädeutischen Gründen muss das Digitale thematisiert werden
 - Die Rolle moderner Wissenschaft für die Gesellschaft erfordert Kenntnisse zur Rolle des Digitalen in der Erkenntnisgewinnung
 - Fragen der Erkenntnisgewinnung hängen mit den verfügbaren Methoden zusammen
- Aus inhaltlichen Gründen muss das Digitale thematisiert werden (Bsp.)
 - Verschlüsselungstechniken (Numerik)
 - Quantencomputer (Physik/ Informatik)
 - Mensch-Maschine-Interaktion (Biologie/ Informatik)
- Aus fachdidaktischen Gründen muss das Digitale im MINT-Lernen genutzt werden
 - entlastet bei Routinearbeiten (vor allem im Mathematischen) und dadurch
 - schafft es Zeit für Kreativität beim Problemlösen,
 - eröffnet es Zugang zu komplexeren Fragen (Kontextualisierung),
 - ermöglicht es Teilhabe trotz Einschränkungen (Inklusion)

These 4

Digitalisierung erfordert im MINT-Bereich keine neuen Kompetenzen.

Umdeutung:

~~Für Digitalisierung benötigte Kompetenzen sind bereits MINT-Kompetenzen.~~

Kompetenzen:

„[...] kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert 2001, S. 27 f.)

These 4: Kompetenzen

- Kompetenzbereiche (Naturwissenschaften)
 - Fachwissen
 - Erkenntnisgewinnung
 - Kommunikation
 - Bewertung
- Kompetenzbereiche (Mathematik)
 - Argumentieren
 - Probleme lösen
 - Modellieren
 - Darstellungen verwenden
 - Mit Elementen der Mathematik umgehen
- Je nach Fach auf mehrere Leitideen und Basiskonzepte bezogen
- Verhältnis Kompetenz und Wissen
 - Verbindung von Fähigkeiten und Wissen im konkreten Handeln (Spezifität von Kompetenzen)
 - Fähigkeiten betreffen grundlegende Denk- und Arbeitsweisen des Fachs und werden an exemplarischen/m Inhalten/Wissen erworben (Generalität von Kompetenzen)

These 4: Kompetenzen des Digitalen

- Computer- und informationsbezogene Kompetenzen sowie ergänzende und affine Kompetenzbereiche sind Schlüsselkompetenzen
- Vierte Kulturtechnik neben Lesen, Schreiben und Rechnen
- ‚digital citizenship‘, (UNESCO Agenda ‚Education 2030‘)
- Strategie ‚Bildung in einer digitalen Welt‘ (KMK, 2016)
- Verschiedene Ansätze (vgl. ICILS, 2018):
 - ‚digitale Kompetenzen‘ ‚computerbezogenen Kompetenzen‘, ‚Medienkompetenz‘ oder ‚ICT Literacy‘
 - computer- und informationsbezogene Kompetenzen, Kompetenzen im Bereich ‚Computational Thinking‘ (in ICILS 2018 getestet):
Die Fertigkeit, über digitale Medien vermittelte Informationen zu verstehen, zu nutzen und zu kommunizieren

These 4: Diskussion MINT und Digitales

- Fokus des computational thinking auf technische Bedienung und Informationsorganisation unabhängig vom Inhalt
- Kompetenzstufen ergeben sich vor Allem aus der Komplexität der Anwendungskontexte, dem Grad der Eigenständigkeit und der Unterscheidung rezeptiv oder gestaltend
- MINT-Fächer nutzen bestimmte Arbeitsweisen, um mit Komplexität umzugehen, haben bestimmte Darstellungsformen und Formalien und bestimmte Arbeitsweisen nach denen Informationen erschlossen und dargestellt werden
- MINT-Fächer unterstützen sprachliche, mathematische und digitale Fähigkeiten auf spezifische Weise (Beitrag zur Schlüsselkompetenzen)

These 4: Konsequenzen?

- Als basale Kulturtechnik finde der Umgang mit dem Digitalen spezifische Anwendung und Ausgestaltung im Rahmen des MINT-Unterrichts und wird spezifisch gefördert
- Kompetenzen MINT:
 - Denkweisen = im Wesen unabhängig vom Digitalen
 - Arbeitsweisen = integrieren Digitales zu bestehenden Zwecken (rechnen, messen, veranschaulichen)
 - Wissensbestände = beinhalten Folgen des Digitalen (z.B. numerisch oder mittels KI gefundene Lösungen)

Digitalisierung löst keines der grundlegenden didaktischen Probleme im Bereich der MINT-Bildung.

These 5: Didaktische Fragen

- Exemplarität/ Elementarisierung/ didaktische Rekonstruktion
- Motivierung/ Bedeutsamkeit
- Sequenzierung, Lernprozessgestaltung (Konzeptaufbau/-umbau, Problemlösen, Lernen aus Erfahrung, ...)
- Scaffolding, Feedback, kognitive Aktivierung, Unterstützung der Selbstregulation
- Diagnose, Differenzierung, Bewertung

These 5: Lösung?

- Worin besteht allg. das didaktische Problem?
 - Fragen sind für jede Lerngruppe neu zu entscheiden
 - Starke Abhängigkeit der „Lösung“ von Lehrperson, Kontext, strukturellen Bedingungen
 - Inhärente Zielkonflikte pädagogisch-didaktischer Arbeit
 - Oft mehrere „gute“ Lösungen, die aus unterschiedlichen aber validen Argumentationen folgen
- Was könnte allg. als „Lösung“ des didaktischen Problems gelten?
 - Erhalt von Vielfalt, Dynamik, Variation
 - Anstreben des lokalen Optimums statt „best practice“
 - Reflexivität bzgl. der didaktischen Entscheidungen unter Erhalt der Komplexität
 - Weiterentwicklung eines „big pictures“ statt Optimierung von Details
 - Systemisches Verständnis von Unterricht

These 5: Digitalisierte Didaktik?

Lösungsmerkmale	Digitalisierung kann..	Spezifische Probleme...
Erhalt von Vielfalt, Dynamik, Variation	Systematik (Datenbank) und Monitoring	Beschränkung auf die Inhalte der Datenbank
Reflexivität bzgl. der didaktischen Entscheidungen unter Erhalt der Komplexität	Prompten und Tools zur Dokumentation anbieten	Standardisierung erschwert innovative Einsichten
Weiterentwicklung eines „big pictures“ statt Optimierung von Details	Mittels machine learning oder KI latente Konzepte aufdecken	Große Datenmengen kaum verfügbar, Validierungsprobleme
Anstreben des lokalen Optimums statt „best practice“	Mittels machine learning oder KI Erfolgswahrscheinlichkeiten ermitteln	Nicht alle Größen quantifizierbar
Systemisches Verständnis von Unterricht	Modellierungen anbieten und Effekte prognostizieren	Fehlende Variablen mit ggf. großen Effekten (chaotisches Verhalten), zu kleine Zahlen in jeder Klasse

These 5: MINT-Probleme (1/2)

Allgemein	MINT-spezifische Herausforderungen	Digitalisierung?
Exemplarität/ Elementarisierung/ didaktische Rekonstruktion	Kanonischer Aufbau, Sachlogik vs. Lernlogik, Komplexität	Vielfalt im Internet: Hyperlink-Strukturen, Wikis Erklärvideos – aber Passungsprobleme und Validitätsprobleme
Motivierung/ Bedeutsamkeit	Abstraktion und Formalismus, Labor vs. Alltag	Sensorik im Alltag, VR/AR – aber „ungewöhnliches“ Verhalten im Alltag
Sequenzierung, Lernprozessgestaltung (Konzeptaufbau/ -umbau, Problemlösen, Lernen aus Erfahrung, ...)	Präkonzepte, Lernendenvorstellungen, Analogienutzung, Generalisierung	Diagnostische Tests – aber nur für bekannte Vorstellungen (dynamische) Visualisierungen – aber Gefahr von neuen unpassenden Vorstellungen

These 5: MINT-Probleme (2/2)

Allgemein	MINT-spezifische Herausforderungen	Digitalisierung?
Scaffolding, Feedback, kognitive Aktivierung, Unterstützung der Selbstregulation	Normative Elemente, aus Fehlern lernen, Kreativität vs. Formalismus, Kapazität des Arbeitsgedächtnisses	Adaptive Tests und Hilfen, Entlastung von Routinen – aber nur Abgleich mit vorgefertigten Lösungen und Verlust von Autonomie
Diagnose, Differenzierung, Bewertung	Inhärente Komplexität	Diagnostische Tests und adaptive Vorschläge – aber nur für bekannte Probleme und feste Maßstäbe

These 5: Konsequenzen?

- Didaktische Probleme haben prinzipiell keine eindeutige Lösung, das macht sie einer Logik der Digitalisierung nur schwer zugänglich
- Digitalisierung erweitert den Möglichkeitsraum auf didaktische Probleme zu reagieren und mit ihnen umzugehen
- MINT-spezifische didaktische Herausforderungen lassen sich nur zulasten neuer Risiken und Herausforderungen vermindern für die es (noch) keine Lösungen gibt

Vielen Dank

... an Sie fürs Mitdenken und Diskutieren

... an Frau Dyck und Frau Köster fürs Organisieren
und die Unterstützung im Vorfeld

... an meine Kolleg:innen und Mitarbeitenden fürs
Vordiskutieren und die kritischen Rückmeldungen

... an das BMBF für die Förderung unserer Vorhaben