

Mathelernen mit Distanz: Analoges & Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Digitaler Bildungskongress der Betzold GmbH

Prof. Dr. Silke Ladel, 06.03.2021

Mathelernen mit **Distanz**: Analoges & **Digitales** sinnvoll miteinander verbinden

Digitaler Bildungskongress der Betzold GmbH

Prof. Dr. Silke Ladel, 06.03.2021

Digitalisierung und Lernen mit **Distanz**



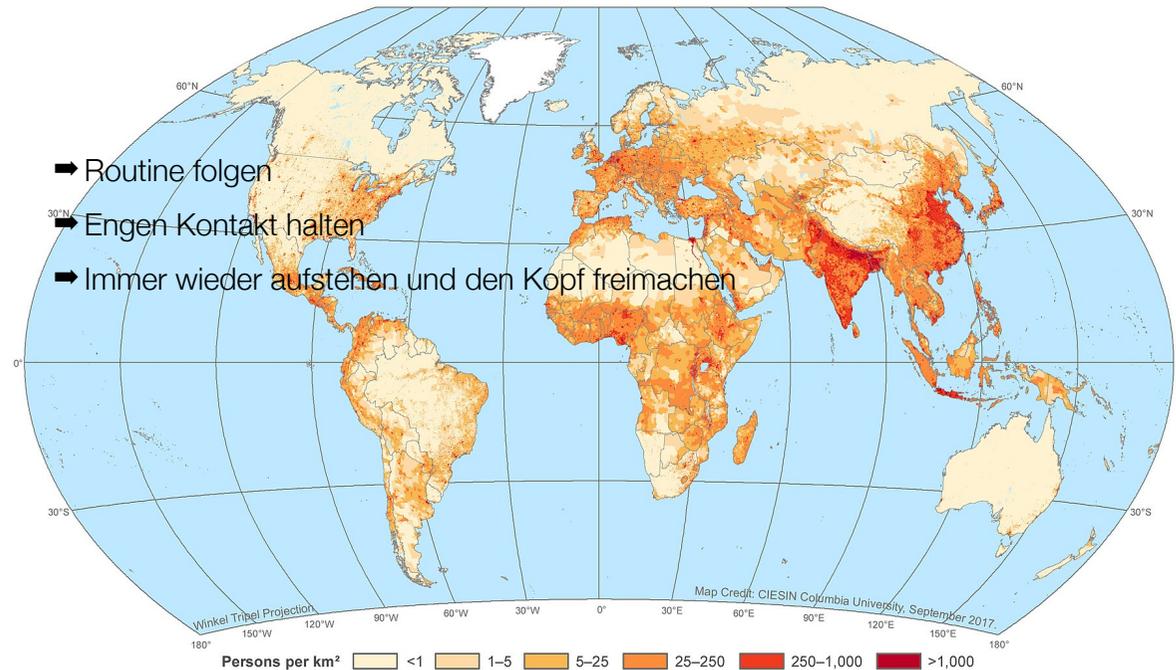
School of Air (Alice Springs)



<https://www.youtube.com/watch?v=zc4Jmj6Zpfs>

Population Density, v4.10, 2020

Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4)



Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4) Population Density, Revision 10 consists of estimates of human population density based on counts consistent with national censuses and population registers for the years 2000, 2005, 2010, 2015, and 2020. A proportional allocation gridding algorithm, utilizing approximately 13.5 million national and sub-national administrative units, is used to assign population counts to 30 arc-second (approximately 1 km at the equator) pixels. The population count rasters are divided by the land area raster to produce population density rasters with pixel values representing persons per square kilometer.

Center for International Earth Science Information Network - CIESIN - Columbia University. 2017. Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4): Science Information Network Population Density, Revision 10. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H4DZ068D>.
EARTH INSTITUTE | COLUMBIA UNIVERSITY

© 2017. The Trustees of Columbia University in the City of New York.

This document is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Digitalisierung und Lernen mit Distanz

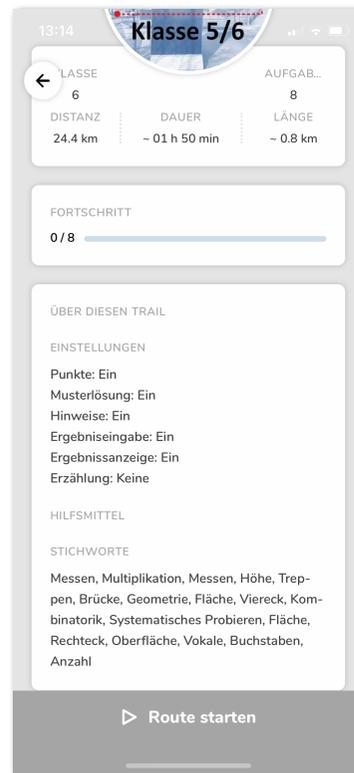


➔ Das Potenzial der Digitalisierung und digitaler Medien ist wesentlich größer als die reine Unterstützung des Lernens auf Distanz.

➔ Mathematische Wanderpfade



MathCityMap

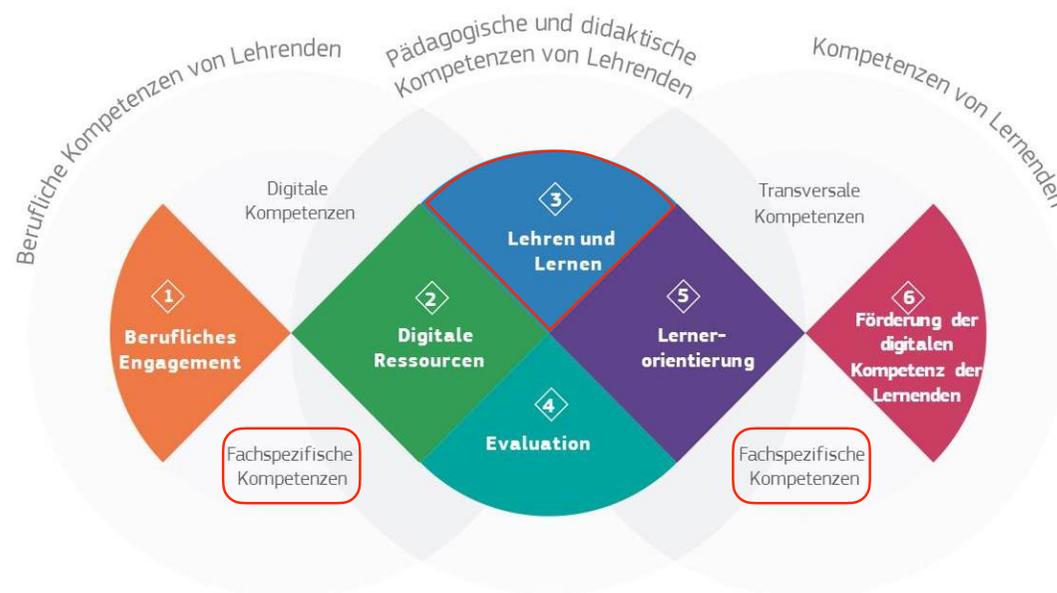


<https://mathcitymap.eu/de/tutorials/>

Digitalisierung und Lernen mit Distanz

European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu)

„Digitale Kompetenz“



3 Lehren und Lernen

- ➔ Unterstützung selbstgesteuerter Lernprozesse mit Hilfe digitaler Medien
- ➔ Förderung und Verbesserung kollaborativer Lernstrategien
- ➔ Interaktionen mit Lernenden
- ➔ Effektivität von Lehrinterventionen

Überblick

I Rahmenbedingungen

II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

III Analoges & Digitales sinnvoll miteinander verbinden

I Rahmenbedingungen

Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft des **BMBF** (2016)

Handlungsfeld 1: Digitale Bildung vermitteln

Bildungswelt digital 2030

„Alle Lernenden nutzen kompetent digitale Medien und sind in der Lage, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst an der digital geprägten Welt teilzuhaben. [...]

- Alle Lehrkräfte verfügen über digitale Kompetenzen und können diese vermitteln.
- Digitale Bildungsangebote werden laufend aktualisiert. [...]
- Die Qualität digitaler Bildungsangebote ist sichergestellt und für die Nutzer leicht nachzuvollziehen, z.B. durch entsprechende Qualitätssiegel oder Signets.“



I Rahmenbedingungen

Initiative Digitale Bildung des **BMBF** (2021)

Ziel: Förderung der Kompetenzentwicklung in einer digital geprägten Welt



Handlungsfelder

- Digitaler Bildungsraum
- **Ausstattung** von Lernorten
- **Kompetenzen** von Lehrenden
- Zeitgemäße Inhalte, Methoden und Werkzeuge
- Evidenz und **wissenschaftliche Grundlagen**

„Da digitales Lernen nur in der Verbindung von **Ausstattung, Konzept** und **Qualifizierung** gelingt, ...“

➔ Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten

➔ Kooperation



I Rahmenbedingungen

Strategiepapier Bildung in der Digitalen Welt der **KMK** (2016)

Handlungskonzept für die Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen angesichts der Digitalisierung



„Für die Strategie werden zwei Ziele formuliert:

1. Die Länder beziehen in ihren Lehr- und Bildungsplänen sowie Rahmenplänen, **beginnend mit der Primarschule**, die Kompetenzen ein, die für eine aktive, selbstbestimmte Teilhabe in einer digitalen Welt erforderlich sind. Dies wird nicht über ein eigenes Curriculum für ein eigenes Fach umgesetzt, sondern wird **integrativer Teil der Fachcurricula aller Fächer**. ...
2. Bei der Gestaltung von Lernprozessen werden digitale Lernumgebungen entsprechend curricularer Vorgaben der **Primat der Fachdidaktik!** folgend systematisch eingesetzt. Durch eine an die neu zur Verfügung stehenden Möglichkeiten angepasste Unterrichtsgestaltung werden die Individualisierungsmöglichkeit und die Übernahme von Eigenverantwortung bei den Lernprozessen gestärkt.“

I Rahmenbedingungen

Strategiepapier Bildung in der Digitalen Welt der **KMK** (2016)

Handlungskonzept für die Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen angesichts der Digitalisierung

„Alle Lehrkräfte müssen selbst über **allgemeine Medienkompetenz** verfügen und in ihren **fachlichen** Zuständigkeiten zugleich „Medienexperten“ werden...

Konkret heißt dies, dass Lehrkräfte digitale Medien in ihrem jeweiligen **Fach**unterricht **professionell und didaktisch sinnvoll nutzen** sowie gemäß dem Bildungs- und Erziehungsauftrag **inhaltlich reflektieren** können. Dabei setzen sie sich mit der jeweiligen **Fach**spezifik sowie mit der von Digitalisierung und Mediatisierung gekennzeichneten Lebenswelt und den daraus resultierenden Lernvoraussetzungen ihrer Schülerinnen und Schüler auseinander. Das Ziel aller Schularten, die Schülerinnen und Schüler zu befähigen, die eigene Medienanwendung kritisch zu reflektieren und **Medien aller Art zielgerichtet, sozial verantwortlich und gewinnbringend zu nutzen**, gehört damit perspektivisch in jedes **fachliche** Curriculum. Daher ist **in der fachspezifischen Lehrerbildung für alle Lehrämter die Entwicklung entsprechender Kompetenzen verbindlich festzulegen.**“



I Rahmenbedingungen

Bildungsplan der Grundschule des Landes **Baden-Württemberg** (2016)

Für das Fach Mathematik



„In Kontexten rechnen“

Denkanstöße:

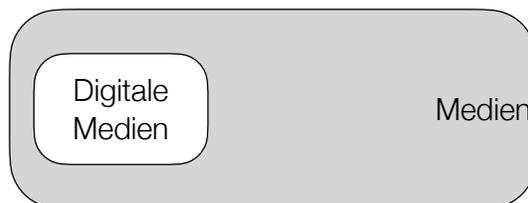
„Den Kindern Möglichkeiten geben, in ihrer Erfahrungs- und Umwelt **mathematisch relevante Sachsituationen zu entdecken - auch aus digitalen Medien.**“ (S. 28)

„Daten erfassen und darstellen“

Denkanstöße:

„Welche Medien (**auch digitale**) liefern geeignete **Datensammlungen oder Datendarstellungen?**“

Welche Medien (**auch digitale**) **unterstützen** die Kinder in der Darstellung von Datensammlungen?“ (S. 35)



„Medienbildung (MB)

Den Umgang mit Medien üben die Schülerinnen und Schüler durch deren angemessenen Einsatz. Diese finden ihre Anwendung sowohl bei der

➔ **Beschaffung von Informationen** als auch als

➔ **Hilfsmittel beim Problemlösen** zum Beispiel bei der

➔ **Visualisierung von mathematischen Inhalten** wie

➔ **Diagrammen**. Auch bei der

➔ **Präsentation von Arbeitsprozessen und -ergebnissen** steigern sie ihre Kompetenzen im Bereich der Medienbildung, lernen die Vorzüge und den Umgang mit Medien kennen und erkennen deren Grenzen.“ (S. 4)

I Rahmenbedingungen

II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

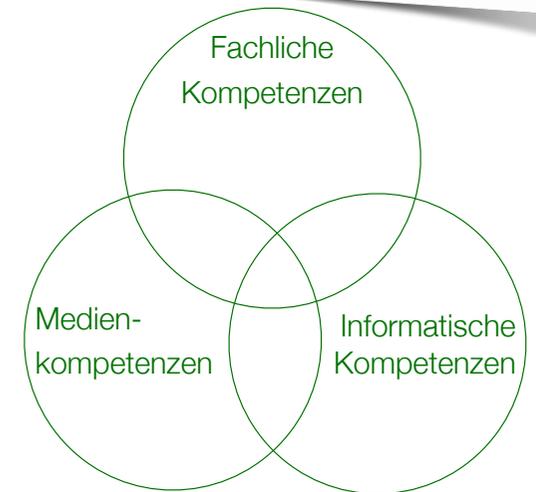
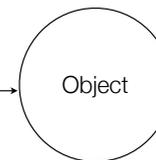
III Analoges & Digitales sinnvoll miteinander verbinden

II Kompetente Auswahl und **sinnvolle** Nutzung digitaler Medien

Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: **für jemanden** einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

↓
„Sinn“: **Ziel und Zweck**, Wert, der einer Sache innewohnt



Ladel/Kortenkamp (2013, 2016)
Ladel (2017, 2021)

II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: für jemanden einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

↓
„Sinn“: Ziel und Zweck, Wert, der einer Sache innewohnt

Kompetenzen in der digitalen Welt (KMK, 2016):

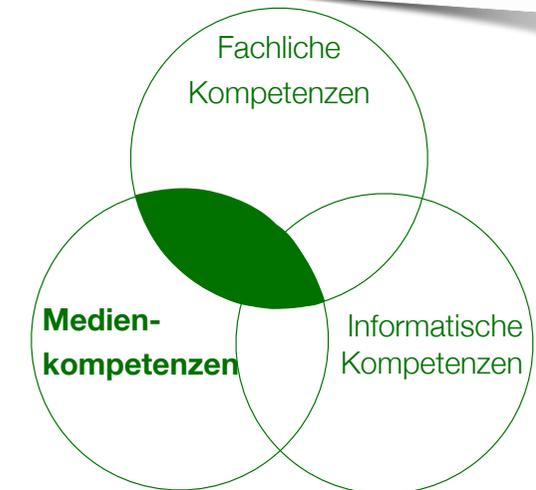
1. Suchen, Verarbeitung und Aufbewahren
2. Kommunizieren und Kooperieren
3. Produzieren und Präsentieren
4. Schätzen und sicher agieren
5. Problemlösen und Handeln
6. Analysieren und Reflektieren

➔ Operationsverständnis - intermodaler Transfer



<https://www.youtube.com/watch?v=IIIsnD2Sqw4>

Kompetenz-Trias der Digitalisierung



II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

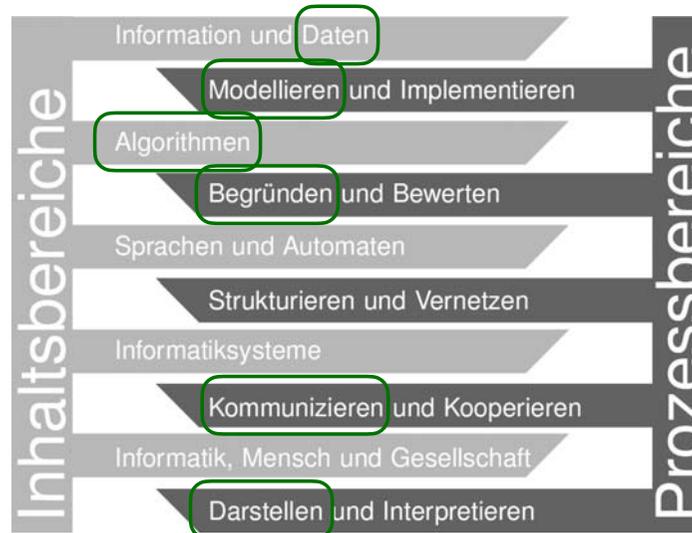
Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: für jemanden einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

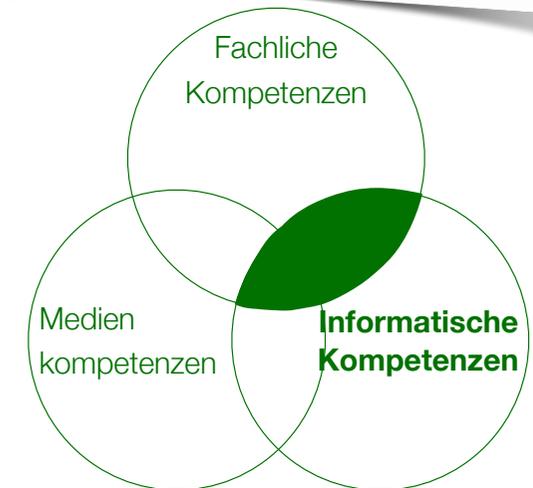
↓
„Sinn“: Ziel und Zweck, Wert, der einer Sache innewohnt



Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich



Kompetenz-Trias der Digitalisierung



II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

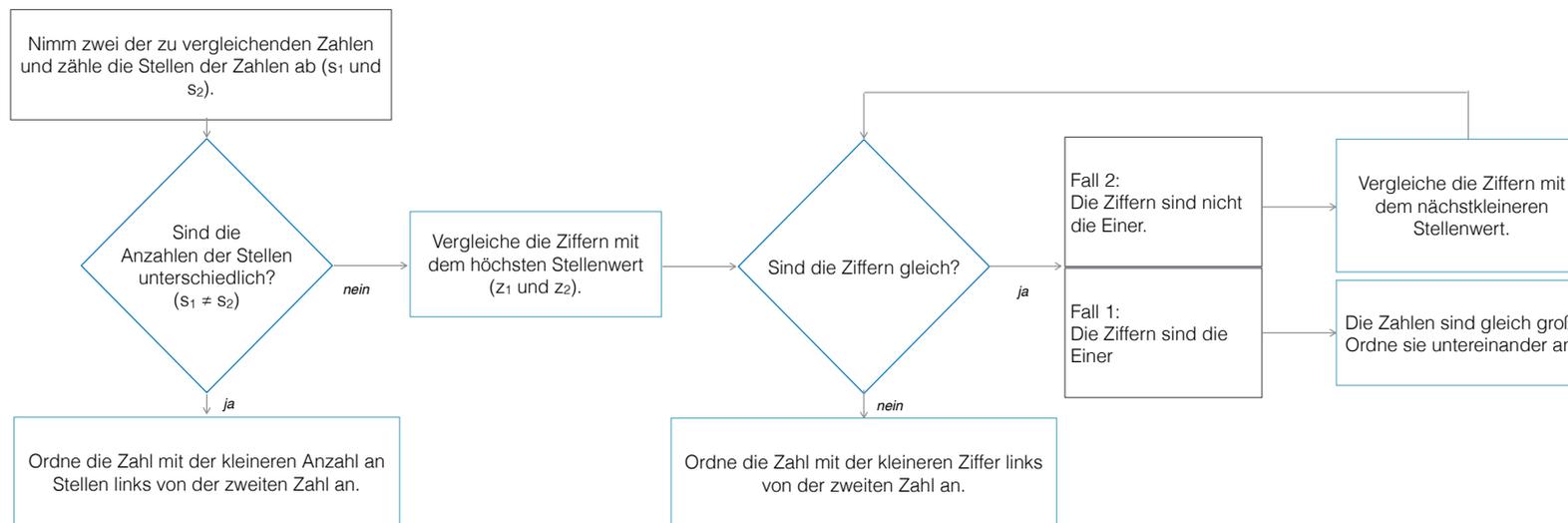
Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: für jemanden einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

↓
„Sinn“: Ziel und Zweck, Wert, der einer Sache innewohnt

Beispiel Algorithmen: „Ordne die Zahlen 2345, 674, 2351, 462, 63 der Größe nach!“

1. Zähle die Stellen der Zahlen ab. Je weniger Stellen eine Zahl hat, umso kleiner ist sie.
2. Haben zwei Zahlen die gleiche Stellenzahl, so vergleiche die Ziffern mit dem höchsten Stellenwert. Die Zahl mit der kleineren Ziffer ist kleiner.
3. Sind die beiden Ziffern gleich groß, so wiederhole den Vergleich mit den beiden Ziffern des nächstkleineren Stellenwerts.
4. Wiederhole den Vergleich der Ziffern so lange, bis sich eine Ziffer unterscheidet. Ist dies nicht der Fall, so sind die beiden Zahlen gleich groß.



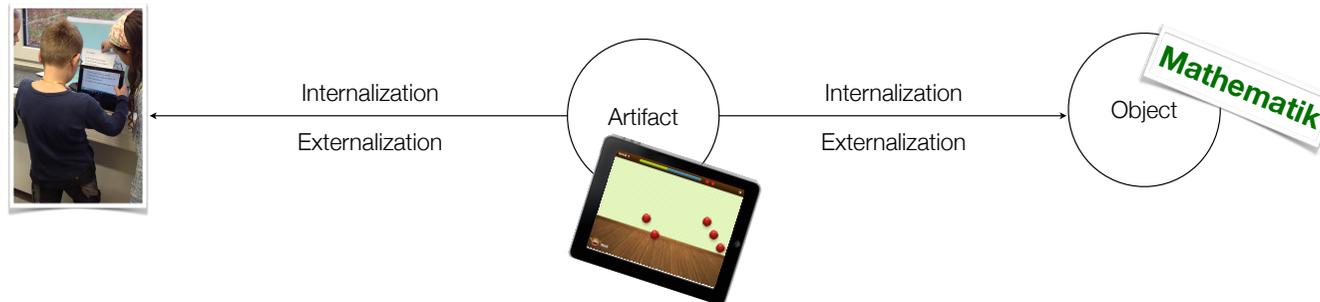
Ladel (2020)

II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

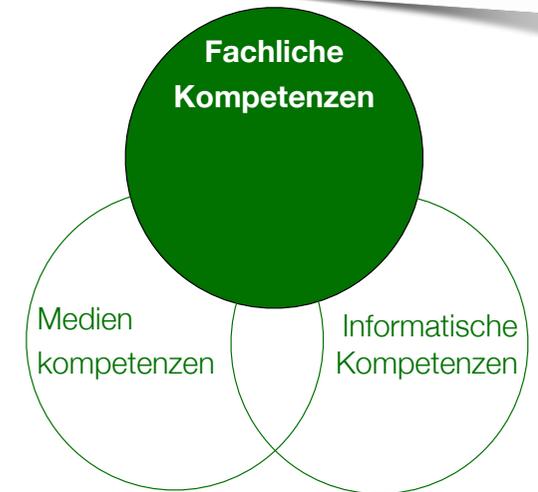
Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: für jemanden einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

↓
„Sinn“: Ziel und Zweck, Wert, der einer Sache innewohnt



Kompetenz-Trias der Digitalisierung



Ladel/Kortenkamp (2013, 2016)
Ladel (2017, 2021)

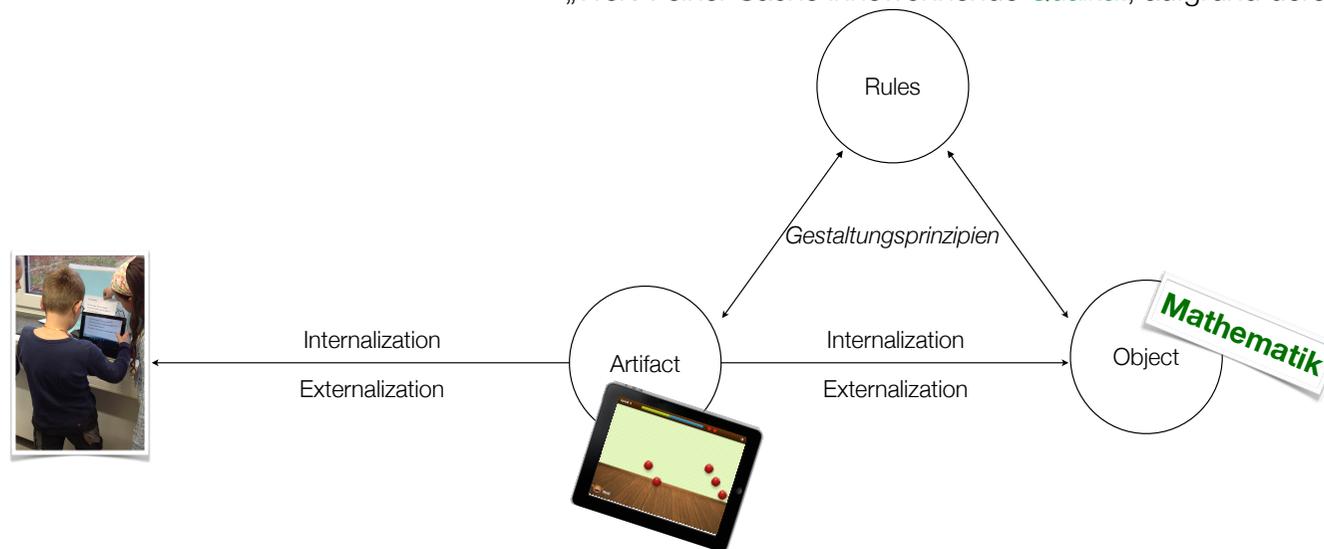
II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: für jemanden einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

↓
„Sinn“: Ziel und Zweck, Wert, der einer Sache innewohnt

↓
„Wert“: einer Sache innewohnende Qualität, aufgrund derer sie in einem gewissen Maße begehrenswert ist



Ladel/Kortenkamp (2013, 2016)
Ladel (2017, 2021)

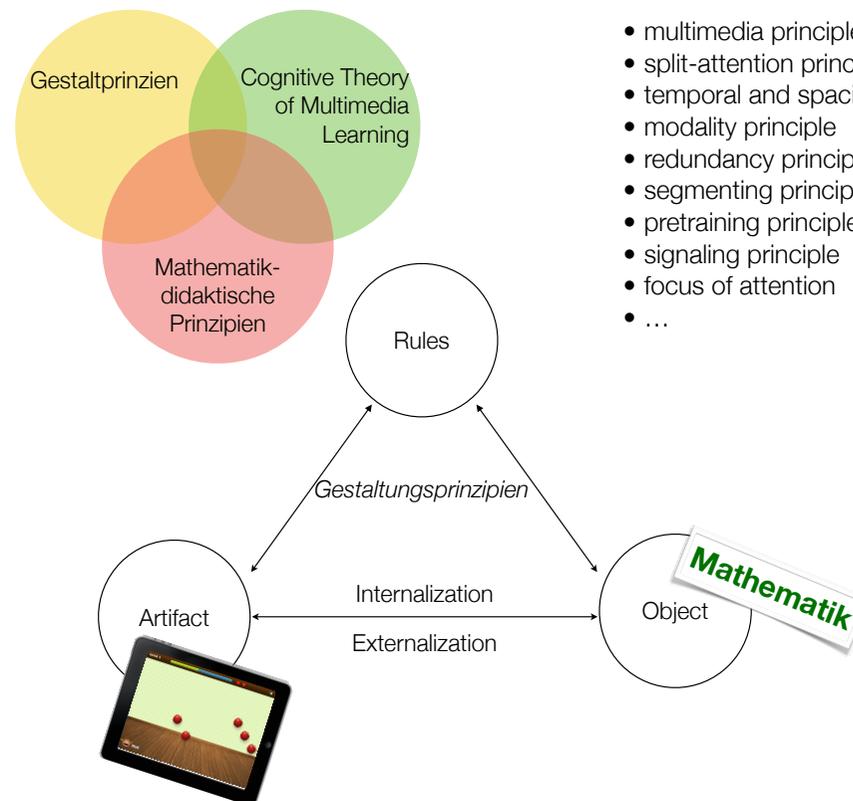


II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

- Prinzip der Einfachheit
- Prinzip der Ähnlichkeit
- Prinzip des guten Verlaufs
- Prinzip der Nähe
- Prinzip der gemeinsamen Region
- Prinzip der Verbundenheit
- Prinzip des gemeinsamen Schicksals
- Prinzip der zeitlichen Synchronizität
- Prinzip der Bedeutung
- ...

- Prinzip des aktiven, ganzheitlichen Lernens
- Operatives Prinzip
- Spiralprinzip
- Prinzip der Natürlichen Differenzierung
- Prinzip der Zone der nächsten Entwicklung
- Prinzip des interaktiven Zugangs zu Darstellungsweisen
- Prinzip der Auswahl grundlegender Darstellungsweisen
- Prinzip der fundamentalen Ideen
- Prinzip der fortschreitenden Schematisierung
- Prinzip der Orientierung am Vorwissen
- ...



- multimedia principle
- split-attention principle
- temporal and spacial contiguity principle
- modality principle
- redundancy principle
- segmenting principle
- pretraining principle
- signaling principle
- focus of attention
- ...

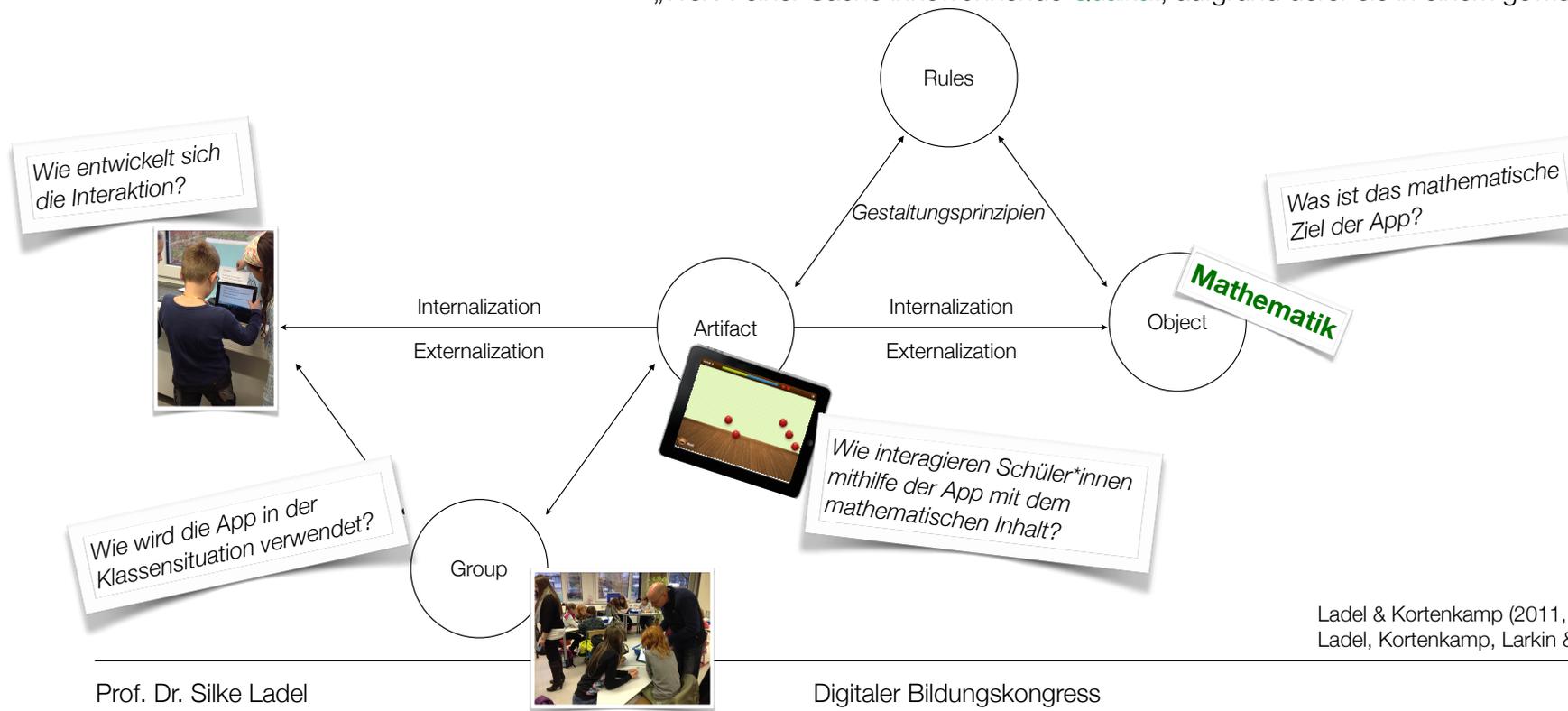
II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

„sinnvoll“: für jemanden einen Sinn haben, eine Befriedigung bedeutend

↓
„Sinn“: Ziel und Zweck, Wert, der einer Sache innewohnt

↓
„Wert“: einer Sache innewohnende Qualität, aufgrund derer sie in einem gewissen Maße begehrenswert ist



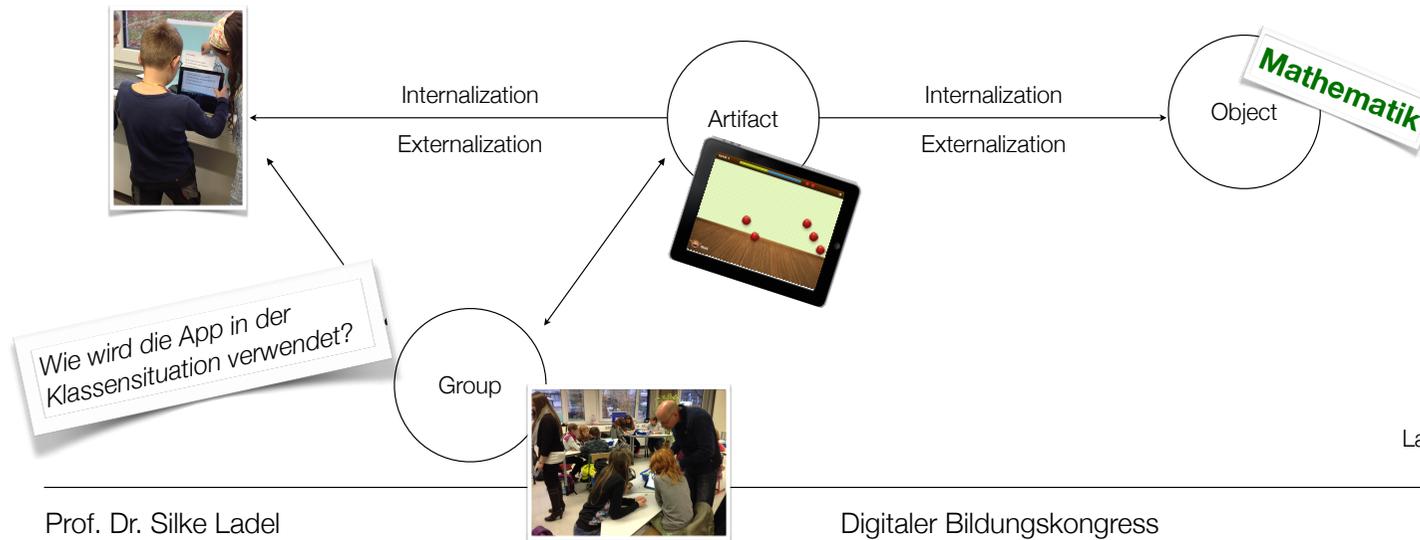
Ladel & Kortenkamp (2011, 2012, 2013, 2016)
Ladel, Kortenkamp, Larkin & Etzold (2018)

II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

Vor dem Hintergrund der Artefact-Centric Activity Theory

- ▶ Ist die App für individuelle Arbeit, Partnerarbeit oder Kleingruppenarbeit geeignet?
- ▶ Was sind mögliche **Impulse und Aufgabenstellungen**, die Sie als Lehrerin oder Lehrer geben können?
- ▶ Welche **Differenzierungsmaßnahmen** und verschiedenen Schwierigkeitsgrade sind möglich?
- ▶ Handelt es sich um eine **Übungs-App** oder dient sie zur **Einführung** neuer Lerninhalte und dem **Aufbau von Grundvorstellungen**?
- ▶ Folgt die App eher einem **instruktiven** (z. B. drill-and-practice) oder einem **konstruktiven** (z. B. entdeckendes Lernen) Paradigma?
- ▶ Welche **Voraussetzungen/Kompetenzen** werden an die Schülerinnen und Schüler für die App-Nutzung gestellt?

➔ Die fachliche und fachdidaktische Kompetenz der Lehrperson ist entscheidend für die sinnvolle Nutzung digitaler Medien.



Ladel & Kortenkamp (2011, 2012, 2013, 2016)
Ladel, Kortenkamp, Larkin & Etzold (2018)

Überblick

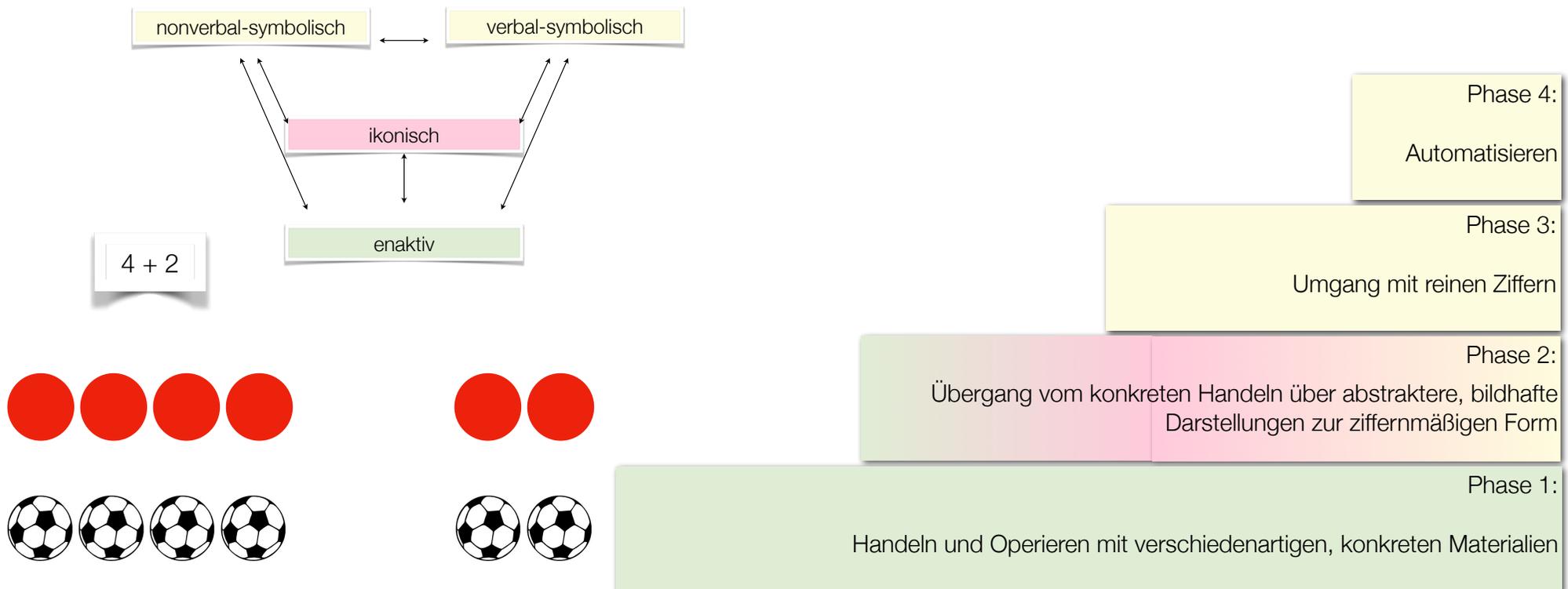
I Rahmenbedingungen

II Kompetente Auswahl und sinnvolle Nutzung digitaler Medien

III Analoges & Digitales sinnvoll miteinander verbinden

III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses



Ladel (2009), Aebli (1983)

III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses



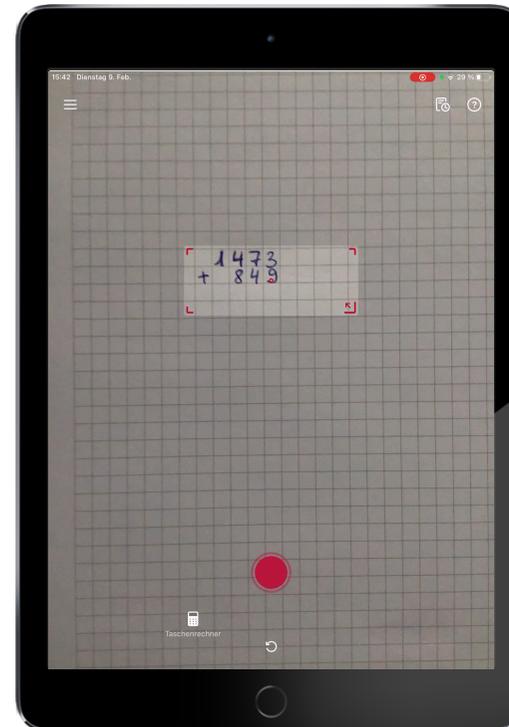
► Voraussetzung: gesichertes Verständnis des mathematischen Inhalts!

Potenzial:

- Sofortige Rückmeldung
- Spielerische Motivationselemente



PhotoMath



Potenzial:

- Sofortige Rückmeldung
- Vorschlag: Lösungsweg

Phase 4:
Automatisieren

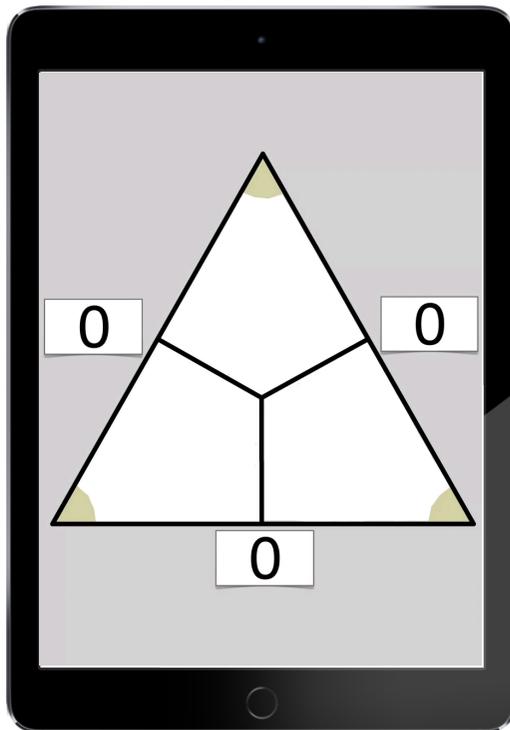
III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses

➔ Operatives Durcharbeiten im Sinne von „Was passiert mit ..., wenn ...?“



Rechendreieck



Potenzial:

▶ Computational Offloading

Phase 4:
Automatisieren

Phase 3:
Umgang mit reinen Ziffern

- Verschiebe ein (zwei, drei, ...) Plättchen im Rechendreieck! Was stellst du fest? Erkläre wie das Rechendreieck funktioniert.
- Gegeben sind die Zahlen 3, 6, 9, 13, 16, 19. Finde das passende Rechendreieck!
- Wie musst du die Mittelzahlen wählen, damit die Randzahlen alle gerade (ungerade) sind?
- Am Rand stehen die Zahlen 20, 25, 11. Finde die fehlenden Mittelzahlen!

III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses

➔ Verknüpfung multipler externer Repräsentationen

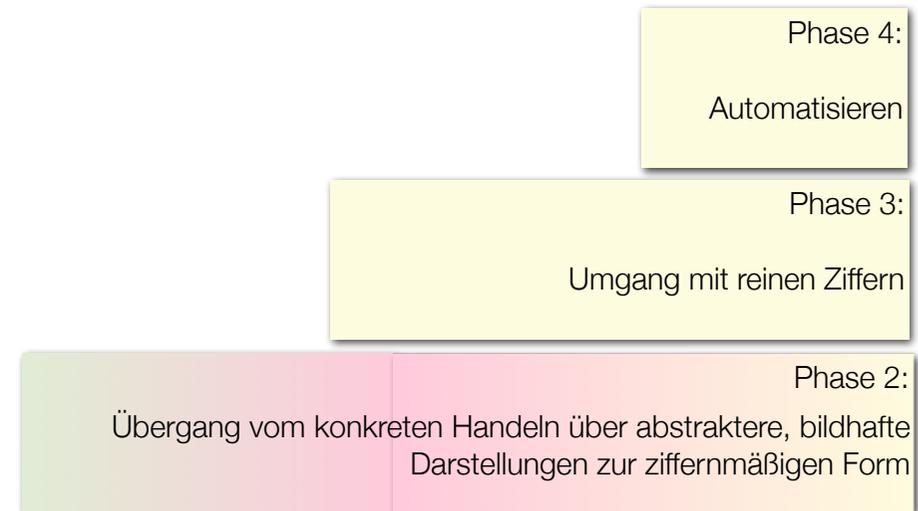


TouchCounts



Potenzial:

- ▶ Unterstützung des intermodalen Transfers
- ▶ Aufbau von Grundvorstellungen

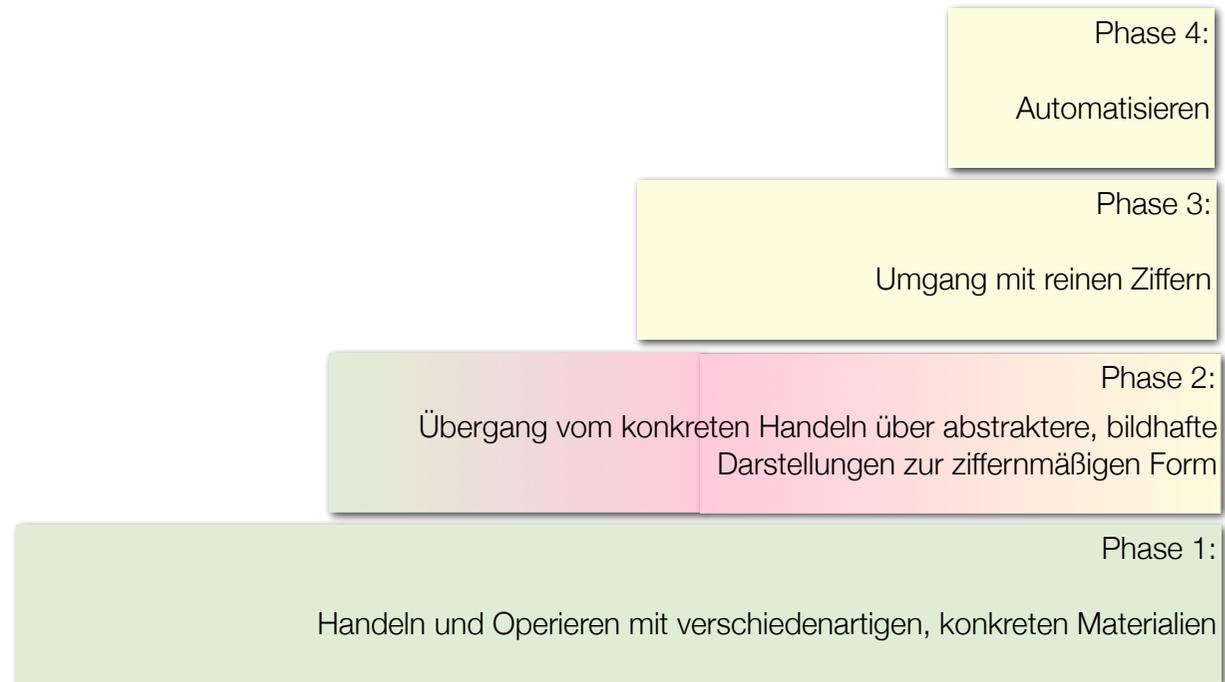


- *Bilde eine 2 und eine 4. Schiebe beide Zahlen zusammen, um eine 6 zu erhalten. Welche anderen Möglichkeiten findest du eine 6 zu erzeugen?*
- *Wie viele verschiedene Wege gibt es insgesamt eine 6 zu erzeugen?*
- *Wie kannst du dir sicher sein, dass das alle Möglichkeiten sind?*

III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses

Bewährt: Arbeit mit Tangram



III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses

Bewährt: Arbeit mit Tangram

Neu: Erkennung und digitale Weiterverarbeitung



Osmo Tangram

Mögliche Anschlussaufgaben:

- Erarbeitung der Eigenschaften verschiedener geometrischer Grundformen
- Austausch von Strategien



- ➔ adaptive Lernumgebung
- ➔ Hilfestellung
- ➔ automatische Dokumentation des Lernfortschritts

Phase 1:

Handeln und Operieren mit verschiedenartigen, konkreten Materialien

III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Die 4 Phasen des mathematischen Lernprozesses

Bewährt: Arbeit mit Tangram

1 Lege die Figureen nach.

2 Erfinde Figuren – dein Partner legt sie nach.

3 Tangram-Ideen

Mit anderen Kindern:
Tangram-Zoo

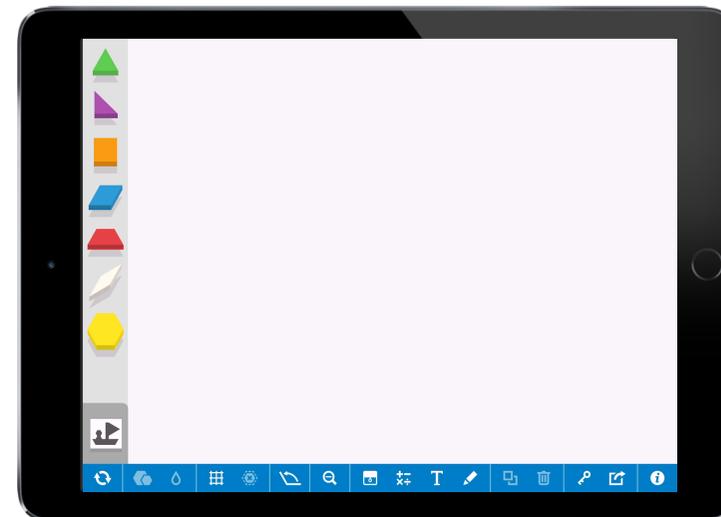
Alleine:
Eine Geschichte schreiben.

4 Aus welchen Formen besteht dein Tangram?
Wie viele Formen hast du von jeder Sorte gebraucht?

Neu: automatische Umwandlung in Umriss



Pattern Shapes



- ➔ Genauer, sorgfältiges Arbeiten
- ➔ Konzentration auf mathematische Kompetenzen
- ➔ Schnellere und einfachere Organisation

Phase 1:

Handeln und Operieren mit verschiedenartigen, konkreten Materialien

III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Denkprozesse der kognitiven Anforderungsbereiche (IEA: Trends in International Mathematics and Science Study 2019)

Reproduzieren	Anwenden	Problemlösen
<ul style="list-style-type: none"> - Erinnern/Wiedererkennen - Beschreiben - Angemessene Beispiele finden 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergleichen, Unterschiede feststellen und Klassifizieren - Zusammenhänge herstellen - Anwenden von Modellen - Informationen interpretieren - Erklären 	<ul style="list-style-type: none"> - Analysieren von Problemen - Synthetisieren - Fragen formulieren, Hypothesen aufstellend Vorhersagen treffen - Experimente planen - Evaluieren - Schlussfolgerungen ziehen - Generalisieren - Begründen

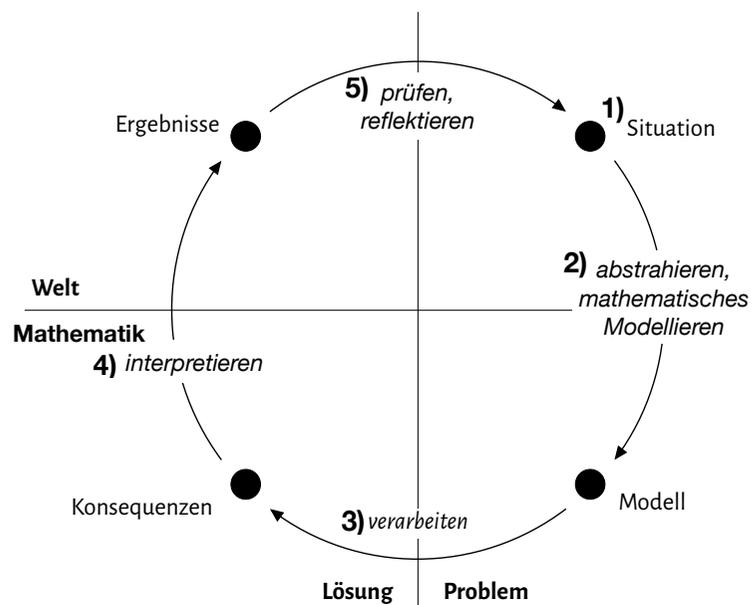
III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Ziel: Algorithmisches Denken, Problemlösefähigkeiten, Kreativität, Modellieren

Bewährt: Wege im Koordinatensystem, problemhaltige Rahmenstory

Neu: Motivation durch spielerischen Einsatz von Robotern

Mathematischer Modellierungskreislauf:



Beispiel in der Programmiersprache für den Bee-Bot:

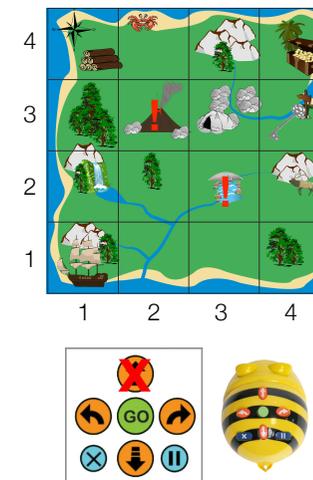
- 1) Situation:** Ich möchte, dass die Biene den Weg vom Piratenschiff zum Schatz findet. Dazu muss sie zuerst den Schlüssel für den Schatz einsammeln. Die Biene darf aber nicht geradeaus laufen. Außerdem darf sie die Felder mit dem ! nicht betreten.

- 2) Formalisierung in Form der Programmiersprache:**



- 3) Verarbeitung und Lösung des Problems:** Programmierung der Biene und ausführen des Programms.
- 4) Interpretation:** Ist die Biene am Piratenschatz angekommen?
- 5) Bewertung der Lösungsrepräsentation:** Läuft die Biene mit dem Schlüssel zum Piratenschatz, ohne vorwärts zu laufen und die Felder mit dem ! zu betreten?

Optimierung:
Kann die Anweisung verkürzt werden?



III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Ziel: Algorithmisches Denken, Problemlösefähigkeiten, Kreativität, Modellieren

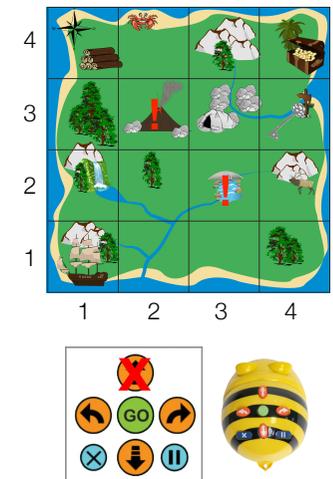
Neu: Motivation durch spielerischen Einsatz von Robotern

- ➔ Problemlösung in Form eines Algorithmus
- ➔ Strukturiertes Vorgehen
- ➔ Formalisierung in „Programmiersprache“

Beispiel in der Programmiersprache für den Bee-Bot:

- 1) Situation:
Ich möchte, dass die Biene den Weg zum Piratenschiff zum Schatz findet. Dazu muss sie zuerst den Schlüssel für den Schatz einsammeln. Die Biene darf aber nicht geradeaus laufen. Außerdem darf sie die Felder mit dem ! nicht betreten.
 - 2) Formalisierung in Form der Programmiersprache:

 - 3) Verarbeitung und Lösung des Problems:
Programmierung der Biene und ausführen des Programms.
 - 4) Interpretation:
Ist die Biene am Piratenschatz angekommen?
 - 5) Bewertung der Lösungsrepräsentation:
Läuft die Biene mit dem Schlüssel zum Piratenschatz, ohne vorwärts zu laufen und die Felder mit dem ! zu betreten?
- Optimierung:
Kann die Anweisung verkürzt werden?



III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

Ziel: Planen und Durchführen einer Untersuchung; Sammeln, Analysieren und Interpretieren von Daten

Bewährt: Einbezug der Lebenswelt der Kinder

Neu: Motivation durch spielerischen Einsatz von Robotern

Versuch Nr.	Vorwärts fahren (cm)	Leistung Katapult (%)	Erfolg?	Beobachtungen



➔ Informatische Grundkompetenz:
Erstellen von Sequenzen und Parametern



III Analoges und Digitales sinnvoll miteinander verbinden

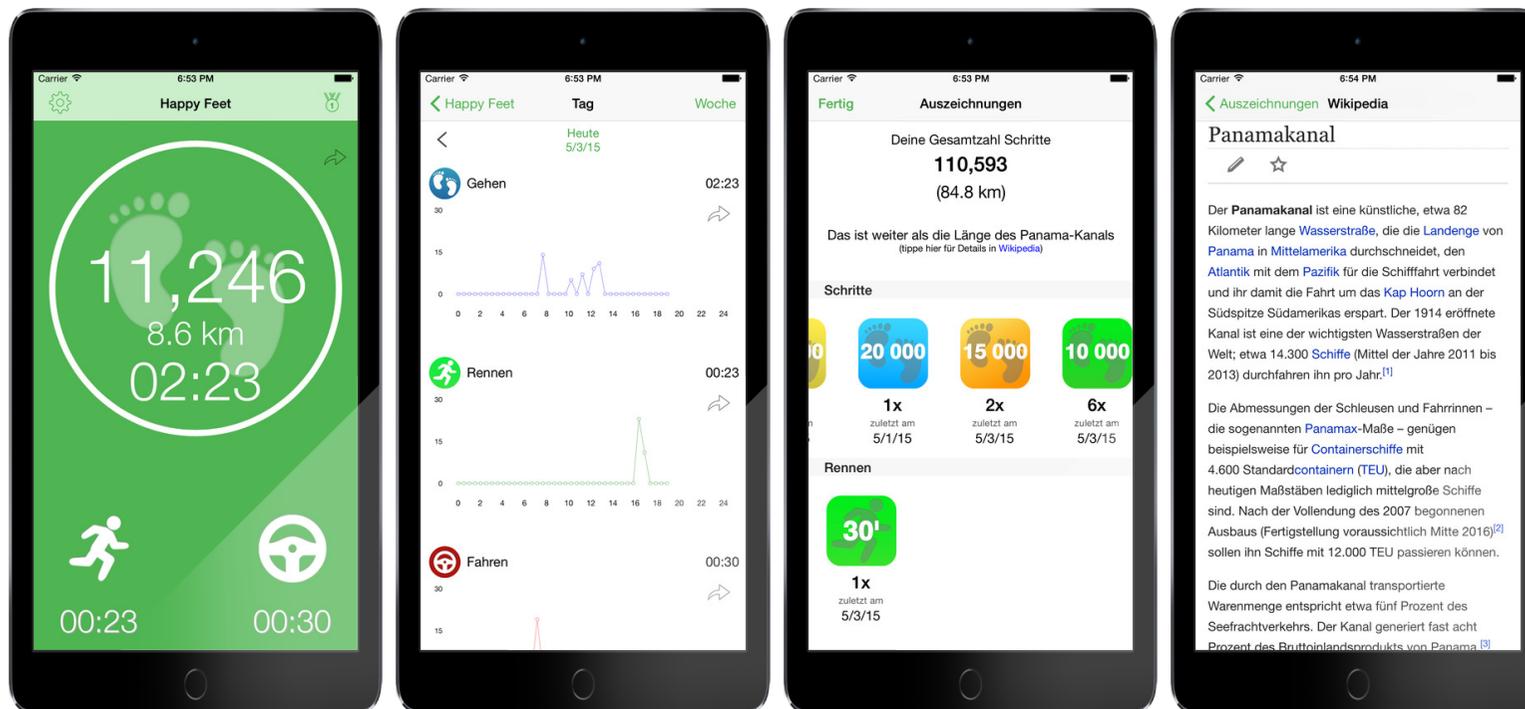
Ziel: Planen und Durchführen einer Untersuchung; Sammeln, Analysieren und Interpretieren von Daten

Bewährt: Einbezug der Lebenswelt der Kinder

Neu: Das digitale Medium als Datenerhebungsinstrument



Happy Feet -
Motion Activity
Tracker (Jürgen
Lotzmann)



Fazit

- ➔ Das Potenzial der Digitalisierung und digitaler Medien ist wesentlich größer als die reine Unterstützung des Lernens auf Distanz.
- ➔ Die fachliche und fachdidaktische Kompetenz der Lehrperson ist entscheidend für die sinnvolle Nutzung digitaler Medien.
- ➔ Der größte Mehrwert liegt in der sinnvollen Verbindung des Analogenen mit dem Digitalen.