

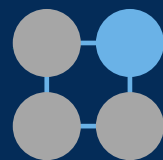


Digitale Lernumgebungen

Wann und wie PASST! das Format zu Lernenden und Unterrichtszielen?

Prof. Dr. Jürgen Roth

27.09.2026 IBBW-Wissenschaft im Dialog – PASST!



Didaktik der
Mathematik
Sekundarstufen

R
TU
P

Rheinland-Pfälzische
Technische Universität
Kaiserslautern
Landau

Digitale Lernumgebungen

Wann und wie PASST! das Format zu
Lernenden und Unterrichtszielen?

1. Digitale Lernumgebungen?!
2. (Lern-)Wirksamkeit digitaler Lernumgebungen
3. Empfehlungen für die Unterrichtspraxis und Rolle der Lehrenden
4. Praxisbeispiele aus der Mathematik

1

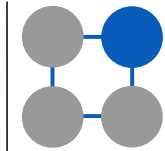
Digitale Lernumgebungen?!

Definition: Lernumgebung

Roth, J. (2022). **Digitale Lernumgebungen – Konzepte, Forschungsergebnisse und Unterrichtspraxis.** In G. Pinkernell et. al. (Hrsg.). *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule. Aktuelle Forschungsbefunde im Überblick* (S. 109-136). Berlin: Springer Spektrum.



R
P
TU



Didaktik der
Mathematik
Sekundarstufen



Rolle der Lehrperson im Rahmen der Arbeit mit (digitalen) Lernumgebungen

Vorbereitung

- L**ernende auf Arbeit mit digitaler Lernumgebung einstimmen
- R**egeln festlegen
- N**otwendige Kenntnisse und Fähigkeiten der Lernenden sicherstellen
- V**oraussetzungen für sinnvolles Arbeiten mit digitaler Lernumgebung schaffen



Durchführung

- Ü**berblick über Arbeitsstände und -ergebnisse verschaffen
- I**mplementierte Unterstützungssysteme adaptiv ergänzen
- M**öglichst minimal und in der Regel nicht inhaltlich unterstützen (Lernhilfen nach Zech)
- N**achbereitungsphase planen und vorbereiten



Nachbereitung

- K**onsolidieren der erarbeiteten Wissensselemente
- B**eobachtungen & Protokolle Lernender nutzen
- M**it regulärem mathem. Wissen abgleichen
- W**esentliche Grundvorstellungen, Kenntnisse und Fähigkeiten herausarbeiten und sichern
- E**reichten Fähigkeits- & Wissensstand überprüfen

Motivationshilfe

Hier beginnen.

- Lernende Motivieren
- Lernende bei der Aufgabenbearbeitung halten

Rückmeldehilfe

- Lernstand
- Korrektheit der Bearbeitung

Protokollierung

Allgemein- strategische Hilfe

- Strategie vermitteln, die unabhängig vom aktuellen Inhalt genutzt werden kann

Verweis auf
Hilfen, ...

Inhaltsorientiert- strategische Hilfe

- Strategie vermitteln, die überwiegend beim aktuellen Inhalt Anwendung findet

Inhaltliche Hilfe

- Inhaltliche Hinweise
- (Teil-)Lösungen

Zech, F. (1998). Grundkurs Mathematikdidaktik (9. Aufl.). Beltz.

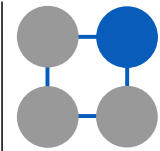
Roth, J. (2022). **Digitale Lernumgebungen – Konzepte, Forschungsergebnisse und Unterrichtspraxis.** In G. Pinkernell et. al. (Hrsg.). *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule. Aktuelle Forschungsbefunde im Überblick* (S. 109-136). Berlin: Springer Spektrum.

Definition: Lernumgebung

Roth, J. (2022). **Digitale Lernumgebungen – Konzepte, Forschungsergebnisse und Unterrichtspraxis.** In G. Pinkernell et. al. (Hrsg.). *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule. Aktuelle Forschungsbefunde im Überblick* (S. 109-136). Berlin: Springer Spektrum.



R
P
TU



Didaktik der
Mathematik
Sekundarstufen

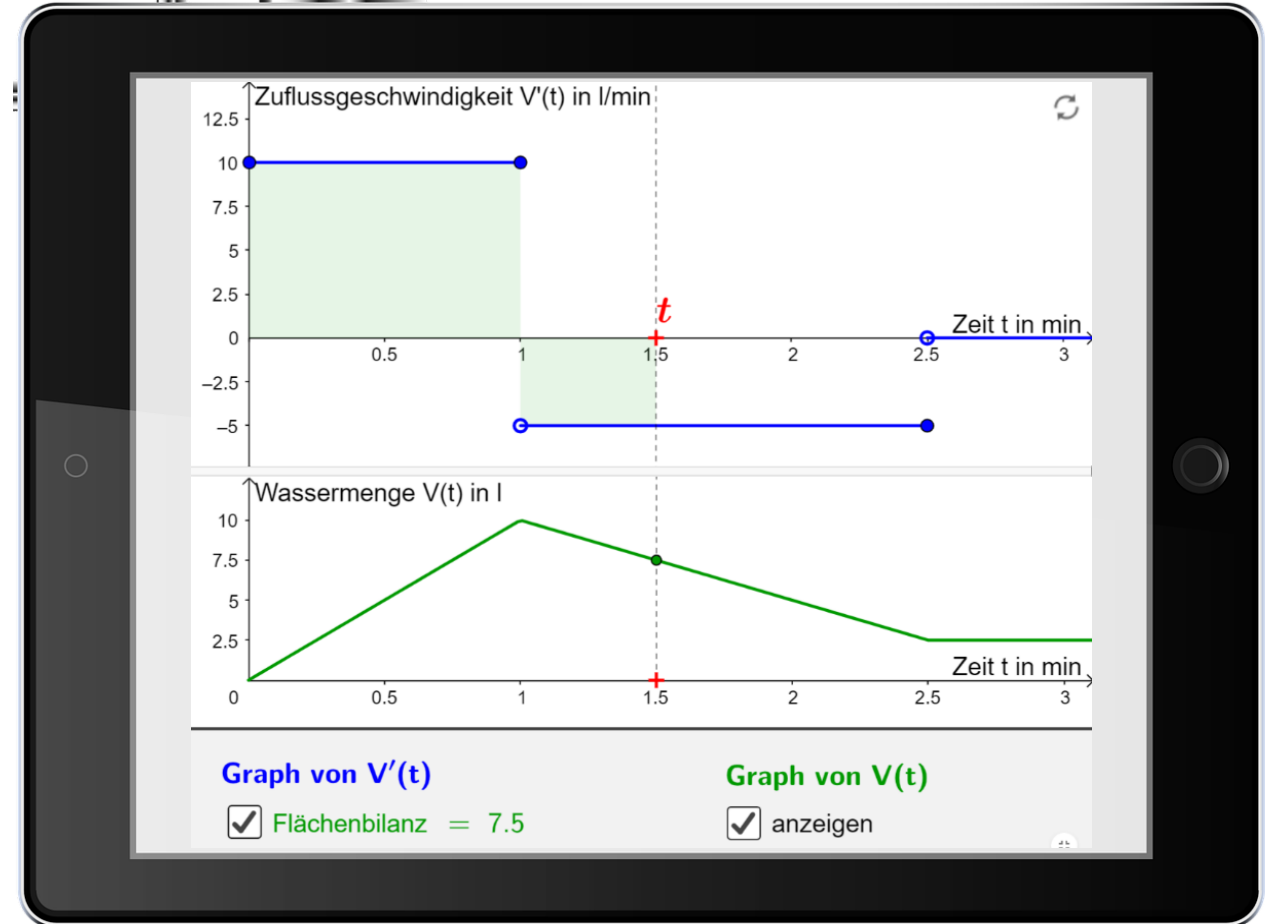


Definition: Digitale Lernumgebung

Digitale Lernumgebung



- Digitale Lernumgebungen bilden eine Teilmenge der Lernumgebungen.
- Eine digitale Lernumgebung konstituiert sich bereits dann, wenn eine Lernumgebung durch
 - von Lernenden interaktiv nutzbare digitale Elemente (z. B. Applets),
 - die einen wesentlichen Beitrag zur Lernaktivität leisten, digital angereichert wurde.



Umgestaltung (Transformation)

Neudefinition (Redefinition)

Technologie ermöglicht die Gestaltung neuer Aufgaben, die ohne sie nicht denkbar waren.

Veränderung (Modification)

Technologie ermöglicht eine erhebliche Umgestaltung der Aufgaben.

Verbesserung (Enhancement)

Erweiterung (Augmentation)

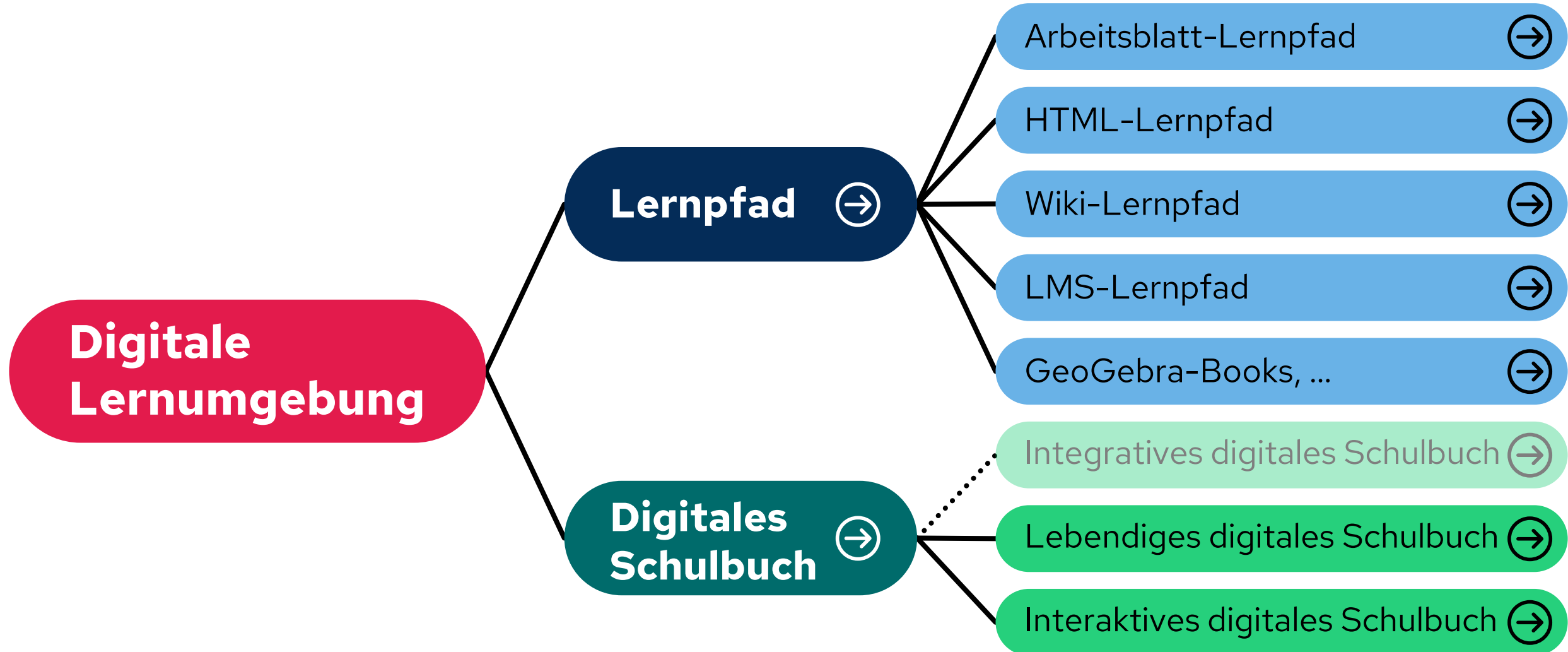
Technologie dient als direkter Werkzeugersatz mit verbesserter Funktionalität.

Substitution (Substitution)

Technologie dient als direkter Werkzeugersatz, ohne Änderung der Funktionalität.

Nach: Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education [Blog post]. <http://hippasus.com/resources/tte/>

Roth, J. et al. (2023). **Die Zukunft des MINT-Lernens – Herausforderungen und Lösungsansätze**. In J. Roth et. al. (Hrsg.). *Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 1: Perspektiven auf (digitalen) MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung* (S. 1-42). Berlin: Springer Spektrum.



Lernpfad

Ein Lernpfad ist eine internet-basierte Lernumgebung, die



- mit einer Sequenz von aufeinander abgestimmten Arbeitsaufträgen
- strukturierte Pfade durch interaktive Materialien (z. B. Applets) anbietet,
- auf denen Lernende handlungsorientiert, selbsttätig und eigenverantwortlich auf ein Ziel hinarbeiten.

Da die Arbeitsaufträge eine Bausteinstruktur aufweisen, können die Lernenden jeweils für ihren Leistungsstand geeignete auswählen.

Durch individuell abrufbare

- Hilfen und Ergebniskontrollen sowie regelmäßige Aufforderungen in den Arbeitsaufträgen zum
- Formulieren von Vermutungen,
- Experimentieren,
- Argumentieren sowie
- Reflektieren & Protokollieren der Ergebnisse

wird die eigenverantwortliche Auseinandersetzung mit dem Lernpfad explizit gefördert.



Integrative digitale Schulbücher

sind digitale Versionen eines (traditionellen) Lehrbuchs die mit anderen Lernobjekten angereichert sind, etwa mit Links zu Lernressourcen und digitalen Werkzeugen im Internet. Häufig können auch eigene Verweise hinzugefügt werden.

Sie werden in der Regel von Schulbuchverlagen parallel zu traditionellen Schulbüchern angeboten.

Lebende digitale Schulbücher

zeichnen sich dadurch aus, dass ein Kernteam (z. B. von Lehrpersonen, IT-Spezialisten) ein digitales Lehrbuch verfasst, das sich aufgrund des Inputs anderer praktizierender Mitglieder / Lehrpersonen ständig weiterentwickelt.

Lernende erarbeiten sich Grundlagen der Inhalte selbstständig anhand von digitalen Materialien.

Interaktive digitale Schulbücher

basieren auf Lernobjekten (Aufgaben und interaktive Elemente), die Lernende jederzeit bei der Bearbeitung der Aufgaben verwenden können. Sie können auf ein Thema zugeschnitten, oder über Themen hinweg gleich gestaltet sein.

Lernende erarbeiten sich Grundlagen der Inhalte selbstständig anhand von digitalen Materialien.

2

(Lern-)Wirksamkeit digitaler Lernumgebungen



Ziel der Nutzung

- Selbstständiges, verständnisbasiertes, an Grundvorstellungen ausgerichtetes Lernen mathematischer Inhalte
- durch geeignete Aufbereitung und mithilfe passgenauer (digitaler) Unterstützungsmedien ermöglichen

Keine Drill and Practice-Programme!



Mögliche Einsatzszenarien

- **In Inhaltsbereich einsteigen:**
Inhaltsbereich explorieren und Grundvorstellungen erarbeiten
- **Inhaltsbereich konsolidieren:**
Sichtweisen untereinander und mit Grundvorstellungen vernetzen

Einsatz digitaler Technologien



- mittleren Effekt trotz Heterogenität
(Effektstärke: Cohens $d=0,37$) Hattie (2015)

Einsatz digitaler Werkzeuge beim MINT-Lernen in den Sekundarstufen

- 92 Vergleichsstudien mit $\leftrightarrow$ ohne digitale Werkzeuge seit 2000
- Positiver Effekt digitaler Werkzeuge
(Effektstärke: Hedges $g=0,65$)
- Fortbildungen zum Einsatz digitaler Werkzeuge $\rightarrow$ positiver Einfluss
Hillmayer et al. (2020)

Digitale Lernumgebungen sind besonders lernförderlich, wenn



- Lerninhalte subjektiv anspruchsvoll
- Lerninhalte Veränderungen bzw. Prozesse einschließen
- Lerninhalte dynamisiert darstellbar
- dynamische Darstellungen interaktiv genutzt werden Rolfes et al. (2020)
- es Aushandlungs- & Austauschphasen gibt
- Ergebnisse & Vorgehensweisen protokolliert werden Digel et al. (2022)

Aufgabenstellungen



- schriftliche Ergebnis-Vorhersagen vor Nutzung dynamischer Interaktivitäten
- Reflexionsfragen zu beobachteten bzw. erarbeiteten Ergebnissen
- Zusammenhänge schriftlich festhalten
- dynamisch dargestellte Situation und dynamische mathematische Repräsentationen in Beziehung setzen
- Ergebnisse anwenden

Lichti & Roth (2018)

Fokussierungshilfen



- dyna-linking, also dynamische Verbindungen zwischen Repräsentationen
- (identische) Farbgebung, Linienstärke
- Bezeichner & Messwerte mitführen
- Hilfslinien
- Veränderungsmöglichkeiten nur, wo für Erkenntnisgewinnung notwendig
- Zu- und Abschaltbare Optionen

Ainsworth (1999), Roth (2005, 2017, 2019)

Protokollierung



Ergebnisse und Vorgehensweisen
schriftlich (Text & Grafik) festhalten

- erleichtert reflektierte Abstraktion
sowie Schematisierung & ermöglicht
tiefere Verarbeitung Dörfler (2003)
- entlastet das Arbeitsgedächtnis Schnotz et al. (2011)
- fördert Reflexionstiefe und
neue Erkenntnisgewinnung Roth (2013)
- ermöglicht die Weiterarbeit
mit den Erkenntnissen
- Anregung: Prompts & leere Kästen Schumacher & Roth (2015)

Feedback

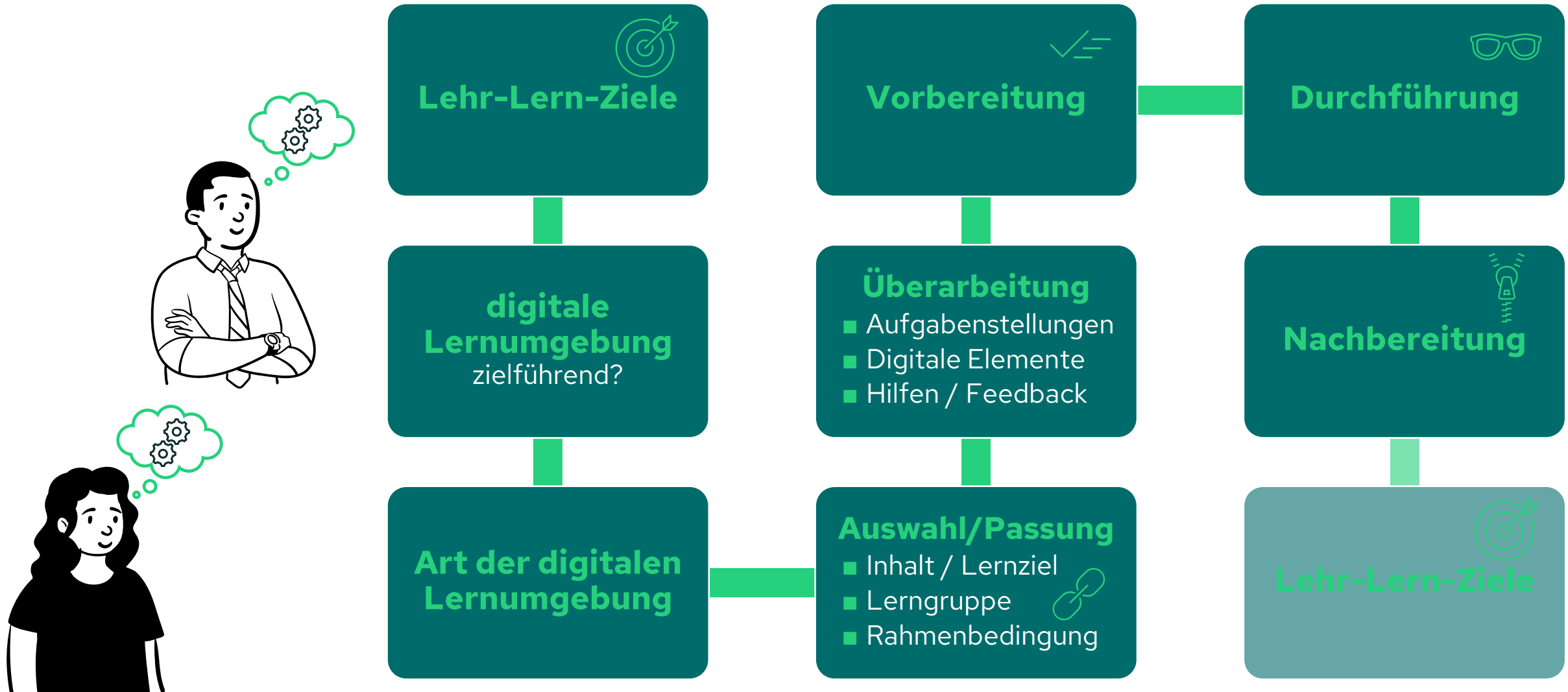


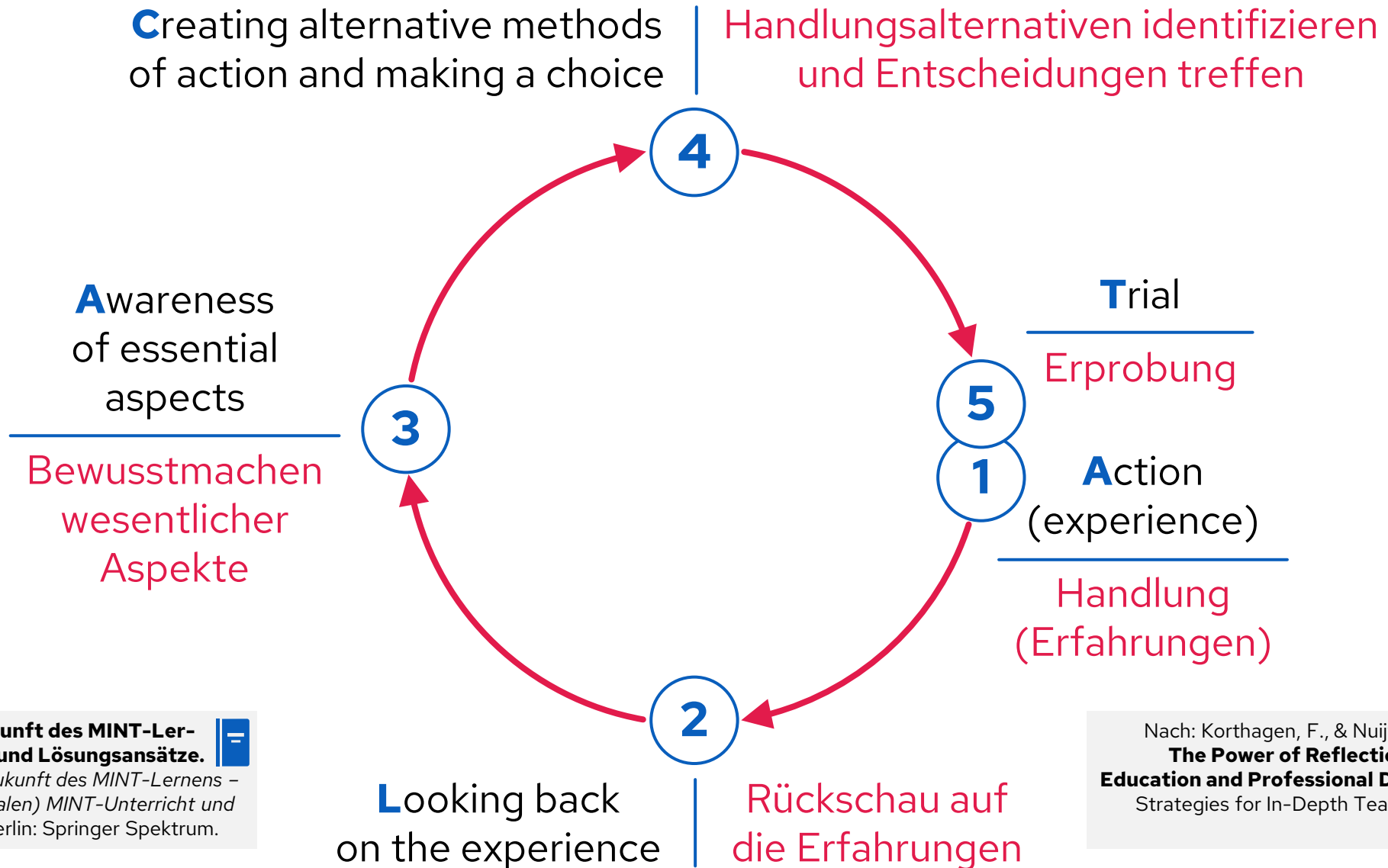
individuell und adaptiv

- Wissensstand d. Lernenden
→ Art des Feedbacks
→ Detailgrad des Feedbacks
- Lernende werden aktiv in den
Feedbackprozess einbezogen Bimba et al. (2017)
- Lernende: Feedback ist hilfreich
→ Bearbeitung richtig oder falsch
→ Erklärung für korrekte Lösung Jedtko & Greefrath (2019)
- Leistung ↔ Feedbacknutzung Rezat (2017)

3

Empfehlungen für die Unterrichtspraxis und Rolle der Lehrenden

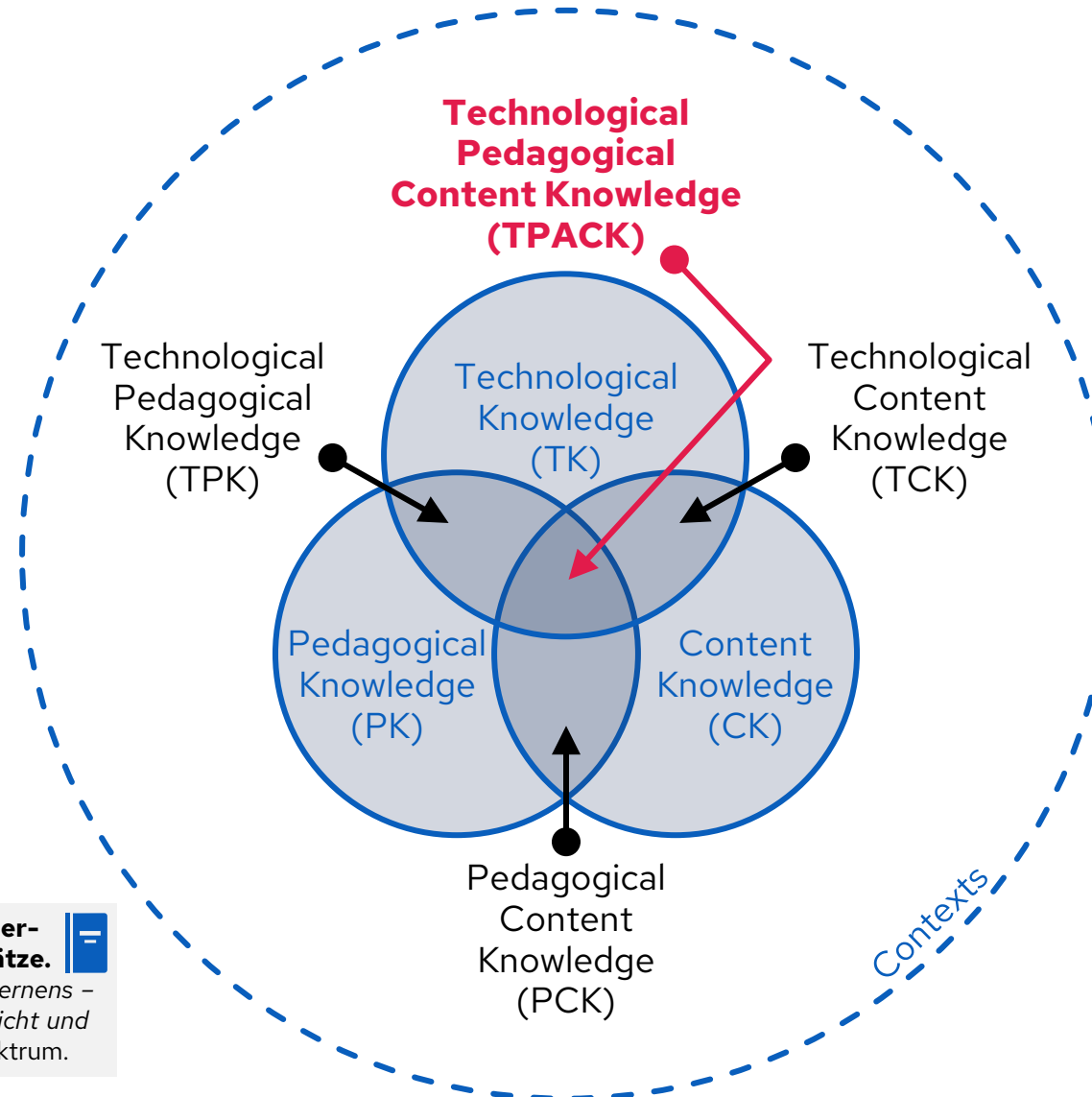




Roth, J. et al. (2023). **Die Zukunft des MINT-Lernens – Herausforderungen und Lösungsansätze.** In J. Roth et. al. (Hrsg.). *Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 1: Perspektiven auf (digitalen) MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung* (S. 1-42). Berlin: Springer Spektrum.

Nach: Korthagen, F., & Nuijten, E. (2022). **The Power of Reflection in Teacher Education and Professional Development.** Strategies for In-Depth Teacher Learning. Routledge.

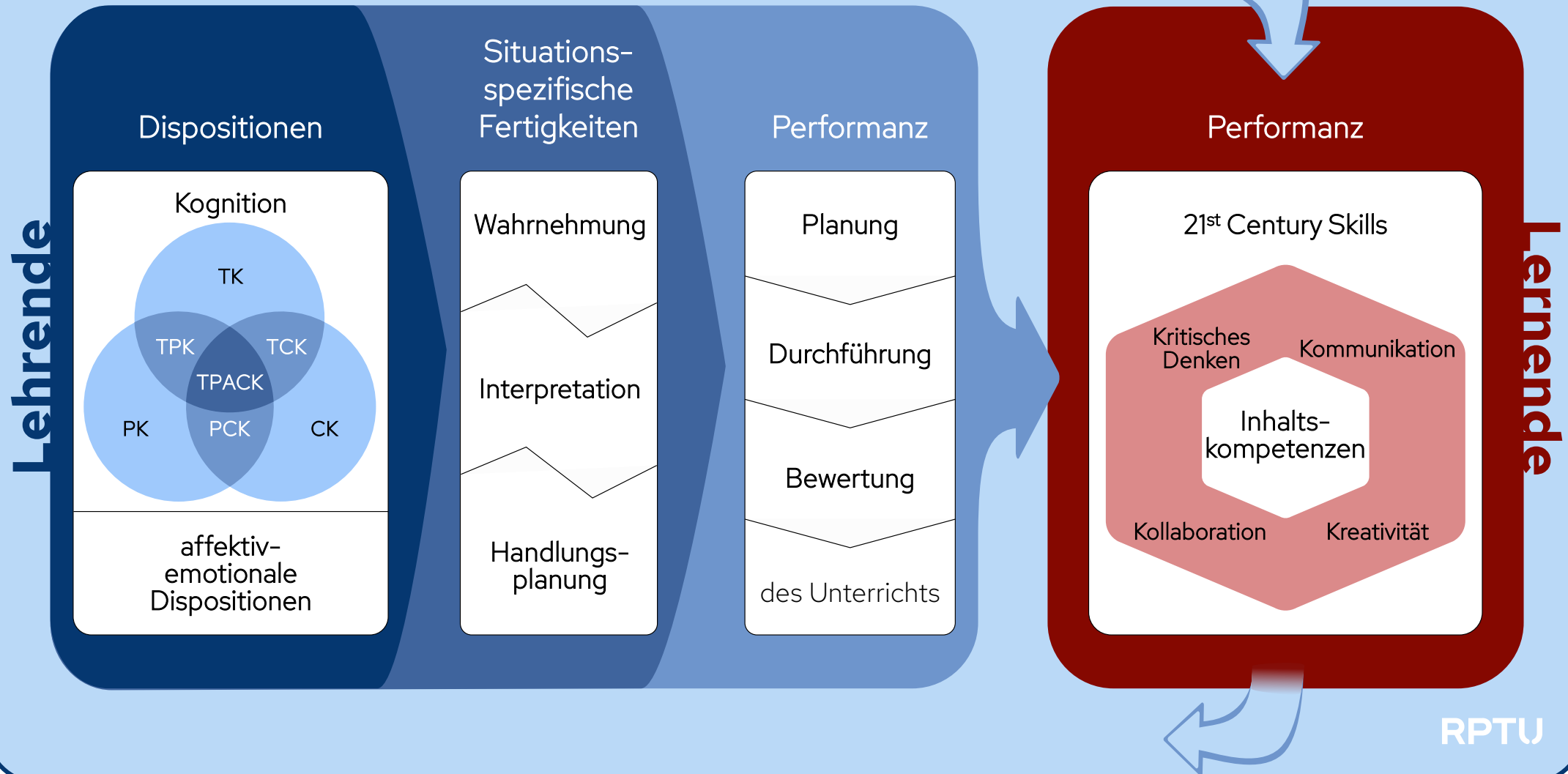
TPACK-Modell: Ordnungsrahmen für das Professionswissen von Lehrenden



Roth, J. et al. (2023). **Die Zukunft des MINT-Lernens – Herausforderungen und Lösungsansätze.** In J. Roth et. al. (Hrsg.). *Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 1: Perspektiven auf (digitalen) MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung* (S. 1-42). Berlin: Springer Spektrum.

Nach: Mishra, P., & M. Koehler, J. (2006). **Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge.** Teachers College Record, 108(6), 1017-1054.

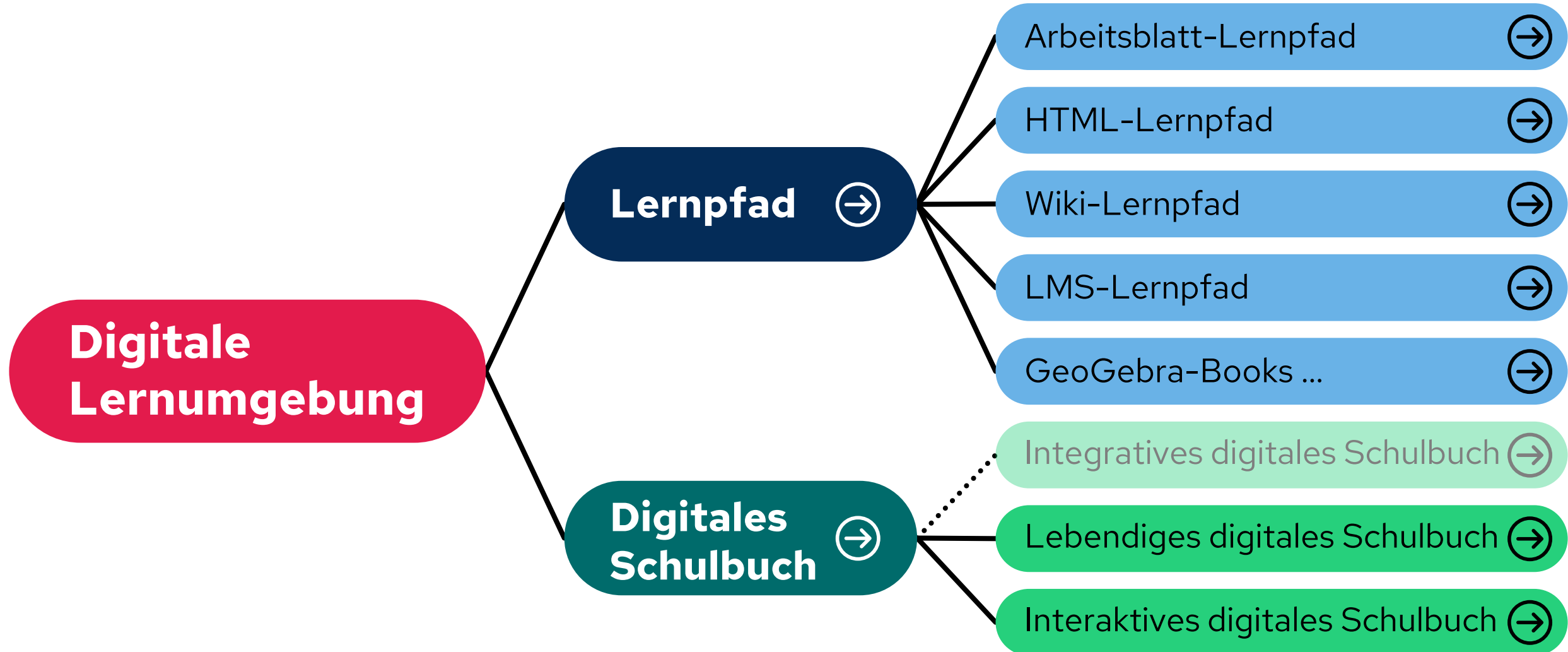
Meta-Reflexion Lehrende



Roth, J. et al. (2023).
**Die Zukunft des
MINT-Lernens –
Herausforderungen
und Lösungsansätze.**
In J. Roth et. al. (Hrsg.).
*Die Zukunft des MINT-
Lernens – Band 1: Pers-
pektiven auf (digitalen)
MINT-Unterricht und
Lehrkräftebildung*
(S. 1-42). Berlin:
Springer Spektrum.

4

Praxisbeispiele aus der Mathematik

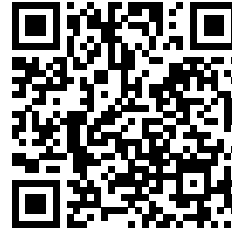




Roth, J. et al. (2023).
**Die Zukunft des MINT-Lernens –
Herausforderungen und Lösungsansätze.**
In J. Roth et. al. (Hrsg.). *Die Zukunft des MINT-
Lernens – Band 1: Perspektiven auf (digitalen)
MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung* (S. 1-42).
Berlin: Springer Spektrum.

Medienvielfalt im Mathematikunterricht

Lernpfade als Weg zum Ziel



Roth, J. (2015). **Lernpfade – Definition, Gestaltungskriterien und Unterrichtseinsatz.** In J. Roth, E. Süss-Stepancik & H. Wiesner (Hrsg.), Medienvielfalt im Mathematikunterricht – Lernpfade als Weg zum Ziel (S. 3-25). Heidelberg: Springer Spektrum.



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Jürgen Roth

RPTU

Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau

Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen)

Fortstraße 7, 76829 Landau

j.roth@rptu.de

juergen-roth.de

dms.math.rptu.de



RPTU

 **Mentimeter**



Was fanden Sie an der Veranstaltung gut?

Es werden kurze Antworten empfohlen. Sie haben noch 200 Zeichen übrig.

Sie können mehrere Antworten abschicken.

Abschicken

QR Code teilen

Erstellen Sie Ihr eigenes Menti unter [mentimeter.com](https://www.mentimeter.com)

Feedback zur Veranstaltung

- <https://roth.tel/feedback>

Fragen

(Es sind jeweils mehrere Antworten möglich.)

- Was fanden Sie an der Veranstaltung gut?
Freitext (jeweils maximal 250 Zeichen)
- Was wünschen Sie sich für die Veranstaltung?
Freitext (jeweils maximal 250 Zeichen)

