

# Lernen im Kontext der Digitalisierung – Herausforderungen von Assistenzsystemen und neuen Lernräumen für die berufliche Bildung

33. BAG-Fachtagung „Berufliches Lehren in der Krise?“

vom 08.-09. März 2024

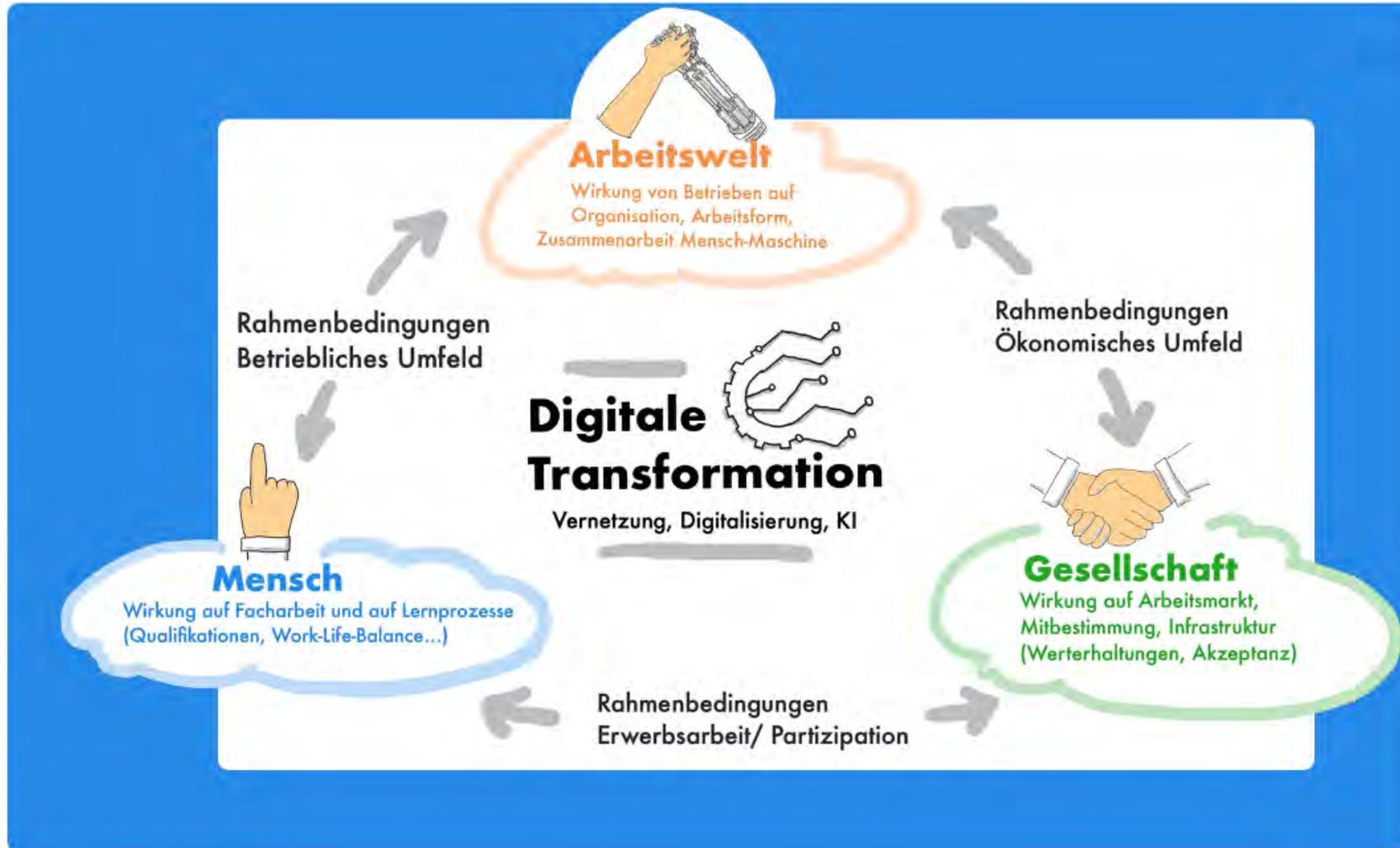
auf dem Berufsschulcampus Unstrut-Hainich Mühlhausen (Thüringen)



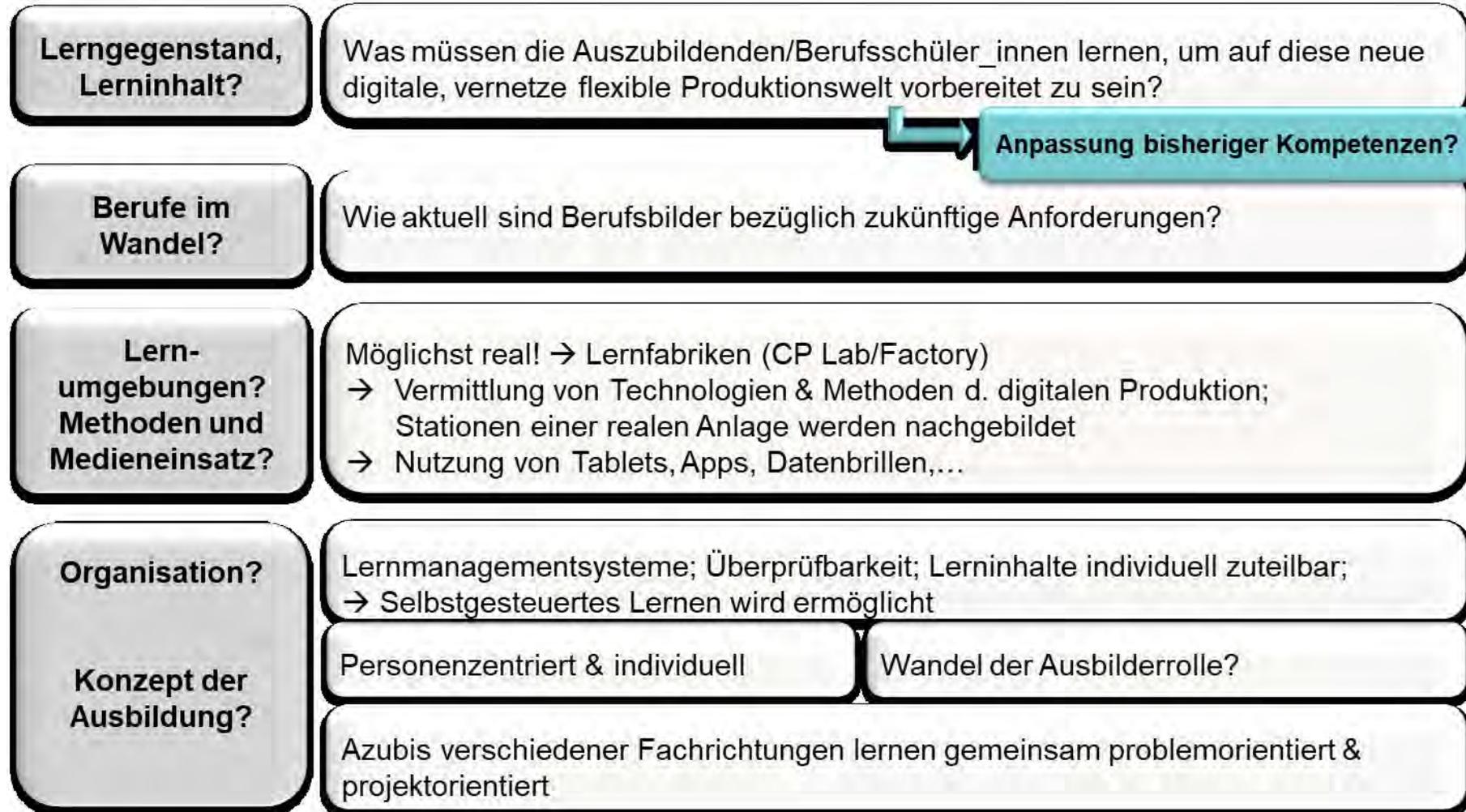
Prof. Dr. Lars Windelband  
Professur für Berufspädagogik  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



# Digitale Transformation und deren Konsequenzen



# Didaktik 4.0 – Was ist das? Ist dies wirklich neu?



# Projekt EVA M+E



Evaluation der Modernisierten M+E Berufe  
Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung



Auftraggeber

**GESAMT****METALL**

*Die Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie*

Laufzeit

01.01.2020 – 01.03.2022

Methodik

Literaturanalyse

Unternehmensbefragung

Expertengespräche → Fallstudien

Experten-Workshops

Projektziele

1. Abgleich zwischen Digitalisierungsanforderungen und Berufsbildern der M+E-Industrie
2. Umsetzung und Wirkung der 2018 teilnovellierten Ausbildung und Konsequenzen für die Qualifizierung
3. Neue Kompetenzanforderungen: Fachkräfte, Ausbilder und Lehrkräfte

Becker, M.; Flake, R.; Heuer, Ch.; Koneberg, F.; Meinhard, D. et al. (2022): EVA M+E-Studie - Evaluation der modernisierten M+E-Berufe : Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung. IBM, IW, TAB, IBBT : Bremen, Hannover, Köln, Schwäbisch-Gmünd. DOI:<http://doi.org/10.15488/11927>

# Veränderungen in der Facharbeit

- **Erfahrung mit mechatronischen Anlagen:** Schnittstellenkenntnisse, Zusammenspiel von Software und Schweißprozess.
- **Prozessverständnis:** Synchronisierung von Prozessen entlang der Produktentstehung, des Schweißens.
- **Datenanalyse und Bewertung der Daten:** Auftragsdaten, Produktionsparameter. Für Schweißvorgang und dessen Optimierung.
- **Programmieren und Parametrieraufgaben:** Anwendungssoftware nutzen.
- **Kommunikationsinfrastruktur:** Kommunikation mit AV, mit Maschinenbediener.
- **Datenanalyse & Vernetzungsprozesse;** Steigerung der Produktivität sowie zur Unterstützung von Facharbeit.

## Beispiel: Fachkraft programmiert 6-achsigen Knickarmschweißroboter.

Fachkraft plant und setzt Fertigungsauftrag um:

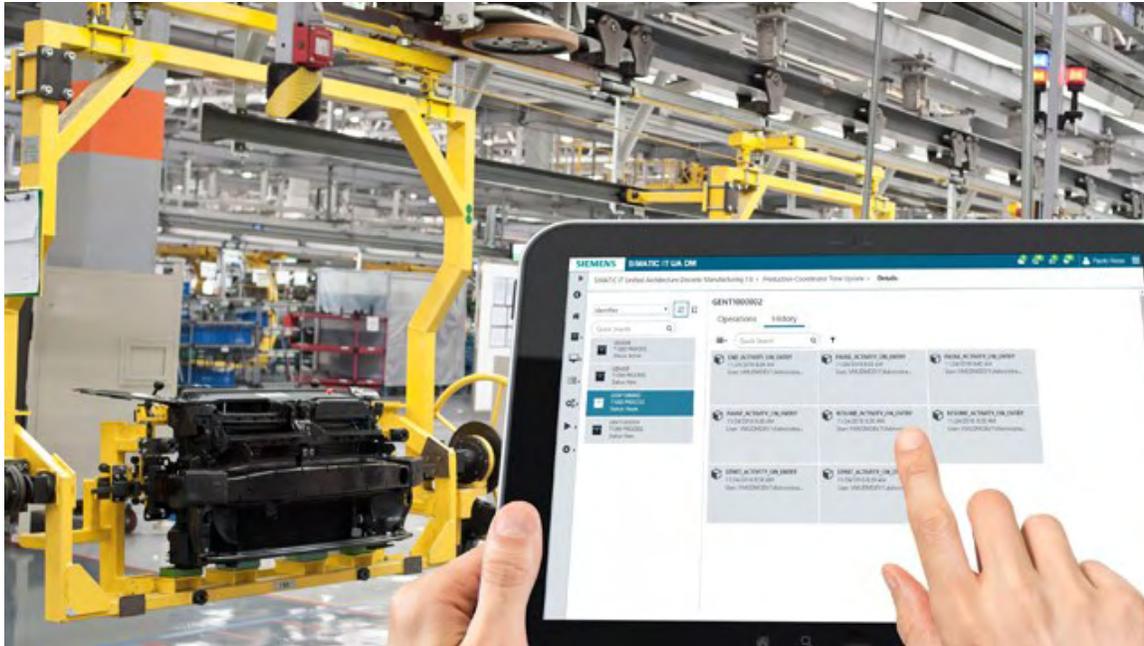
- Rückgriff auf Planungssoftware,
- AV benennt Stückzahl, Material, Verfügbarkeit,
- Zugriff auf Zeichnung (hinterlegt in Produktionsdokumentation)

Fachkraft führt durch: Machbarkeitsanalyse zur Umsetzung des Auftrages (Zugänglichkeit zu Schweißnähten, Werkstückposition, Belegung, Verfügbarkeit von Masch-Bedienern...),

Programmierung durch Fachkraft:

- Offline- und Online-Programmierung (RopoPlan, QRP professional Software)

# Ausbildung für Industrie 4.0

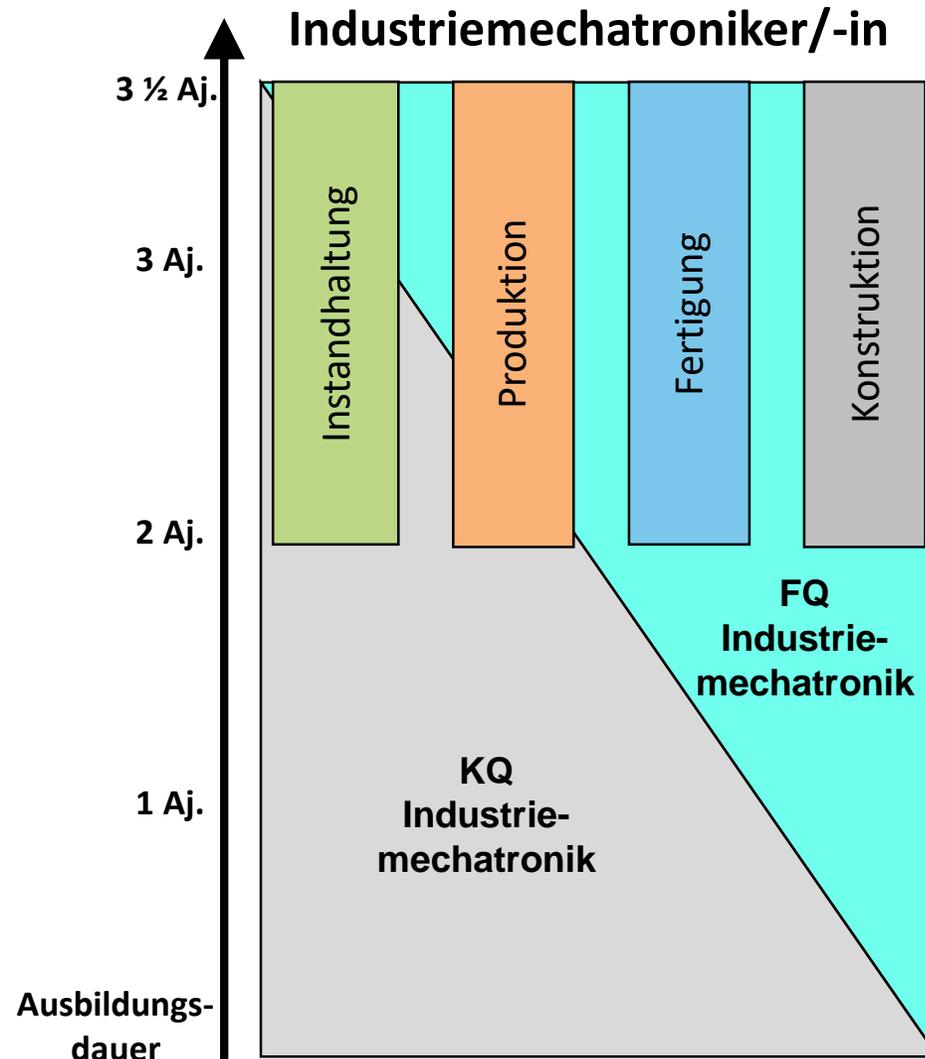


Disziplinentrierung in der Ausbildung nicht mehr tragfähig!

## *„Software von der Produktion her denken“*

- Alle Aufgaben sind „mechatronisch“
- No-code & low-code-Programmierung (Programmiersprachen kaum mehr notwendig)
- Software ist Werkzeug
- Arbeitsprozesse müssen digitalisiert beherrscht werden / Aufgaben in der Produktion sind „generisch“
- „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ ist Standard bei den Aufgaben (nicht als Präambel geeignet)

# Berufsstruktur Industriemechatronik



## Instandhaltung

Warten, Betreiben, Instandhalten und Instandsetzen von Produktionsanlagen / Asset-Management

## Produktion

Auf- und Umbauen, Montieren und Inbetriebnehmen von Produktionsanlagen und –systemen / Montage von Einzelteilen und Baugruppen

## Fertigung

Zerspanen und additiv Fertigen mit vernetzten Fertigungseinrichtungen / Anfertigen von Werkzeugen

## Konstruktion

Herstellen von Stahl- und Metallbaukonstruktionen / Anlagen- und Apparatebau

Querschnittsqualifikation:

Elektrofachkraft Industrie

Optimieren, Vernetzen, Automatisieren, Qualität sichern

# Ausbildungstrends im Fluss bis hin zur KI

Industrie 3.0		Industrie 4.0	
Technologieorientierung: CAD, CNC, SPS, Robotik ...	Prozessorientierung: Medien, Qualitätsmanagement, TPM, ...	Digitalisierungsorientierung: CPS, MES, additive Fertigung, System- und Prozessintegration, Automatisierung und Produktionsplanung mit Software	Systemische Orientierung: Vernetzte Produktion mit und an mechatronischen Systemen
<i>„Computergestützte Anwendungen und Technologien mitdenken“</i>		<i>„Von den Prozessen her denken“</i>	<i>„(Produktion) von der Software her denken“</i>
Neuordnung 1987	Neuordnung 2004	Teilnovellierung 2018	Ausbildung für die vernetzte Produktion

Datengesteuerte KI

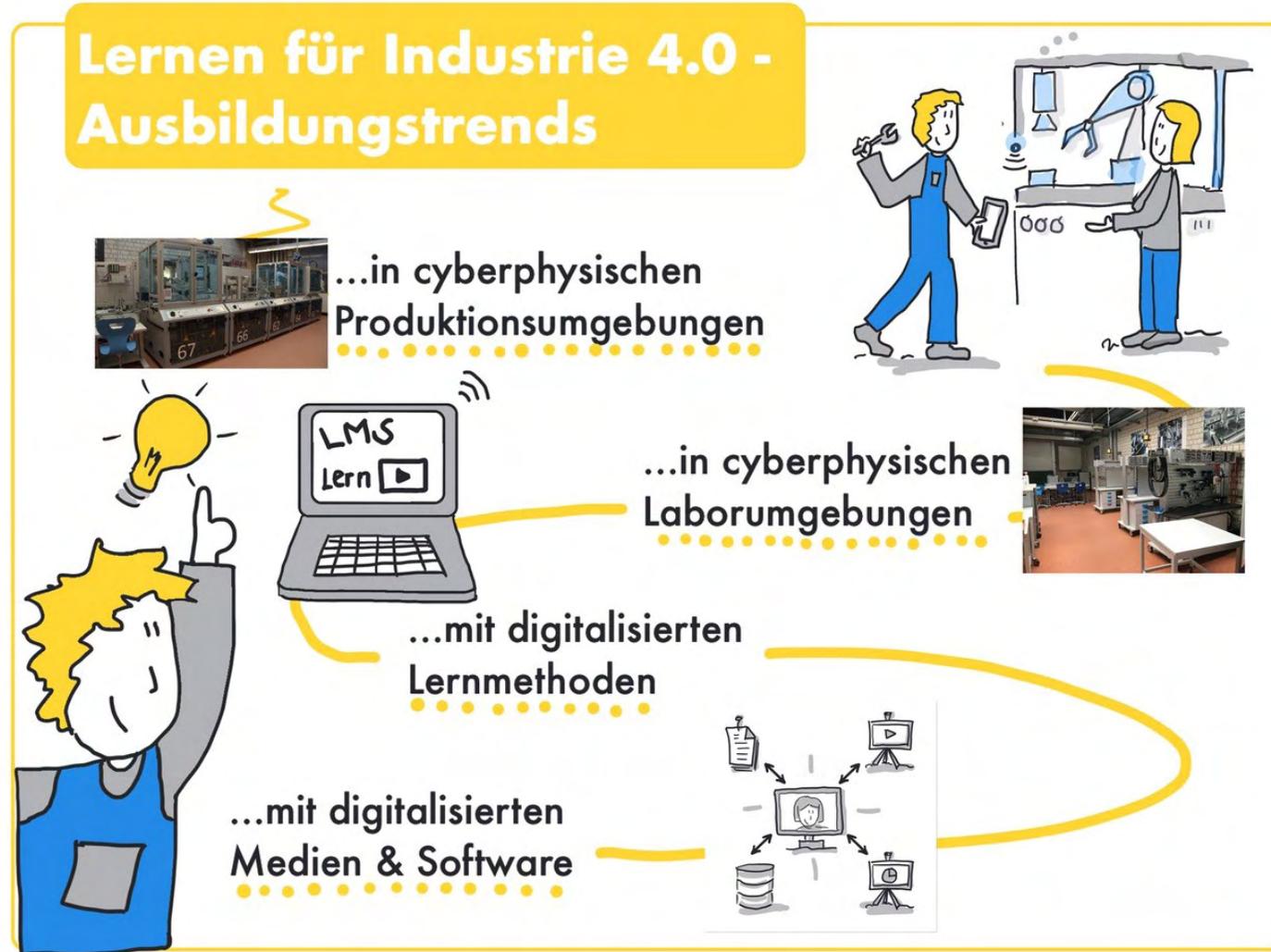
Wissensbasierte KI

Generative KI

Ausprägungsstufe künstlicher Intelligenz	Zentrales Technologie-Merkmal/ Beispiel	Rolle des Menschen / der Fachkräfte	Arbeitsanforderungen: Interaktion mit KI als Gegenstand von Facharbeit
1 Informationsspeicherung Informationsverarbeitung extern (Assistenz: Daten-Autonomie)	Produkt mit Datenspeicher / RFID Chip	Operation mit extern verfügbaren Daten	Umgang mit unmittelbar mit dem Produkt verbundenen Auftragsdaten, Produktionsdaten, Lieferdaten, Service-daten
2 Embedded System (Systemimmanente Autonomie: Informationsverarbeitung intern)	Informationsverarbeitung im Produkt und Prozess / Mikroprozessor im Teilsystem	Operation mit intern verfügbaren Daten	Realisierung von Codierung, Parametrierung und Selbstregulierung von Anlagenteilen
3 Kommunikation (Abgegrenzte Autonomie)	Internet-Schnittstelle/Feldbusse; OPC	Kommunikation über Schnittstellen und Disziplinen hinweg (bei Klärungsbedarf)	Auseinandersetzung mit der Informationsübertragung zwischen Sensoren, Aktoren, Werkzeugen, Computern und Anlagen
4 Interaktion (Systemübergreifende Autonomie)	Internetbasierte Kommunikation und Auslösen von „Aktionen“ / Smart Grids	Überwachung komplexer Prozesse, Eingriff bei Fehlfunktion und Kommunikation mit verschiedenen Funktionsstellen	Realisierung von und Umgang mit der Produkt- und Prozessbeeinflussung durch Maschinen, Anlagen und Produktionssysteme
5 Kooperation & Kollaboration (Autarke Autonomie)	Vision der selbstregulierenden Produktion / Digitale Fabrik	Rolle des Menschen noch offen – noch nicht geklärt, ob nur einfache Überwachung oder (Mit-)Gestaltung der Prozesse	Gestalten der Formen der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine

Modell zur Beschreibung der Facharbeit an und in KI-beeinflussten (Produktions)systemen (Becker/Spöttl/Windelband 2021, S. 43)

# Lernen für Industrie 4.0 / Lernen im digitalen Wandel



# Lernen im digitalen Wandel

- **Zugang zu Online-Lernplattformen:** Durch die Digitalisierung haben Lernende heute die Möglichkeit, auf eine Vielzahl von Online-Lernplattformen zuzugreifen, um ihr Wissen und ihre Fähigkeiten zu erweitern.
- Individualisierung des Lernens: Digitale Technologien ermöglichen es, Lerninhalte und -methoden individuell anzupassen und den Lernfortschritt jedes einzelnen Lernenden zu verfolgen - **Intelligente Tutoringsysteme** sind Lernumgebungen, die Lernenden maßgeschneiderte Lernpfade und individuelles Feedback geben können.
- Virtuelle Lernumgebungen: Virtuelle Realität und Simulationen ermöglichen es, **realitätsnahe Lernumgebungen zu schaffen**, in denen Auszubildende praktische Erfahrungen sammeln können.
- **Flexibilität beim Lernen:** Mit digitalen Lernmethoden können Lernende jederzeit und überall lernen, was eine Flexibilität in Bezug auf Lernorte und -zeiten ermöglicht. Chatbots /Lernbegleiter sind Programme, die Lernenden Unterstützung beim Lernen bieten (vgl. Schlimbach/Windolf/Robra-Bissantz 2023).
- Notwendigkeit für lebenslanges Lernen: Die rasante Entwicklung neuer Technologien/Medien erfordert eine **kontinuierliche Weiterbildung des Bildungspersonals**, um mit den Veränderungen Schritt zu halten. Prüfungs- oder Quizsysteme ermöglichen es Lehrenden, Prüfungen effizient zu erstellen, durchzuführen und zu bewerten (vgl. Fang/Roscoe/McNamara 2023).

# Lern-Management-Systeme in der beruflichen Bildung

## Vorteile von Lern-Management-Systemen:

- **Flexibilität und Zugänglichkeit:** LMS ermöglichen es den Lernenden, von überall und zu jeder Zeit auf Lernmaterialien zuzugreifen (Srichanyachon 2014). Dies fördert eine flexible Lernumgebung.
- **Individualisierung:** LMS können individualisierte Lernpfade bieten, um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Lernenden gerecht zu werden. Dies ermöglicht ein personalisiertes Lernen (Dżega & Pietruszkiewicz, 2011; Piña, 2010).
- **Multimediale Inhalte:** Unterstützen die Integration von verschiedenen Medien wie Videos, Audiodateien und interaktiven Simulationen, um den Lernprozess zu verbessern und berufliche Handlungssituationen nachvollziehbarer zu machen (Wundenberg, 2015).
- **Bewertung und Leistungseinschätzung:** Lehrkräfte und Ausbilder\*innen können den Fortschritt der Lernenden leichter kontrollieren und Prüfungen umsetzen (Kerres, 2018).

## Nachteile von Lern-Management-Systemen:

- **Technologische Barrieren/Internet:** Nicht alle Lernenden haben Zugang zum Rechner/Tablet und WLAN (Angelova, Kiryakova & Yordanova, 2015). Dies kann zu einer Ungleichheit im Zugang zu Bildung führen.
- **Soziale Interaktion:** Der persönliche Kontakt zwischen Lernenden und Lehrenden kann in LMS-basierten Umgebungen eingeschränkt sein, Mangel an sozialer Interaktion, Herausforderungen in der Teamarbeit möglich (Serrao, Braz, Pinto & Clunie, 2012).
- **Qualität der Inhalte:** Die Qualität der bereitgestellten Lerninhalte variiert stark. Einige LMS könnten möglicherweise nicht die gleiche Lehrqualität bieten wie „traditionelle“ Lehrmethoden (Ningayu, 2021).
- **Datenschutzbedenken:** Die Speicherung von Daten der Lernenden sowie die Notenverwaltung auf LMS-Plattformen kann Datenschutzbedenken hervorrufen, insbesondere wenn persönliche Informationen unsicher verwaltet werden.

# Augmented Reality/Virtual Reality in der Berufsbildung

## AR und VR im Kontext der beruflichen Bildung

„Der Einsatz von AR und VR in der außerhochschulischen beruflichen Weiterbildung ist **branchenübergreifend umfassend**. Es können bestimmte Szenarien trainiert werden. [...] Vorteil ist, dass die **Lerninhalte** anders als bei bislang schwerpunktmäßig genutzten „traditionellen“ Lernmaterialien (Bücher, Präsentationen, Videos usw.) **unmittelbar erlebt werden können** (Huang et al.2021).“  
Knoll und Stieglitz, 2022, S. 12

## Augmented Reality spielt eine Rolle,

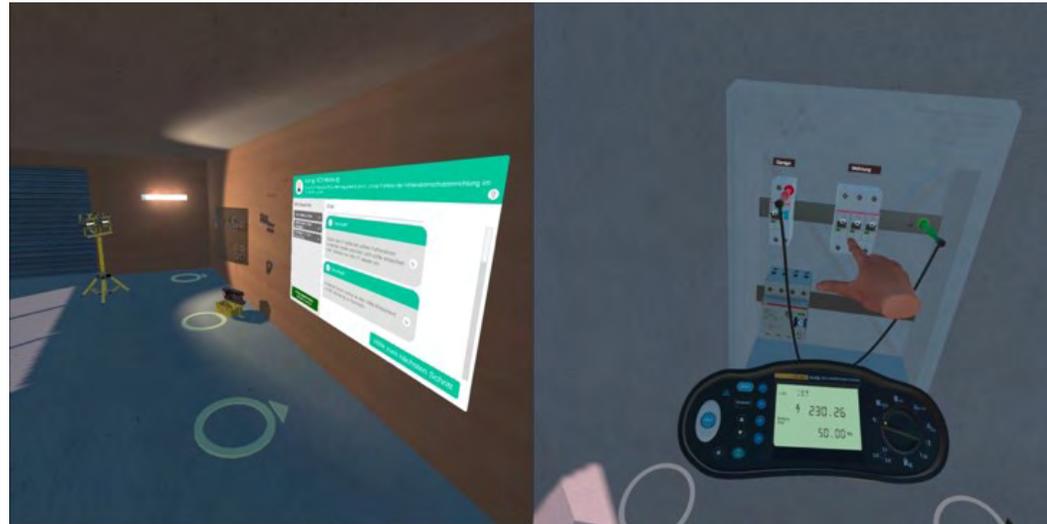
- um Informationen jedweder Art (bspw. Textinformationen oder Abbildungen) ergänzend zu einem Thema digital aufbereitet zur Verfügung zu stellen
- mit AR Markern kann man Objekte/Maschinen/Anlagen mitten im Raum platzieren und um diese herumgehen. So können Funktionsweisen und Wirkungsweisen besser verstanden werden.



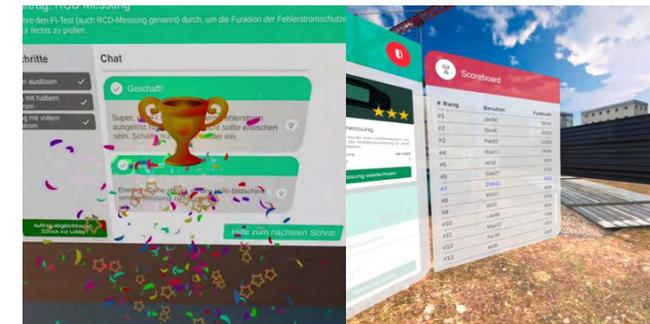
## Virtuelle Realität spielt eine Rolle

- bei der Aus- und Weiterbildung (Benutzung von Flug- oder Operationssimulatoren, medizinisches Personal, Pflege, ...)
- virtuelles Schweißen oder Lackieren mit Virtual-Reality-Brille mit konkreten Rückmeldung zum Handlungsprozess (Bewertung, Rückmeldung)

# Simulation einer Erstprüfung mittels VR



Lernende befinden sich einer realitätsnahen **Arbeitsumgebung** in einer Garage, in der sie sich zu verschiedenen Punkten teleportieren können (links). Verteilerkasten, an dem ein Teil der erforderlichen Messungen durchgeführt werden. Dabei arbeiten die Lernenden mit dem **gleichen Messgerät wie im Betrieb** (rechts).



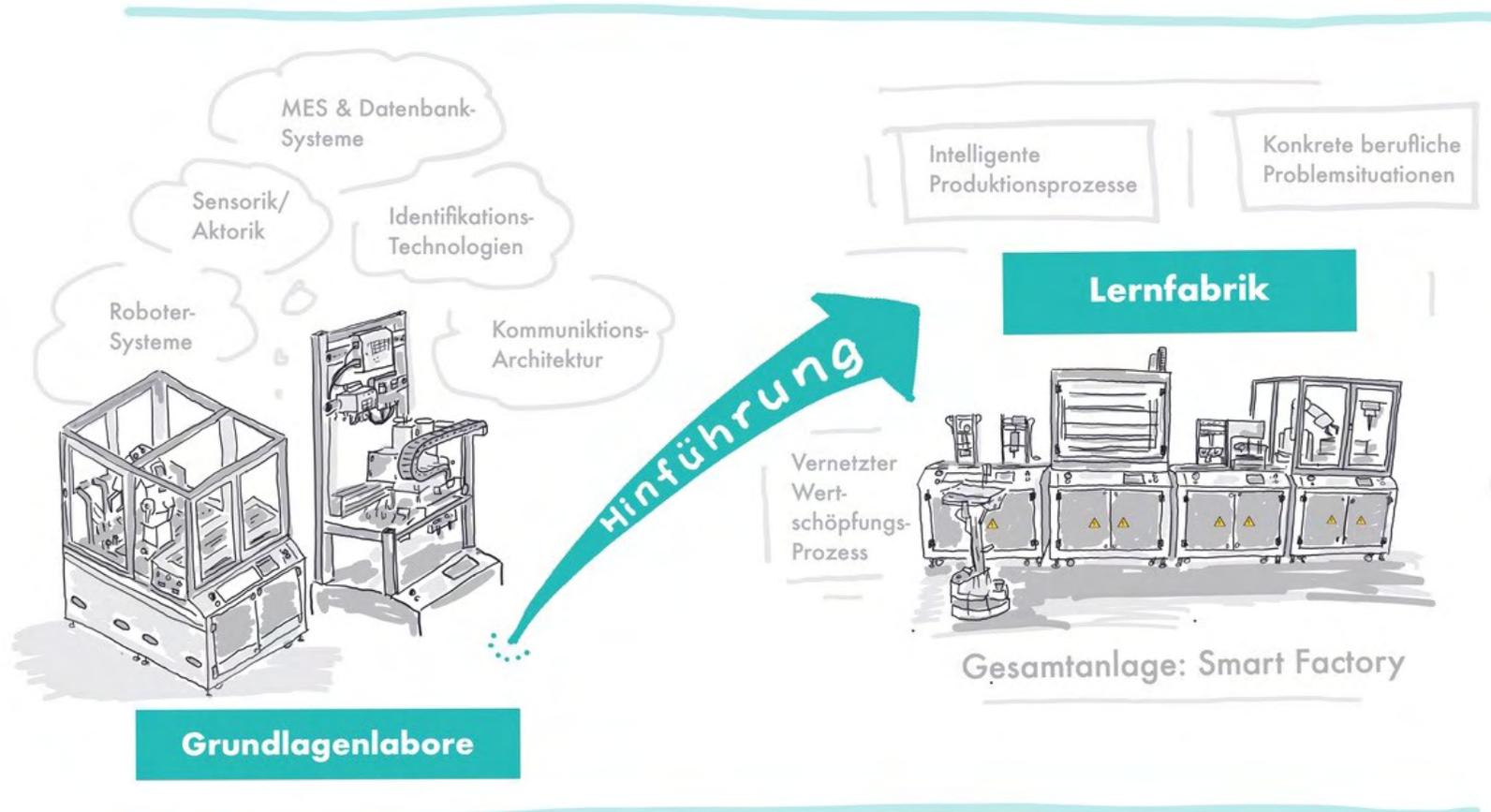
Lernende erhalten nach jeder erfolgreich durchgeführten Messung Punkte und einen virtuellen Pokal

Quelle: Berger, M./Kraus, K./Keller, T./Brucker-Kley, E./Knaack, R. (2022): Virtuelle Lernumgebungen in der betrieblichen Ausbildung – eine Analyse am Beispiel der Elektrobranche in der Schweiz. In: *bwp@* Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 43, 1-23. Online: [https://www.bwpat.de/ausgabe43/berger\\_etal\\_bwpat43.pdf](https://www.bwpat.de/ausgabe43/berger_etal_bwpat43.pdf) (18.12.2022).

# Herausforderungen im Einsatz von AR und VR

- **Kosten:** Die Implementierung von AR- und VR-Lösungen ist recht teuer, einschließlich der Anschaffung von Hardware und Software sowie der Entwicklung von maßgeschneiderten Inhalten (Fink, Eisenlauer, Frischbier & Ertl, 2023) – Entwicklungsschub durch KI zu erwarten.
- **Technische Anforderungen:** AR- und VR-Systeme erfordern leistungsfähige Hardware (Wölfel, 2023; Rigling, Knorr, Zinn & Sedlmair, 2023), was möglicherweise nicht für alle Lernenden verfügbar ist.
- **Ergonomie und Komfort:** Langfristige Nutzung von VR-Brillen kann zu Unwohlsein, Ermüdung und zur Cyberkrankheit führen (Kim, Sunil Kumar & Kwon, 2018; Wölfel, 2023). Die Technologie muss komfortabel und benutzerfreundlich sein, um effektiv in die Ausbildung zu integrieren
- **Inhaltliche Herausforderungen:** Die Entwicklung hochwertiger und berufsrelevanter Inhalte für AR- und VR-Simulationen erfordert Zeit und berufliche Expertise (Heindl & Pittich, 2023). Dies gelingt bisher nur durch Entwicklungsprojekte.

# Lernfabriken zum Schwerpunkt Industrie 4.0 an berufsbildenden Schulen



# Theoretische Fundierung Lernfabriken

Lernfabriken gelten als vielversprechende und methodisch hochkomplexe Lernräume (Leppert 2021), dennoch gibt es aktuell **nur wenige Forschungsarbeiten**, die den **Einsatz, die Ausrichtung und die Gelingensbedingungen von Lernfabriken in der beruflichen Bildung untersuchen**.

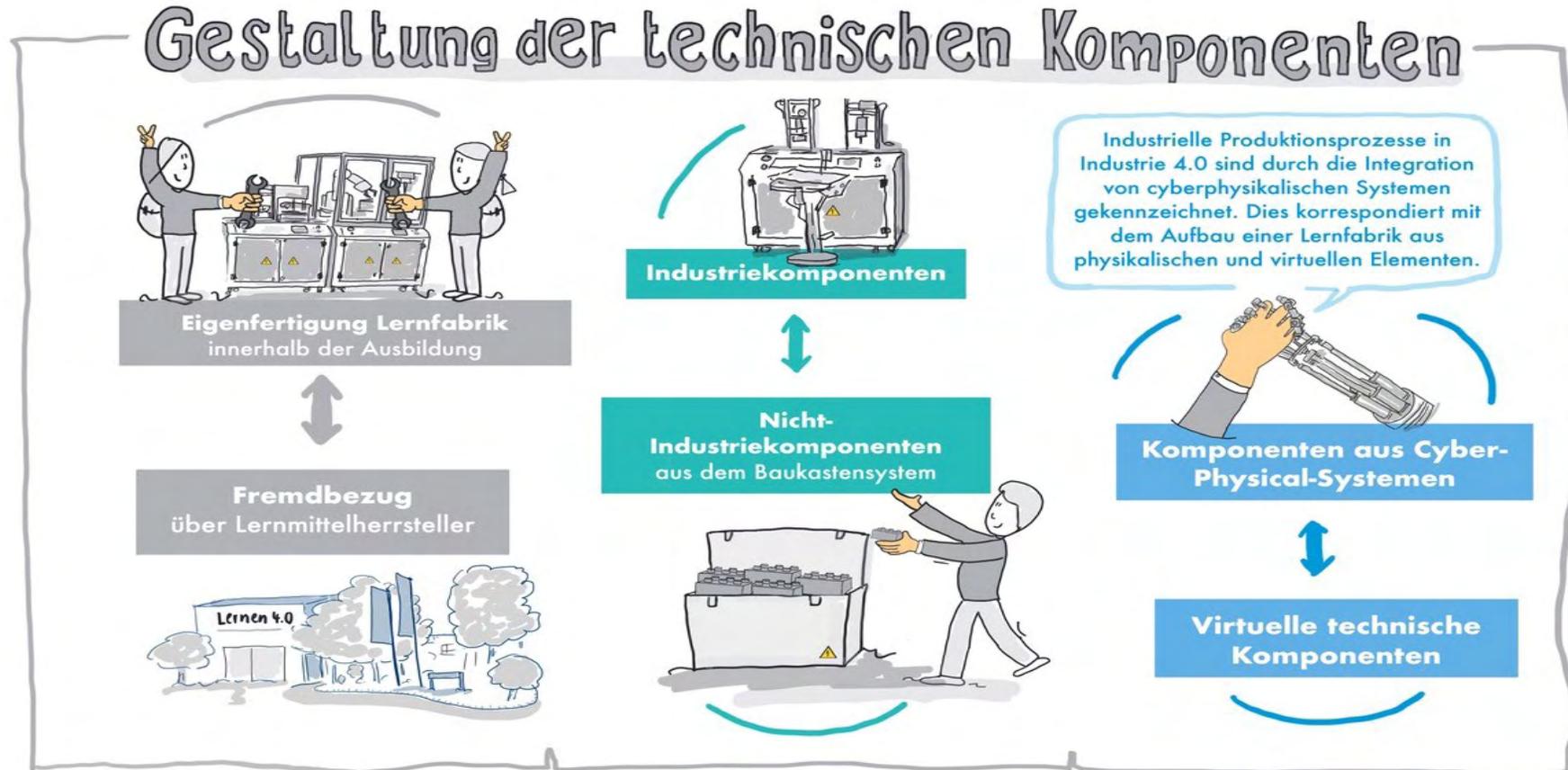
Lernfabriken **stellen eine komplexe Simulation von tatsächlichen Arbeits- und Produktionsabläufen dar**. Zielgruppen für diese reale, dynamische Produktionsumgebung können Schüler:innen, Auszubildende, dual Studierende oder im Beruf befindliche Personengruppen sein.

Abele et al. (2015) und Faßhauer et al. (2021) identifizieren wesentliche Charakteristika, die von einer Lernfabrik erfüllt werden müssen. Dazu zählt:

- die Abbildung authentischer Arbeitsprozesse unter Berücksichtigung von technischen und organisatorischen Aspekten,
- eine dynamische Arbeitsumgebung, die einer realen Wertschöpfungskette entspricht,
- die tatsächliche Fähigkeit in der Lernfabrik ein Produkt herstellen zu können,
- ein didaktisches Konzept, das formelles, informelles und nicht-formelles Lernen vor Ort durch die aktive Beteiligung der Lernenden ermöglicht wird.

Lernfabriken bereiten die Lernenden also auf die Teilhabe und Mitgestaltung komplexer und dynamischer Arbeitsprozesse in einer vernetzten und digitalisierten Arbeitswelt vor.

# Gestaltung der technischen Komponenten bei Lernfabriken



# Stand der Lernfabriken – empirische Ergebnisse (Projekt TWIND+)

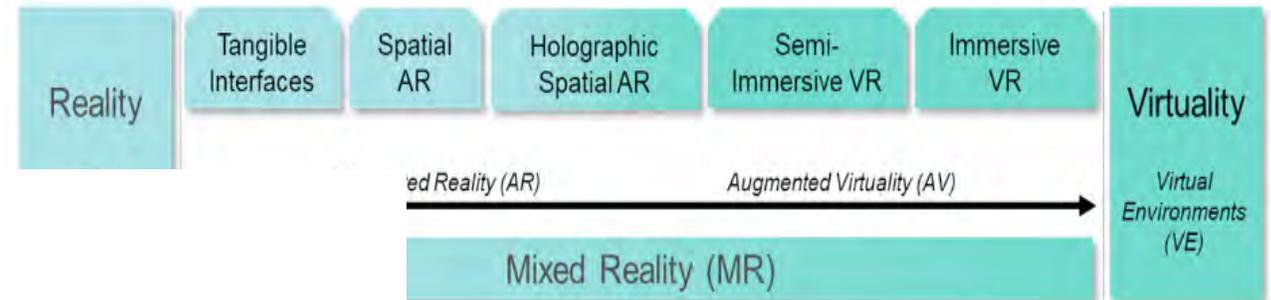
Heterogenes Bild hinsichtlich (a) ihrer Größe, (b) der involvierten Abteilungen sowie (c) ihrer Personalentwicklung und Fortbildung.

- In der Mehrzahl sind zwei (34 Nennungen) bzw. drei Abteilungen (21 Nennungen) involviert.
- Diese Abteilungen umfassen überwiegend Ausbildungen der Metall- und Elektroberufe in Teil- und Vollzeit, Techniker:innen sowie ggf. Meisterklassen, z.B. für Industriemeister:innen.
- Im Schnitt sind 81 Lehrkräfte ( $M= 80,89$ ;  $Min= 15$ ;  $Max=180$ ) an den Schulen beschäftigt. An der Lernfabrik selbst sind im Schnitt sechs Personen ( $M= 5,89$ ;  $Min= 1$ ;  $Max= 14$ ) und bei einem Drittel der Schulen eine weitere unterstützende Person, z.B. für Betrieb und Wartung der Lernfabrik.
- Dabei integrieren die Lehrkräfte oftmals nur einzelnen Komponenten und dies in unregelmäßiger Form um die behandelten Themenfelder in den Unterricht zu integrieren.
- Die gesamte Lernfabrik wird dabei nur sehr selten genutzt. So gaben mehr als 70 Prozent der befragten Personen an, die Lernfabrik nur partiell zu nutzen.

**Erhebungsdesign:** Online gestützte quantitativ deskriptive Erhebung mit 41 Items, Zugang zu allen 75 beruflichen Schulen mit Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg etabliert, Zugang zu bayerischen beruflichen Schulen mit Lernfabriken via Netzwerktagungen und gezielter Akquise, Erhebungszeitraum Dezember 2021 bis Juni 2022, 69 verwendete Datensätze. Quelle: Anselmann, S.; Windelband, L.; Faßhauer, U. (2022): Lernfabriken als neuer Lernraum in der beruflichen Bildung – Sachstandsanalyse und Potentiale. In: bwp@ Berufs- und Wirtschafts-pädagogik – online, Ausgabe 43, S. 1-27. Online: [https://www.bwpat.de/ausgabe43/anselmann\\_etal\\_bwpat43.pdf](https://www.bwpat.de/ausgabe43/anselmann_etal_bwpat43.pdf) (18.12.2022).

# Aspekte für ein Lernen mit Lernfabriken in der Zukunft

- Virtualisierung von Lernfabriken vorantreiben – Potentiale und Chancen erschließen.



mit Zuordnung von Umsetzungskonzepten (Juraschek et al. 2018)



Quelle: Lernfabrik Carl-Benz-Schule Gaggenau



Quelle: [https://www.th-koeln.de/fahrzeugsysteme-und-produktion/produkte/lernfabrik\\_82647.php](https://www.th-koeln.de/fahrzeugsysteme-und-produktion/produkte/lernfabrik_82647.php)



Quelle: <https://www.wbk.kit.edu/3244.php>



Quelle: Lernfabrik Carl-Benz-Schule Gaggenau



# Konsequenzen für ein Lernen in der Berufsbildung

## **Erkenntnis 1: Berufe bleiben zeitgemäße Antwort – die alten Disziplinorientierungen nicht**

- Berufe werden nicht in Frage gestellt – eher die Struktur, Anzahl und Ausrichtung,
- Diskussion: Kernberufe mit größerer Flexibilisierung.

## **Erkenntnis 2: LMS, Assistenzsysteme und digitale Medien können den Lernprozess nur unterstützen, das Lernen muss weiterhin problemorientiert und handlungsorientiert sein.**

- Didaktische und methodische Entscheidung zum Einsatz und zur Auswahl der Medien und Assistenzsysteme treffen.

## **Erkenntnis 3: Lernen wieder stärker auf berufliche Handlungssituationen und nicht auf Technologiefelder ausrichten, cyberphysische Lernumgebungen können dabei helfen**

- Verbindung von Lern- und Arbeitsprozessen bietet die Möglichkeit, den Wissenserwerb mit dem direkten Anwendungskontext in der beruflichen Handlungssituation zu verzahnen und ihn darüber hinaus zu erweitern.

# Fragen in die Runde

1. Wo sehen Sie aktuell die größten Herausforderungen für die Anpassung der Ausbildung an den digitalen Wandel?
2. Was meinen Sie, hemmt die Berufsschulen noch daran, die Ausbildung noch digitaler zu gestalten?
3. Wie müssen sich Ihrer Einschätzung nach Lehren und Lernen entwickeln, wie sollten Lernen und Medien methodisch-didaktisch gestaltet werden?

# Quellenverzeichnis

- Abele, E.; Metternich, J.; Tisch, M.; Chryssolouris, G. et al. (2015). Learning factories for research, education, and training. In: *Procedia CiRp*, 32, 1-6.
- Angelova, N., Kiryakova, G., & Yordanova, L. (2015). Cloud-based LMS for e-Learning. *The Journal of Supercomputing*, 13, 386-391.  
<https://doi.org/10.15547/TJS.2015.S.01.066>
- Anselmann, S.; Windelband, L.; Faßhauer, U. (2022). Lernfabriken als neuer Lernraum in der beruflichen Bildung – Sachstandsanalyse und Potentiale. In: *bwp@Berufs- und Wirtschafts-pädagogik – online*, Ausgabe 43, S. 1-27. Online: [https://www.bwpat.de/ausgabe43/anselmann\\_etal\\_bwpat43.pdf](https://www.bwpat.de/ausgabe43/anselmann_etal_bwpat43.pdf) (18.12.2022).
- Becker, M.; Flake, R.; Heuer, Ch.; Koneberg, F.; Meinhard, D. et al. (2022). EVA M+E-Studie - Evaluation der modernisierten M+E-Berufe : Herausforderungen der digitalisierten Arbeitswelt und Umsetzung in der Berufsbildung. IBM, IW, TAB, IBBT: Bremen, Hannover, Köln, Schwäbisch-Gmünd.  
DOI:<http://doi.org/10.15488/11927>
- Becker, M.; Spöttl, G. & Windelband, L. (2021). Künstliche Intelligenz und Autonomie der Technologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: S. Seufert, J. Guggemos, D. Ifenthaler, J. Seifried & H. Ertl (Hrsg.): *Künstliche Intelligenz in der beruflichen Bildung: Zukunft der Arbeit und Bildung mit intelligenten Maschinen?! Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, Beiheft 31, Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 31-54.
- Berger, M.; Kraus, K.; Keller, T.; Brucker-Kley, E.; Knaack, R. (2022). Virtuelle Lernumgebungen in der betrieblichen Ausbildung – eine Analyse am Beispiel der Elektrobranche in der Schweiz. In: *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, Ausgabe 43, 1-23. Online: [https://www.bwpat.de/ausgabe43/berger\\_etal\\_bwpat43.pdf](https://www.bwpat.de/ausgabe43/berger_etal_bwpat43.pdf) (18.12.2022).
- Dzega, D., & Pietruszkiewicz, W. (2011). The Technological Advancement of LMS Systems and E-Content Software. In D. Dzega & W. Pietruszkiewicz (Hrsg.), *Higher Education Institutions and Learning Management Systems: Adoption and Standardization*, S. 219–245. IGI Global. doi:10.4018/978-1-60960-884-2.ch011
- Fang, Y.; Roscoe, R. D.; McNamara, D. S. (2023). Artificial Intelligence-Based Assessment in Education. In: Du Boulay, B.; Mitrovic, A.; Yacef, K. (Hrsg.): *Handbook of artificial intelligence in education*. Cheltenham, UK, Northampton, 485-504
- Faßhauer, U.; Wilbers, K.; Windelband, L. (2021). Lernfabriken: Ein Zukunftsmodell für die berufliche Bildung? In: Wilbers, K./Windelband, L. (Hrsg.). *Lernfabriken an beruflichen Schulen - Gewerblich-technische und kaufmännische Perspektiven*. Berlin, 15-48.
- Fink, M. C., Eisenlauer, V., Frischbier, D., & Ertl, B. (2023). Zentrale Merkmale immersiver VR-Lernumgebungen. Eine Taxonomie veranschaulicht anhand von drei Beispielen. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual Reality, Augmented Reality und Serious Games als Educational Technologies in der Beruflichen Bildung* (S. 13-43). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Heindl, R., & Pittich, D. (2023). Virtuelle Fachräume. Zugänge, didaktische Ansätze und Benefits für einen beruflichen Kompetenzerwerb. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual Reality, Augmented Reality und Serious Games als Educational Technologies in der Beruflichen Bildung* (S. 73-94). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Juraschek, M., Büth, L., Posselt, G., & Herrmann, C. (2018). Mixed reality in learning factories. *Procedia Manufacturing*, 23, 153-158.

# Quellenverzeichnis

- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. Berlin/Boston: De Gruyter.
- Kim, J., Sunil Kumar, Y., Yoo, J., & Kwon, S. (2018). Change of blink rate in viewing virtual reality with HMD. *Symmetry*, 10(9), 400. <https://doi.org/10.3390/sym10090400>
- Knoll, Matthias; Stieglitz, Stefan (2022). Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre. In: *HMD* 59 (1), 6–22. DOI: 10.1365/s40702-022-00840-5.
- Leppert, S. (2021). Prozessmodelle als Grundlage für die Planung von Lernsituationen in komplexen Lehr-Lernarrangements. In: Wilbers, K./Windelband, L. (Hrsg.). *Lernfabriken an beruflichen Schulen - Gewerblich-technische und kaufmännische Perspektiven*. Berlin, 49-82
- Pina, A. (2010). An overview of learning management systems. In A.Pina (Hrsg.), *Virtual learning environments. Concepts, methodologies, tools and applications*, S. 33–51. IGI Global. doi:10.4018/978-1-4666-0011- 9.ch1.3
- Rigling, S., Knorr, C., Zinn, B., & Sedlmair, M. (2023). Early Majority. Studierende entwickeln Virtual Reality, Augmented Reality und Mixed Reality Anwendungen in ihrem fachspezifischen Kontext. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual Reality, Augmented Reality und Serious Games als Educational Technologies in der Beruflichen Bildung* (S. 117-136). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Saputri, P. (2021). 21ST Century Teaching and Learning: Implementation of Learning Management System (LMS) in Education. *ISLLAC: Journal of Intensive Studies on Language, Literature, Art, and Culture*. 5(1). 112-120. <https://doi.org/10.17977/um006v5i12021p112-120>
- Schlimbach, R.; Windolf, C.; Robra-Bissantz, S. (2023): A Service Perspective on Designing Learning Companions as Bonding and Mindful Time Managers in Further Education. In: ECIS 2023 Research Papers
- Serrao, T., Braz, L., Pinto, S., & Clunie, G. (2012). An architecture based on web services for mobile social software. *EATIS 2012: Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems*, 1-4. <https://doi.org/10.1145/2261605.2261673>
- Srichanyachon, N. (2014). EFL Learners' Perceptions of Using LMS. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(4), 30-35.
- Wölfel, M. (2023). *Immersive Virtuelle Realität: Grundlagen, Technologien, Anwendungen*. Berlin: Springer Vieweg.
- Wundenberg, S. M. (2015). *Requirement Engineering for Knowledge-Intensive Processes: Reference Architecture for the Selection of a Learning Management System*. Wiesbaden: Springer Gabler.