

VIRTUELLE LABORE ZUR FÖRDERUNG HYBRIDEN LERNENS IM CHEMIE-LEHRAMTSSTUDIUM

S. Neff & B. Risch

Ausgangslage und Problemstellung

Materialien

Konzeption

Begleitforschung

Ergebnisse

Fazit

Ausblick

- Lehre an Hochschulen hat einen besonderen Stellenwert für die Nutzung und Weiterentwicklung digitaler Formate.
(KMK, 2017)
 - Erlernen der „grundlegenden Labortechniken“ sowie kompetenter Umgang mit Chemikalien muss die „grundlegenden Kompetenzen in der selbstständigen Durchführung [...] chemischer Experimente“ mit abbilden.
(Ministerium für Bildung 31.10.2018)
 - Problem des Blackbox-Charakters hoch spezialisierter elektronischer Messverfahren in den Naturwissenschaften als Herausforderung
(Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2020)
- Hybride Lehrformate für Laborveranstaltungen
- Digitale Aufbereitung instrumenteller Analytik

Struktur Praktikum

Vorbereitung

- Theoretische Vorbereitung der Labortage
- z.B. Kolloquien, theoretische Grundlagen, Sicherheitsaspekte, apparative Grundlagen (vgl. Graulich, 2021)

Laborpraktische Durchführung

- Arbeitsumgebung Labor teils zwingend erforderlich
- Begrenzte Laborzeit

Nachbereitung

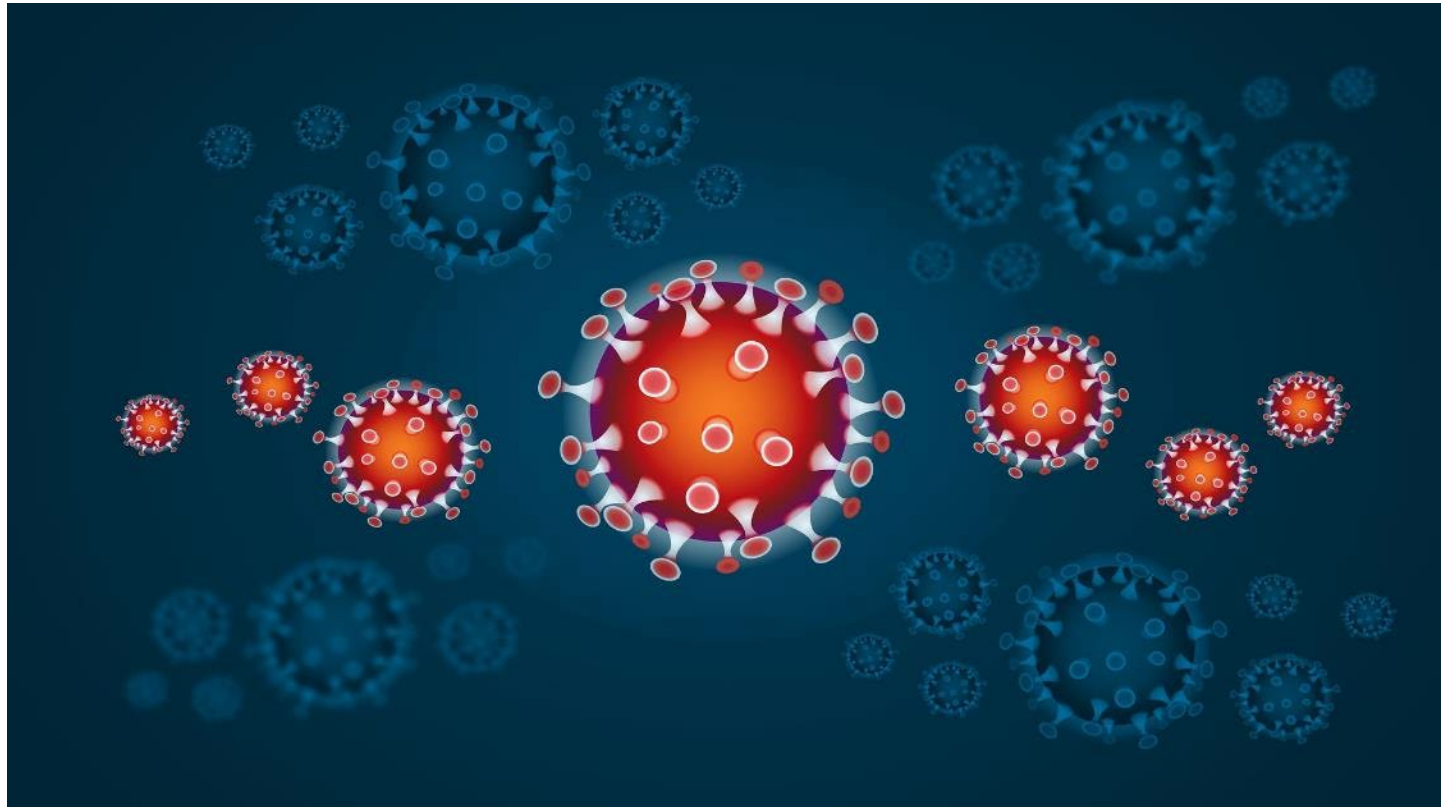
- Auswertung, Dokumentation
- Summatives Feedback, Bewertungscharakter

Struktur
Praktikum

Vorbereitung

Laborpraktische
Durchführung

Nachbereitung



Vorbereitung

- Kontaktreduzierung
→ Onlineformate für Organisation, Theorie und Unterweisungen

Laborpraktische
Durchführung

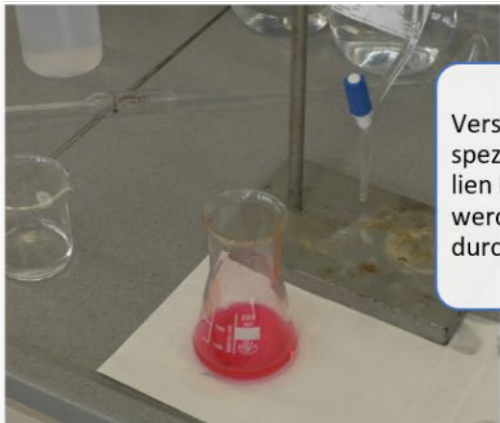
- Kleinstgruppen und Hygienemaßnahmen
- Work from home → Arbeitsumgebung & Sicherheit

Nachbereitung

- Kontaktreduzierung
→ Onlineformate für Auswertung, Doku & Präsentation



Versuche in Kleinstgruppen



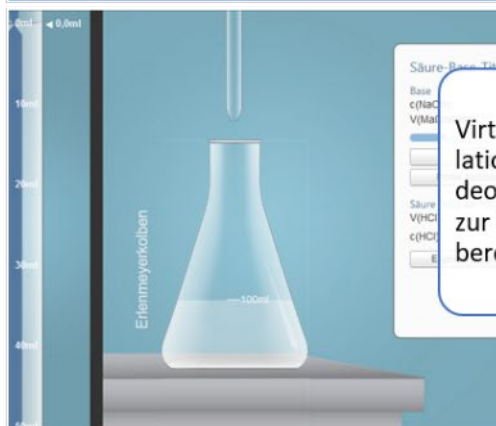
Versuche, die spezielle Materialien benötigen, werden im Labor durchgeführt.

Asynchrone LowCost-Versuche



Versuche mit sehr geringem Gefährdungspotenzial werden zuhause durchgeführt.

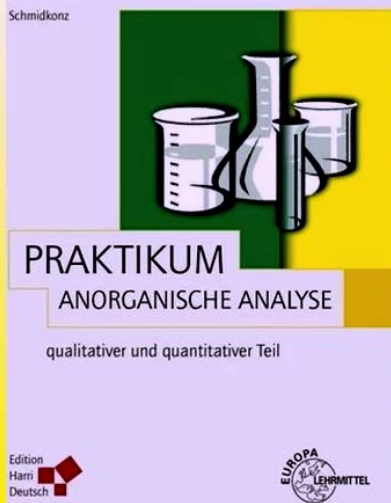
Virtuelle Erweiterungen



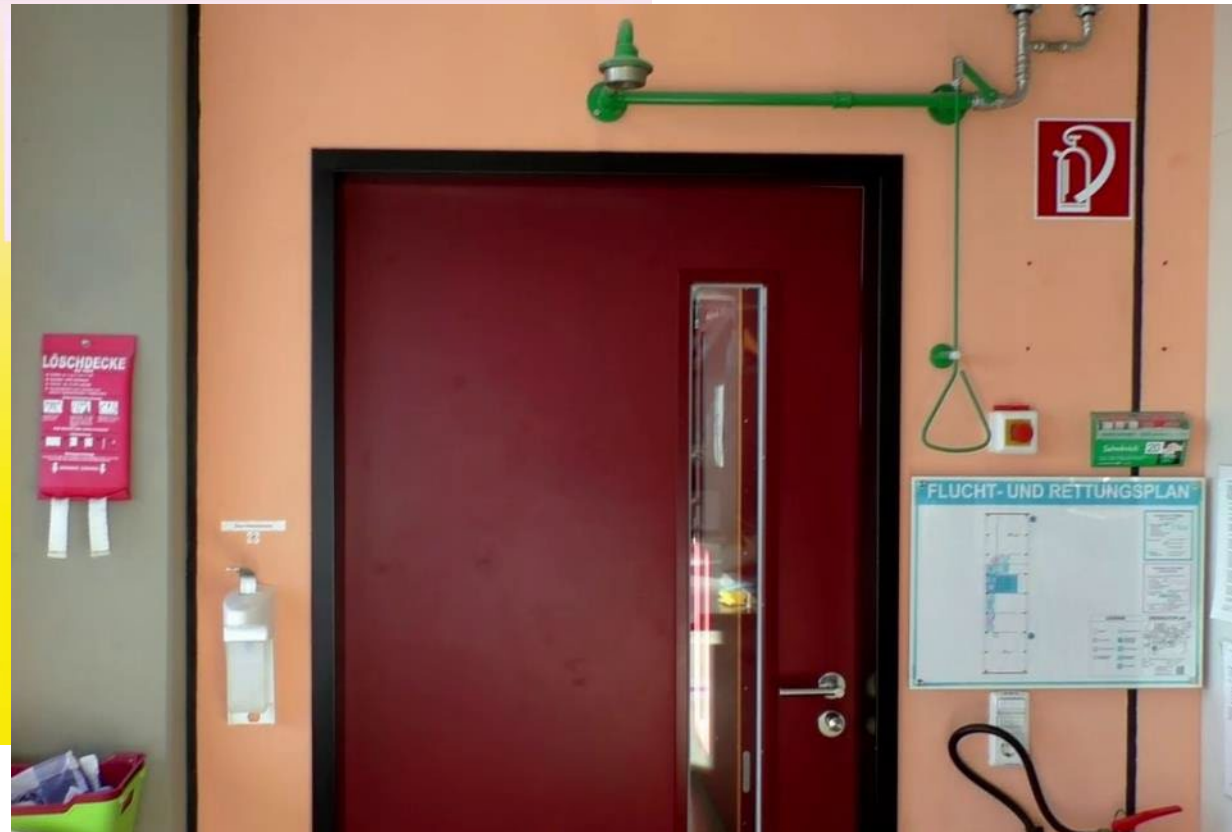
Virtuelle Simulationen und Videoanleitungen zur Vor- & Nachbereitung

Vorbereitung

Laborordnung



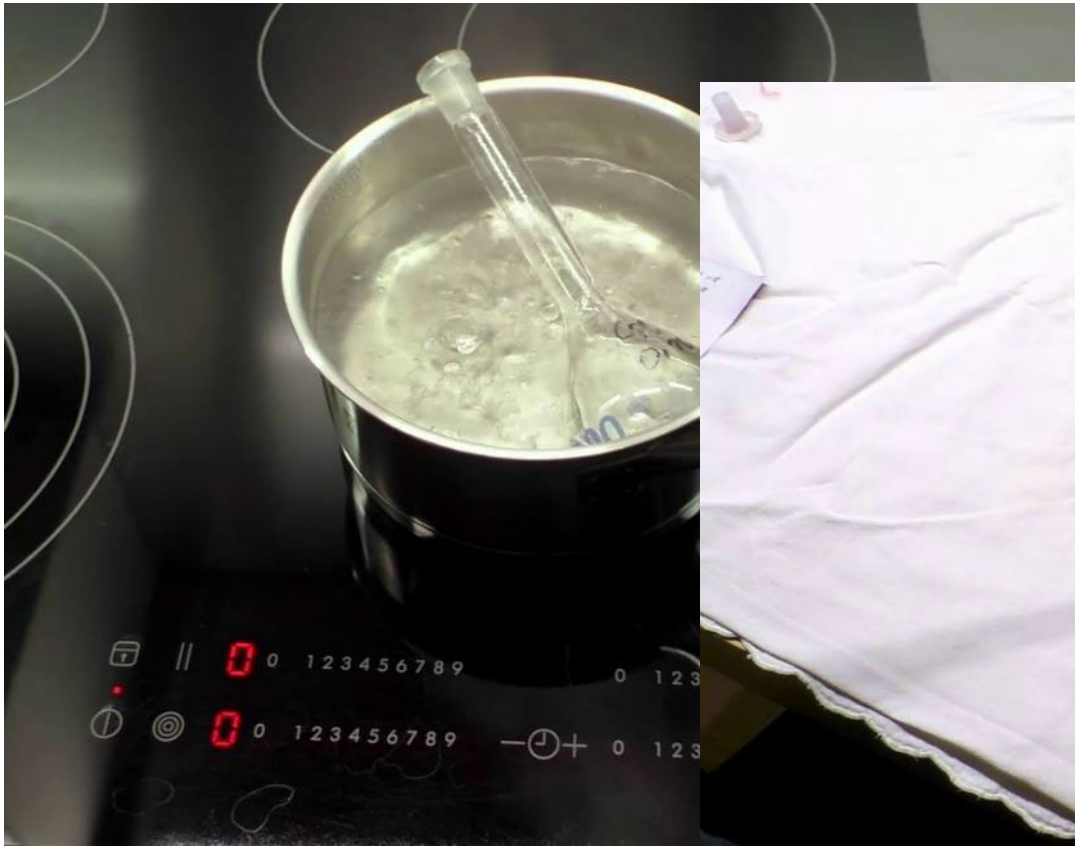
**Besonders wichtige
Verhaltensregeln siehe
Praktikumsbuch (3. Auflage
S. 12: Laborordnung)**



Laborpraktische
Durchführung



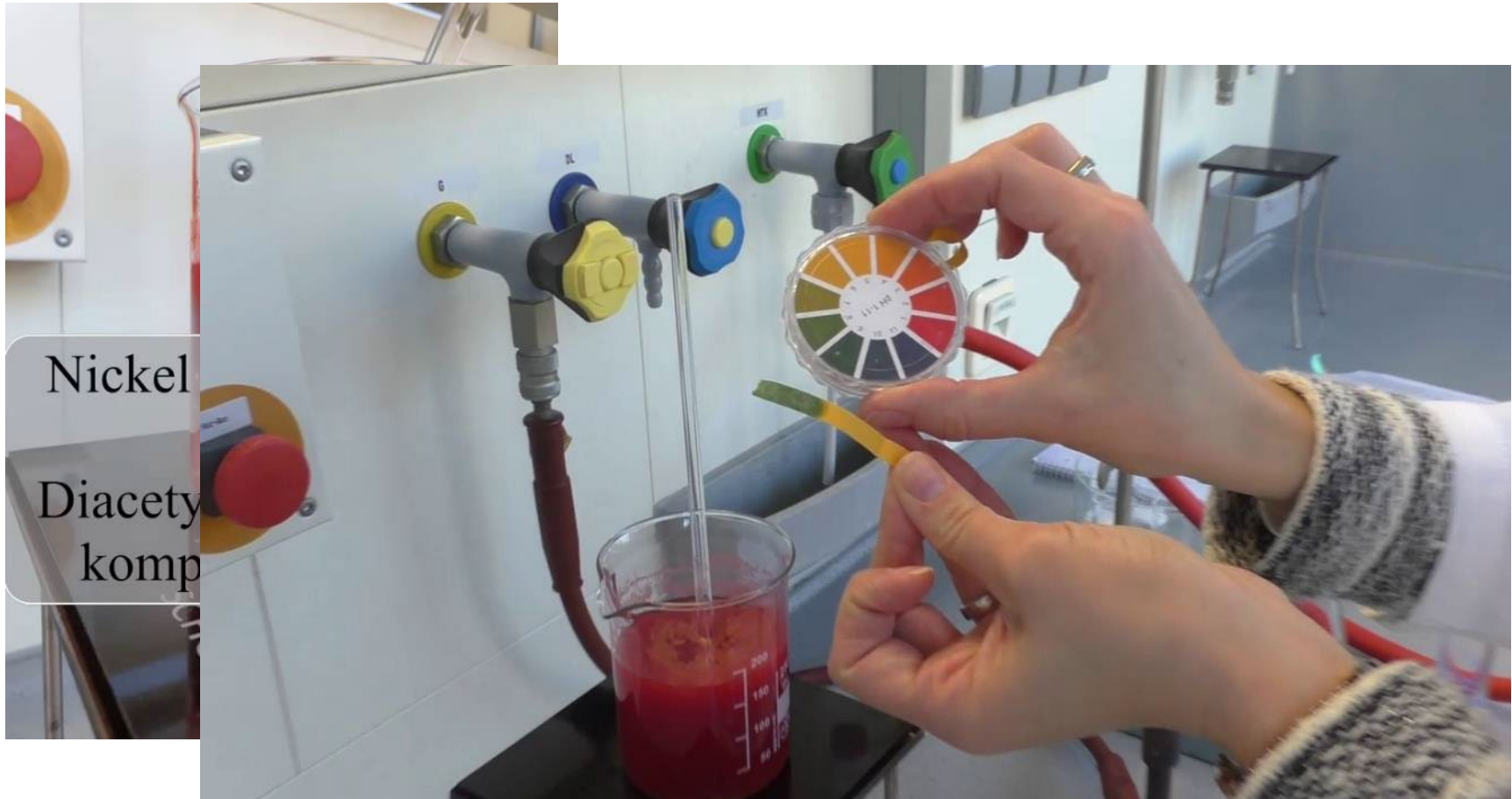
Vorbereitung



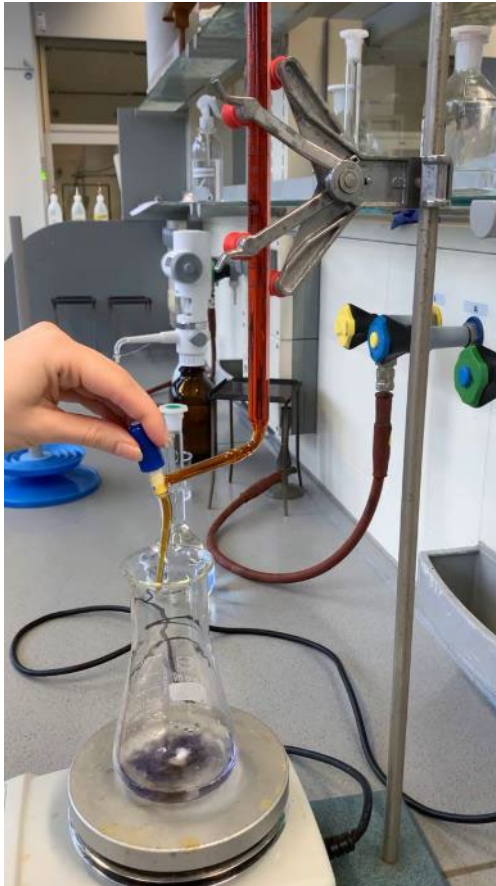
Laborpraktische
Durchführung



Vorbereitung



Nachbereitung



Auswertung:

Gegeben:

- Titer(T): 1,0
- c = 0,01 mol/l
- V(Iod) = 18,8 ml = 0,0188 l
- R
- M

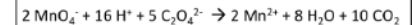
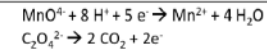
Benötigt:

- n =
- c =
- n =

Rechnung:

$$n(\text{Iod}) = 0,01 \text{ mol/l} \cdot 0,0188 \text{ l} = 0,000188 \text{ mol} = 0,188 \text{ mmol}$$

Rechnung



1. Berechnung von $c_{\text{exp.}}(\text{KMnO}_4)$

↳ experimentell bestimmte Stoffmengenkonzentration

$$n(\text{CaOx}^{2-}) : n(\text{KMnO}_4) = 5 : 2$$

$$\Rightarrow 5 \cdot n(\text{KMnO}_4) = 2 \cdot n(\text{CaOx}^{2-})$$

$$\Rightarrow 5 \cdot c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) = 2 \cdot c(\text{CaOx}^{2-}) \cdot V(\text{CaOx}^{2-})$$

$$\Rightarrow c(\text{KMnO}_4) = \frac{2 \cdot c(\text{CaOx}^{2-}) \cdot V(\text{CaOx}^{2-})}{5 \cdot V(\text{KMnO}_4)}$$

$$c(\text{KMnO}_4) = \frac{2 \cdot 0,15 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0,01 \text{ l}}{5 \cdot 0,0102 \text{ l}} = 0,196 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

2. Titer t berechnen

$$t = \frac{c_{\text{exp}}}{c_{\text{theo}}} \Rightarrow t = \frac{0,196 \frac{\text{mol}}{\text{l}}}{0,2 \frac{\text{mol}}{\text{l}}} \Rightarrow t = 0,98$$



Qualität der Lernmaterialien
-
Theoretische Grundlagen
Der virtuellen Erweiterungen

Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften



Kognitive Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist begrenzt.

(u.a. Chandler & Sweller, 1991; van Merriënboer & Sweller, 2005; Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003)

Intrinsic Cognitive Load

→ Thematische Komplexität

Germane Cognitive Load

→ Kapazität zur aktiven Wissenskonstruktion

Free Capacity

→ aus thematischer Sicht ungenutzt

Extraneous Cognitive Load

→ Merkmale der Lernumgebung

Kognitive Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist begrenzt.

(u.a. Chandler & Sweller, 1991; van Merriënboer & Sweller, 2005; Paas, Tuovinen, Tabbers & van Gerven, 2003)

Intrinsic Cognitive Load

→ Thematische Komplexität

Germane Cognitive Load

→ Kapazität zur aktiven Wissenskonstruktion

Free Capacity

→ aus thematischer Sicht ungenutzt

Extraneous Cognitive Load

→ **Merkmale der Lernumgebung**

Extraneous Cognitive Load → Merkmale der Lernumgebung

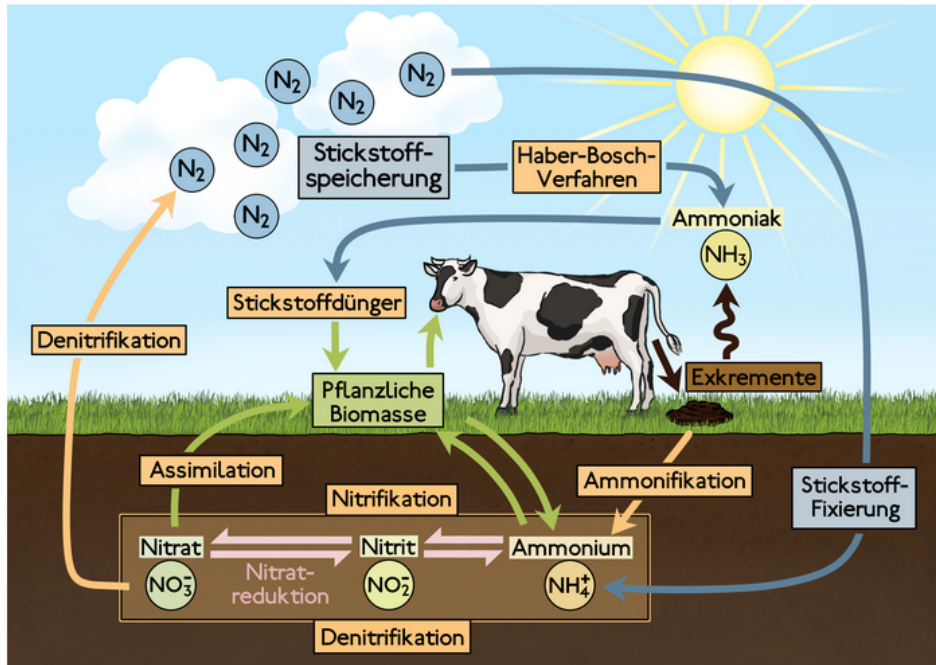


Abbildung 2.5: Stickstoffkreislauf ¹

Stickstofffixierung: Atmosphärischer Stickstoff (N_2) wird in biologisch nutzbare Formen umgewandelt. Dies geschieht durch

- Bakterien, die enzymatisch N_2 in Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+) umwandeln
- Starke Energieeinwirkung, etwa durch Verbrennungen (z. B. Waldbrände, Vulkanausbrüche) oder Blitzschlag, wodurch N_2 in Stickoxide umgewandelt wird. Diese können durch Niederschläge als salpetrige Säure (HNO_2) oder Salpetersäure (HNO_3) in den Boden und in Gewässer gelangen.

Extraneous Cognitive Load → Merkmale der Lernumgebung

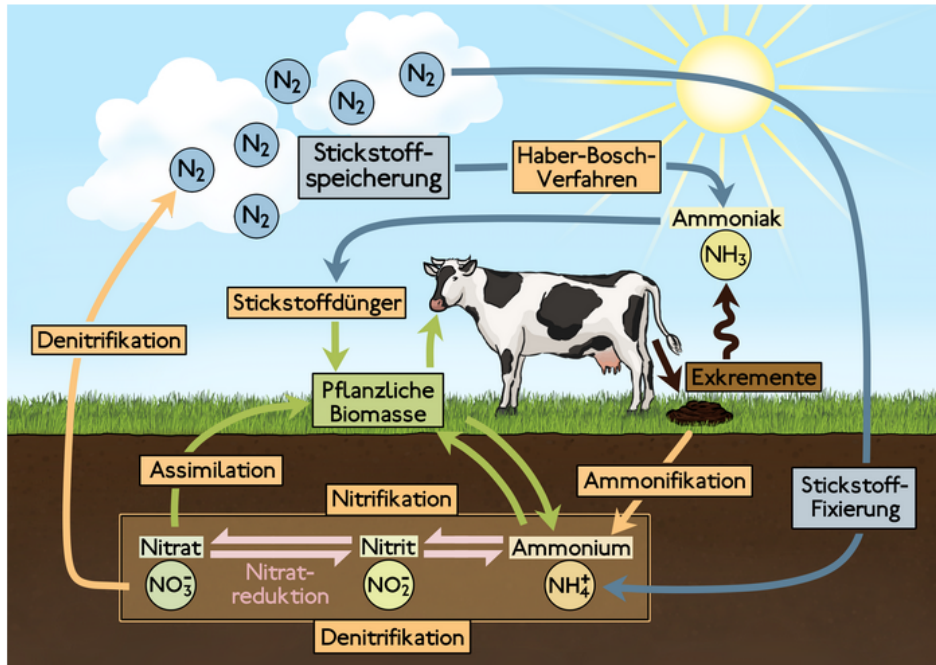


Abbildung 2.5: Stickstoffkreislauf ¹

Stickstofffixierung: Atmosphärischer Stickstoff (N_2) wird in biologisch nutzbare Formen umgewandelt. Dies geschieht durch

- Bakterien, die enzymatisch N_2 in Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+) umwandeln
- Starke Energieeinwirkung, etwa durch Verbrennungen (z. B. Waldbrände, Vulkanausbrüche) oder Blitzschlag, wodurch N_2 in Stickoxide umgewandelt wird. Diese können durch Niederschläge salpetrige Säure (HNO_2) oder Salpetersäure (HNO_3) in den Boden und in Gewässer gelangen.



Ergebnissicherung

Der Nitrat- und Ammoniumgehalt eines Gewässers zeigt die Belastung mit Nährstoffen an. Natürliche Gewässer enthalten meist nahezu kein Ammonium. Sehr schlechte Werte für die Gewässergüte liegen in Wasser vor bei Werten von:

Ammonium: 1,5 mg/l
Nitrat: 44 mg/l

Optimalerweise liegt der Nitratgehalt unter 4 mg/l.

Der Nitratgehalt kann z. B. erhöht sein durch:

- Viehbetriebe (Exkremente)
- Mineralische und organische Düngemittel, die eingetragen werden
- Abgase aus der Industrie, insbesondere Ammoniakhaltige Abgase
- Abwässer

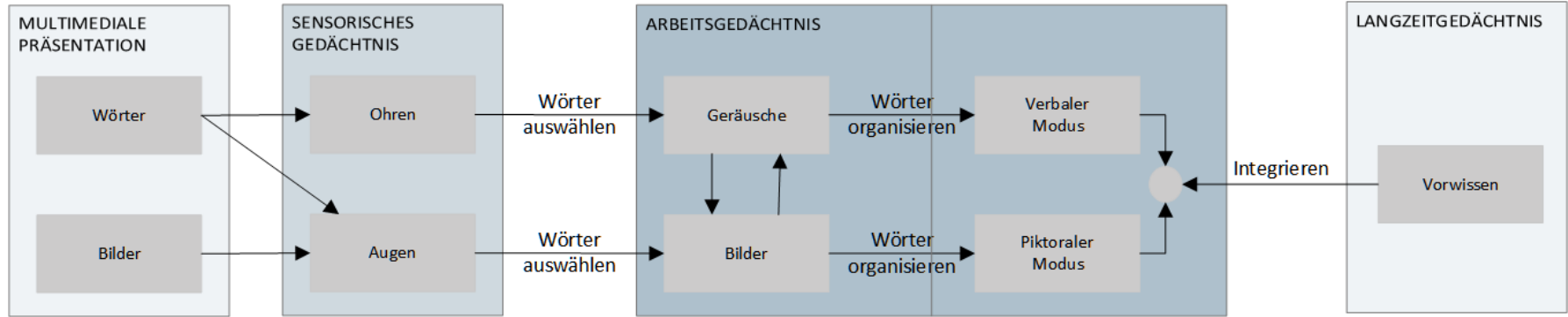
Häufig können gerade **Düngemittel** gar nicht in dem Maße von Pflanzen aufgenommen werden, wie sie auf den Feldern verfügbar gemacht werden. Die nicht benötigten Nährstoffe, in Form von Nitraten und Ammoniumverbindungen, fließen dann mit **Niederschlagswasser** in die Flüsse und Bäche ab.

Erhöhte Nährstoffgehalte im Wasser können zu einer schwerwiegenden Veränderung des Ökosystems führen. Sich übermäßig entwickelnder Pflanzenbewuchs erhöht den Anteil an zersetzender Biomasse. Der dabei verbrauchte Sauerstoff fehlt anderen Wasserlebewesen. Im schlimmsten Fall kann es zum „Kippen“ eines Gewässers kommen, dann stirbt häufig ein Großteil der Fischpopulation komplett ab.

Mit entsprechenden Elektroden können wir den **Nitratgehalt** und den **Ammoniumgehalt** im Wasser direkt messen.

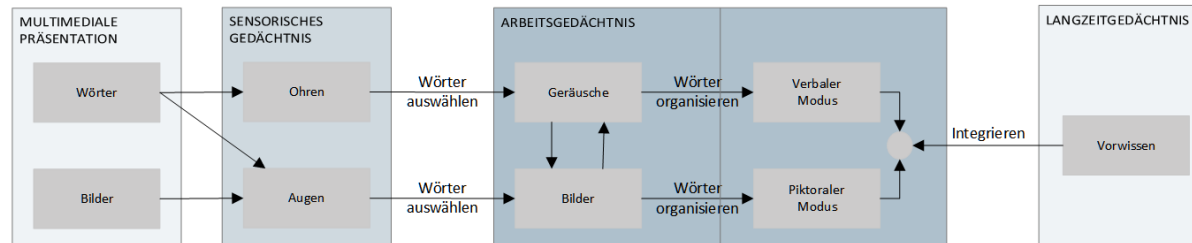
Nitrat und Ammonium werden durch den Bewuchs in Gewässern aufgenommen und so abgebaut. Als **effektive Maßnahme** zur Vermeidung von Verschmutzungen durch Stickstoffverbindungen gilt die **Überwachung der Einleitungen**.

Notizen:



Theorie des Lernens mit Multimedia (Mayer, 2008)

Theorie des Lernens mit Multimedia (Mayer, 2008)



→ Kriterien zum Design multimedialer Lernumgebungen (Clark & Mayer, 2008),
z.B. Segmentierungsprinzip & Kontiguitäts-Prinzip

Theorie des Lernens mit Multimedia (Mayer, 2008)

→ Kriterien zum Design multimedialer Lernumgebungen (Clark & Mayer, 2008),
z.B. Segmentierungsprinzip & Kontiguitäts-Prinzip

Stickstoffverbindungen. Zwar besteht unsere **Atmosphäre** zu rund **78 % aus Stickstoff**, aber dieser ist für **Pflanzen nicht zugänglich**. Eine Aufnahme von Stickstoffverbindungen erfolgt überwiegend aus dem Boden. Die für die Pflanzen nutzbaren Verbindungen des Stickstoffs sind Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+). Die riesigen Mengen, die seit Jahrzehnten in die Umwelt eingetragen werden, stellen unsere Ökosysteme jedoch vor große Probleme.

 Jetzt sind Sie dran ...

Notieren Sie die Ihnen bekannten Stickstoffverbindungen sowie deren Nutzung und Herkunft im Eingabefeld. ★★

Theorie des Lernens mit Multimedia (Mayer, 2008)

→ Kriterien zum Design multimedialer Lernumgebungen (Clark & Mayer, 2008),
z.B. Segmentierungsprinzip & Kontiguitäts-Prinzip

Stickstoffverbindungen. Zwar besteht unsere **Atmosphäre** zu rund **78 % aus Stickstoff**, aber dieser ist für **Pflanzen nicht zugänglich**. Eine Aufnahme von Stickstoffverbindungen erfolgt überwiegend aus dem Boden. Die für die Pflanzen nutzbaren Verbindungen des Stickstoffs sind Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+). Die riesigen Mengen, die seit Jahrzehnten in die Umwelt eingetragen werden, stellen unsere Ökosysteme jedoch vor große Probleme.

Jetzt sind Sie dran ...

Notieren Sie die Ihnen bekannten Stickstoffverbindungen sowie deren Nutzung und Herkunft im Eingabefeld. ★★☆☆

Für das Experiment benötigen Sie die folgenden Dinge:

- Tablet mit der App MiLab
- Einstein LabMate+ Datenlogger
- Verbindungskabel 2x miniUSB
- Einstein ISE-Elektrode
- Konverter-Box
- ISA-Lösungen
- Standardlösungen 10 & 1000 ppm
- 2 kleine Bechergläser
- Mehrere 0,1 ml und 10 ml Spritzen mit stumpfen Kanülen
- Glasstab
- Destilliertes Wasser
- Papiertücher
- Mehrere große Bechergläser zur Probenahme

So führen Sie das Experiment durch:

1. Verbinden Sie den Sensor mit dem Datenlogger. Wählen Sie in der MiLAB App den **ISE-Sensor** aus und tippen Sie auf das Zahnrad hinter der Sensorbezeichnung. Klappen Sie das Feld zum manuellen Kalibrieren des Sensors auf.
2. Bereiten Sie folgende **Lösungen zum Kalibrieren** der Elektrode vor:
 - a) Geben Sie 10 ml der 10 ppm-Lösung in ein 50 ml Becherglas. Geben Sie 0,2 ml der ISA-Lösung hinzu. Rühren Sie die Lösung kräftig durch.
 - b) Geben Sie 10 ml der 1000 ppm-Lösung in ein 50 ml Becherglas. Geben Sie 0,2 ml der ISA-Lösung hinzu. Rühren Sie die Lösung kräftig durch.



Tippen Sie in das obere Feld den Wert „10“ ein. Halten Sie die

Multiple Repräsentationen fördern den Erwerb von Transferwissen in komplexen Themengebieten, sog. Ill-structured domains. (Jacobson & Spiro, 1993; Ainsworth, 2006)

Digitale Endgeräte sind ein geeignetes Medium zur Vermittlung von Transferwissen in komplexen, variablen Inhaltsdomänen. (Spiro et al., 1992)

Multiple Repräsentationen fördern den Erwerb von Transferwissen in komplexen Themengebieten, sog. Ill-structured domains. (Jacobson & Spiro, 1993; Ainsworth, 2006)

Digitale Endgeräte sind ein geeignetes Medium zur Vermittlung von Transferwissen in komplexen, variablen Inhaltsdomänen. (Spiro et al., 1992)

→ **Random Access Instruction** (Spiro & Jehng, 1990; Spiro et al., 1992)

Multiple Repräsentationen fördern den Erwerb von Transferwissen in komplexen Themengebieten, sog. Ill-structured domains. (Jacobson & Spiro, 1993; Ainsworth, 2006)

Digitale Endgeräte sind ein geeignetes Medium zur Vermittlung von Transferwissen in komplexen, variablen Inhaltsdomänen. (Spiro et al., 1992)

→ **Random Access Instruction** (Spiro & Jehng, 1990; Spiro et al., 1992)

⚙️ Versuchsdurchführung

Schauen Sie sich das Video an und führen Sie das Experiment wie erklärt durch.



Video 3.1: Versuchsdurchführung

Die Versuchsanleitung können Sie hier downloaden und/oder ausdrucken.



pdf-Version zum Downloaden und Ausdrucken.

→ **Random Access Instruction** (Spiro & Jehng, 1990; Spiro et al., 1992)

O₂ [mg/L]: 12

Gewässerabschnitte

Elektrode

Silber-Kathode

Blei-Anode

Ag (s) O₂ (aq)
 H₂O (l) OH⁻ (aq)
 Pb (s) Pb²⁺ (aq)

+

-

↻

Gebrauchstauglichkeit computerisierter Systeme in Mensch-Computer-Interaktionen. (DIN, 2016)

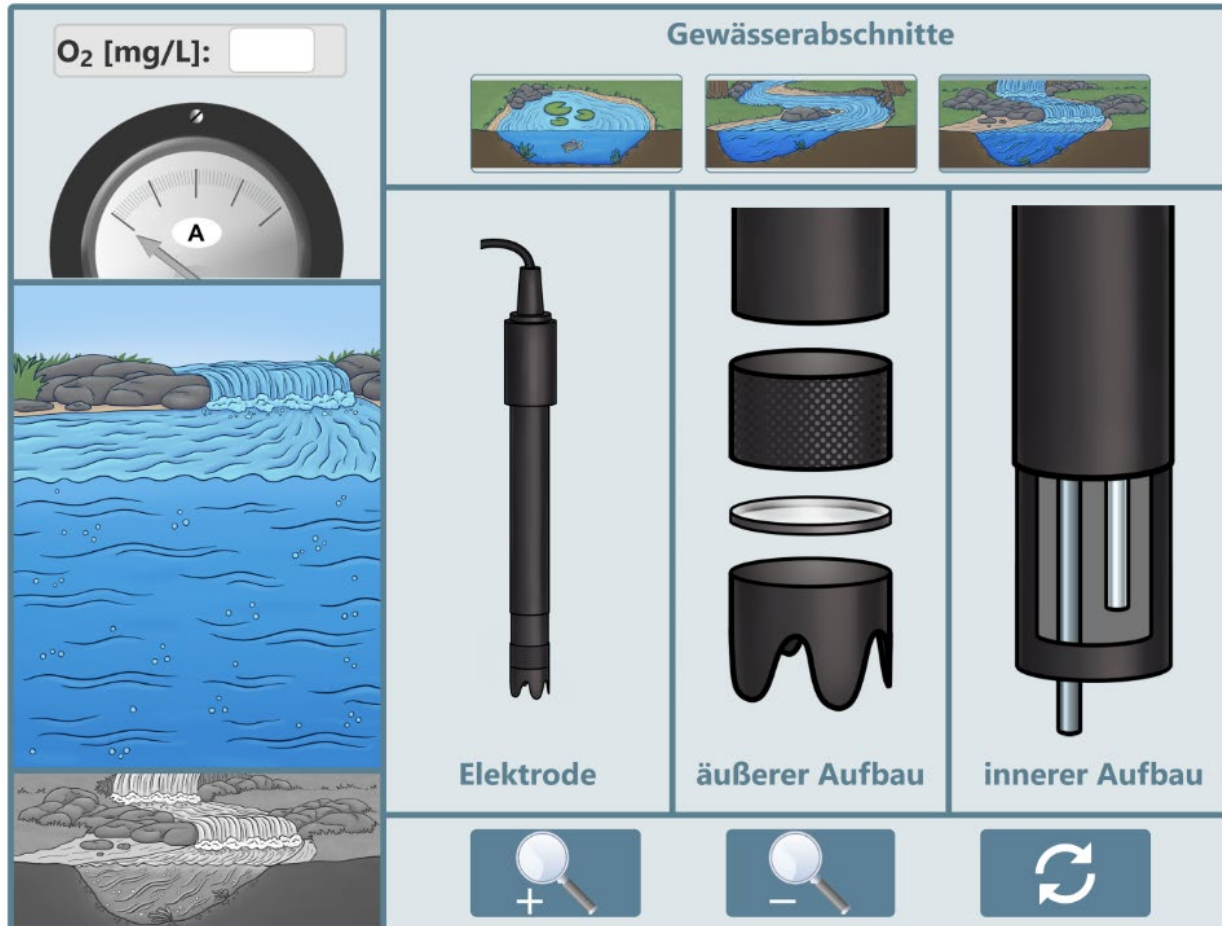
Anwendbarkeit auf digitale Lernumgebungen ist gegeben. (Karapanos et al., 2018)

Gebrauchstauglichkeit computerisierter Systeme in Mensch-Computer-Interaktionen. (DIN, 2016)

Anwendbarkeit auf digitale Lernumgebungen ist gegeben. (Karapanos et al., 2018)

→ **System Usability** (Brooke, 1996; Brooke, 2003)

→ **System Usability** (Brooke, 1996; Brooke, 2003)



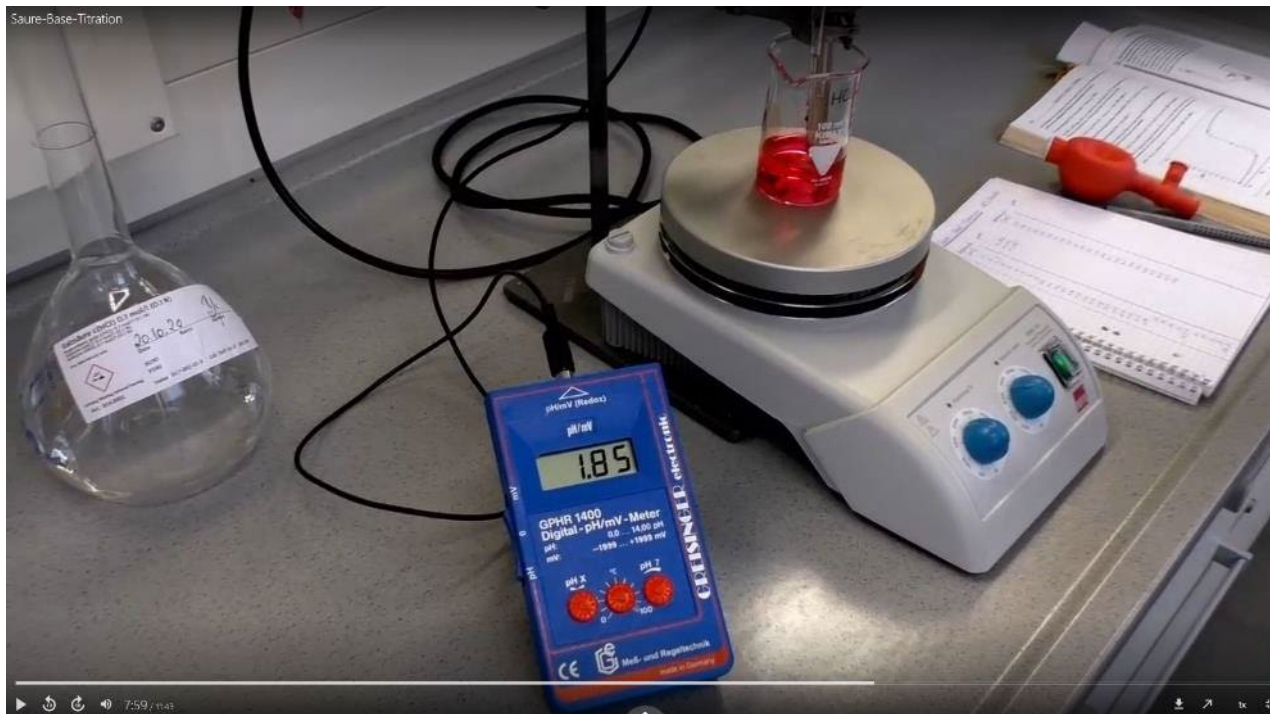
→ **System Usability** (Brooke, 1996; Brooke, 2003)



Grundsätzliche Gestaltungsprinzipien der CTML sind auch auf Videos anwendbar.
(Dogerloh & Wolf, 2020)

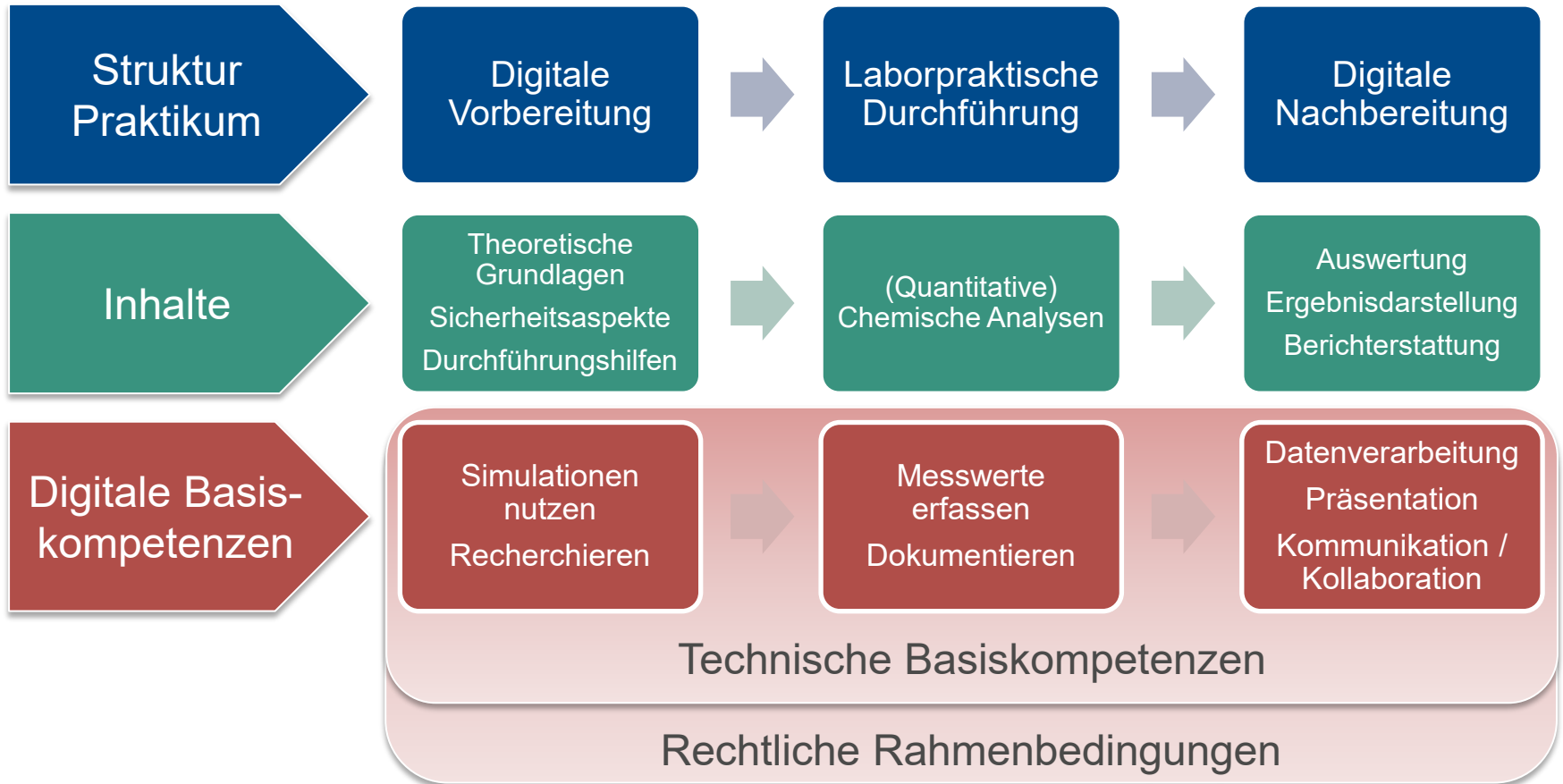
Erkenntnisse aus dem Bereich des informellen Lernens können teilweise berücksichtigt werden. (siehe Beautemps und Bresges 2021)

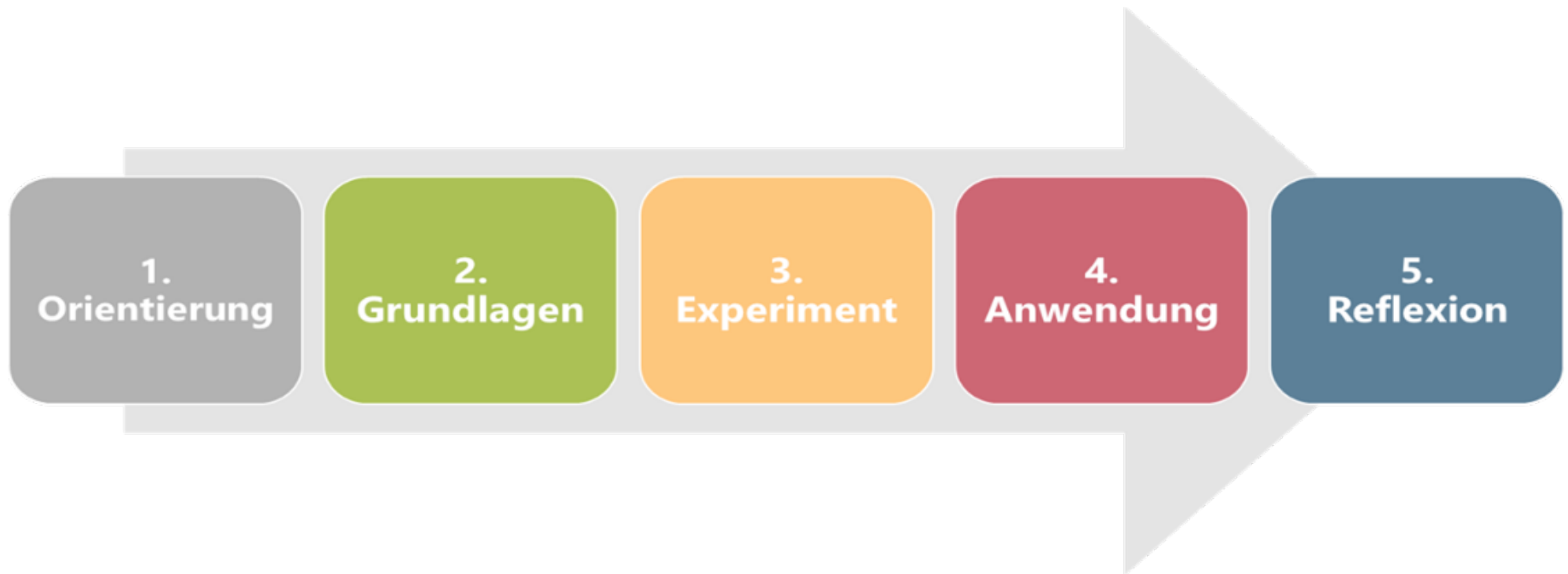
→ **Praxisnahe Lernvideos als Ansatz des Modelllernens**





Weiterentwicklung





OpenOLAT
infinite learning



Messung des Ammoniumgehalts mit einer Ionenselektiven Elektrode





Messung des Sauerstoffgehalts mit einer Clark-Elektrode (Ag / Pb)





Begleitforschung

Erhebung der Usability. (Brooke, 1996)

Entwicklung digitaler Basiskompetenzen erfassen. (angelehnt an Becker et al., 2020)

Lernpfade & Interaktionen identifizieren.

→ Analysen von Logfiles der Nutzenden

→ Pfad- und Musteranalysen zur Optimierung der Lernumgebung

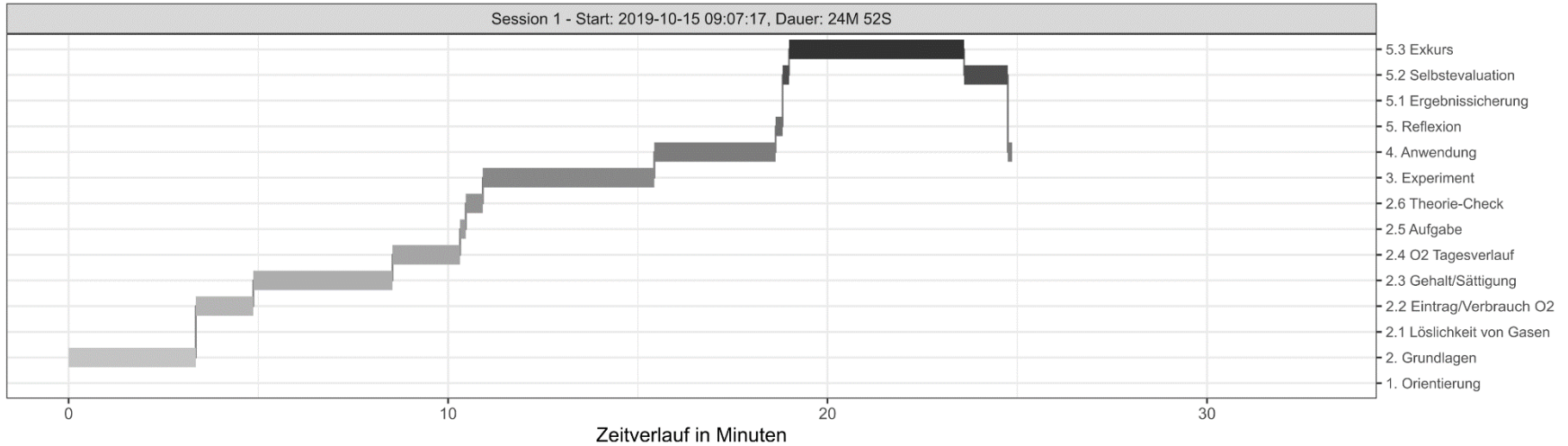
Ziel:

Detaillierte Aufklärung der Arbeitsprozesse Lernender im virtuellen Labor & Bereitstellung individualisierter Lernerlebnisse.



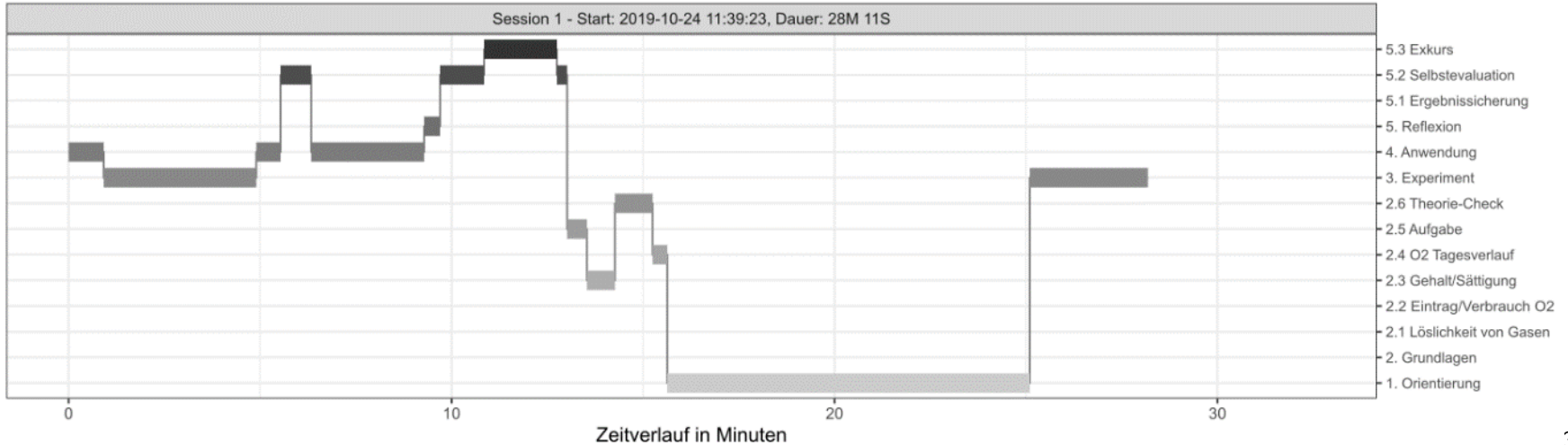
Logfiles_O2.xlsx - User 1

2019-10-15, Gesamtdauer: 24M 52S



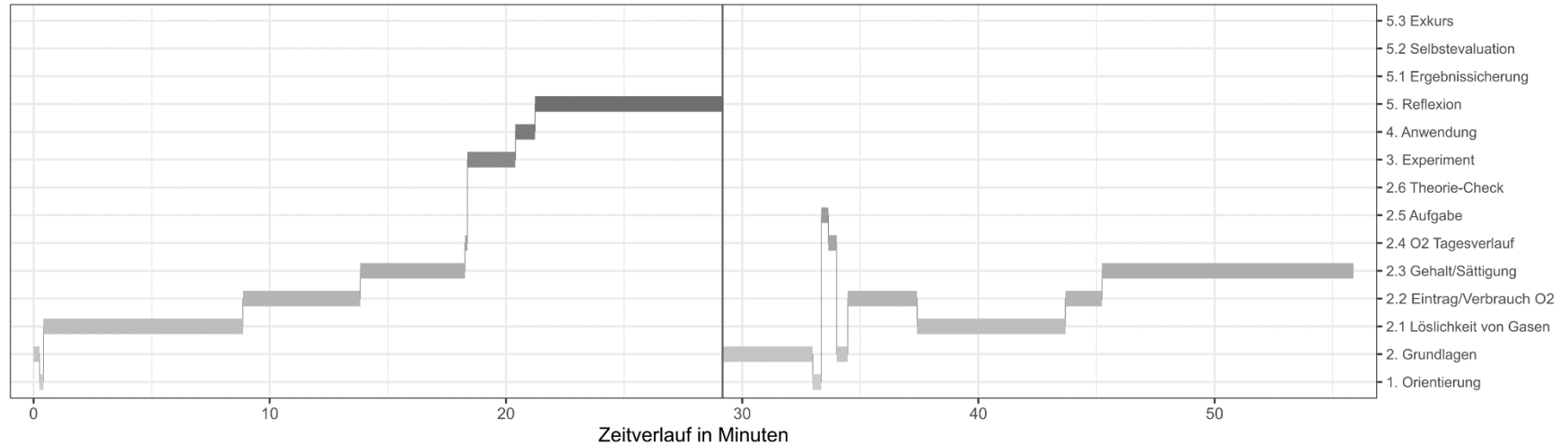
Logfiles_O2.xlsx - User 2

2019-10-24, Gesamtdauer: 28M 11S



Logfiles_O2.xlsx - User 10

2019-10-21 / 2019-10-22, Gesamtdauer: 55M 53S



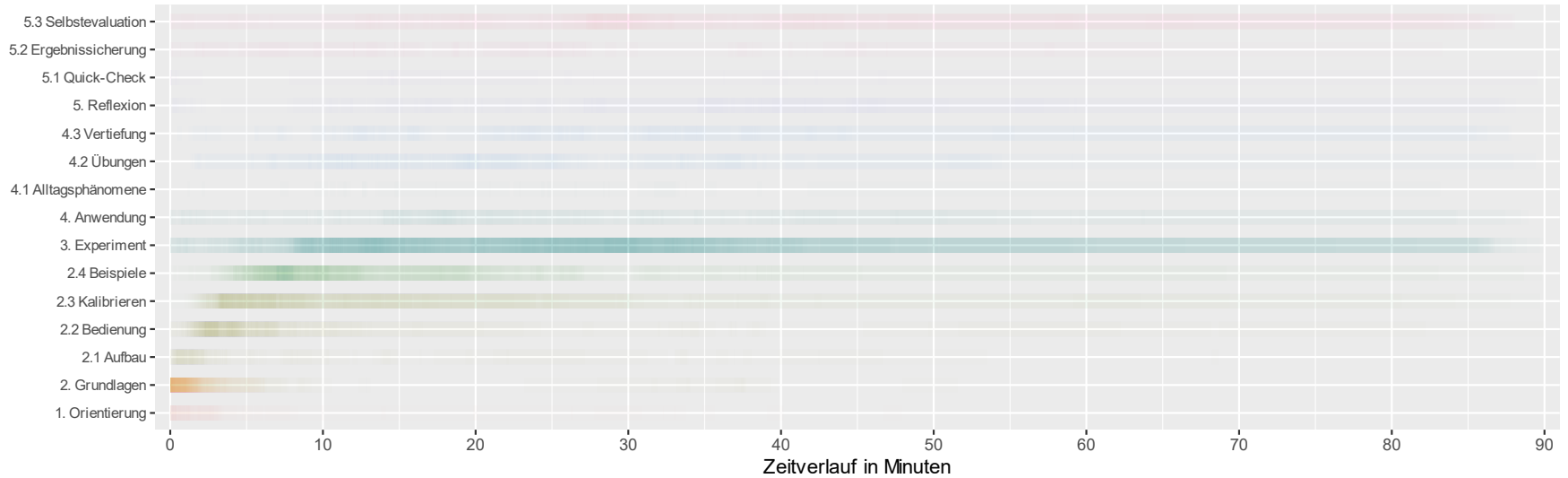
SEQUENZ	ABFOLGE DER TEILKAPITEL	HÄUFIGKEIT
9 – 4	3. Experiment → 2.2 Eintrag/ Verbrauch O ₂	10
6 – 9 – 4	2.4 O ₂ -Tagesverlauf → 3. Experiment → 2.2 Eintrag/ Verbrauch O ₂	8
9 – 10 – 4	3. Experiment → 4. Anwendung → 2.2 Eintrag/ Verbrauch O ₂	9
10 – 4	4. Anwendung → 2.2 Eintrag/ Verbrauch O ₂	9
9 – 11 – 4	3. Experiment → 5. Reflexion → 2.2 Eintrag/ Verbrauch O ₂	8

Sequential Pattern Mining mit SPADE-Algorithmus (Zaki, 2001)

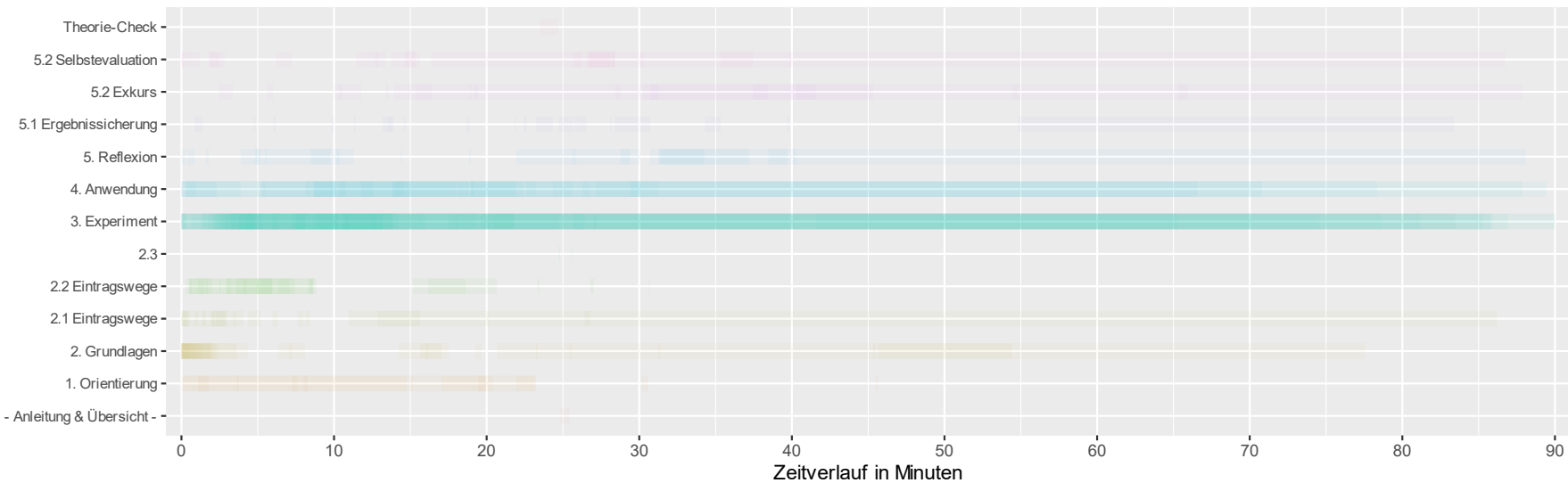
Support-Faktor >0.4



2019-11-15_course-statistic_log_Aufbau.xlsx - Gesamtstichprobe



2019-11-15_course-statistic_log_Chloridgehalt.xlsx - Gesamtstichprobe



- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Beautemps, Jacob; Bresges, André (2021): What Comprises a Successful Educational Science YouTube Video? A Five-Thousand User Survey on Viewing Behaviors and Self-Perceived Importance of Various Variables Controlled by Content Creators. In: *Front. Commun.* 5.
- Becker, Sebastian; Bruckermann, Till; Finger, Alexander; Huwer, Johannes; Kremser, Erik; Meier, Monique et al. (2020): Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In: Sebastian Becker, Jenny Meßinger-Koppelt und Christoph Thyssen (Hg.): *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, S. 14–43.
- Dorgerloh, Stephan; Wolf, Karsten D. (Hg.) (2019): *Tutorials - Lernen mit Erklärvideos*. Weinheim: Julius Beltz.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4–7.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2008). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. Wiley.
- Deutsches Institut für Normung (2016-01). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO/DIS 9241-11:2015)*.
- Jacobson, M. J. & Spiro, R. J. (1993). *Hypertext Learning Environments, Cognitive Flexibility, and the Transfer of Complex Knowledge: An Empirical Investigation*. University of Illinois, Urbana-Champaign, Illinois.
- Karapanos, M., Becker, C., & Christophel, E. (2018). Die Bedeutung der Usability für das Lernen mit digitalen Medien. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 36-57.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. Berlin: o.V.
- Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C.P.M., van Gog, T. & van Merriënboer, J.J.G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45(4), 1058–1072.
- Mayer, R. E. (2008). Applying the Science of Learning: Evidence-Based Principles for the Design of Multimedia Instruction. *American Psychologist*, 760–769.
- Maxton-Küchenmeister, J. & Meßinger-Koppelt, J. (2020). Digitale Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium – eine Einführung. In: S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.): *Digitale Basiskompetenzen*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, S. 4-7.
- Ministerium für Bildung (31.10.2018): *Curriculare Standards der Studienfächer in lehramtsbezogenen Bachelor- und Masterstudiengängen*, vom 09.12.2019. Fundstelle: GABI. 2018, S. 278.
- Neff, S., Gierl, K., Engl, A., Decker, B., Roth, T., Becker, J., et al. (2021). Virtuelle Labore für den MINT-Unterricht – Transferprozess einer hochschulischen Innovation in den Schulkontext. In U. Schmidt & K. Schönheim (Eds.), *Transfer von Innovation und Wissen* (pp. 75–101). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. & van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63–71.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. 2)* (S. 261–279). Göttingen: Hogrefe.
- Spiro, R., Feltovich, P.J., Jacobson, M., & Coulson, R. (1992). Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In T. Duffy & D. Jonassen (Eds.), *Constructivism and the technology of instruction* (pp. 57-76). Hillsdale: LEA.
- Spiro, R.J. & Jehng, J.-C. (1990). Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In D. Nix & R. Spiro (Hrsg.), *Cognition, Education and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology* (S. 163–205). Hillsdale: Erlbaum.
- van Merriënboer, J. J. G. & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147–177.
- Zaki, M.J. (2001). An efficient algorithm for mining frequent sequences by a new strategy without support counting. *Machine Learning*, 42, 31–60.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
