

Kompetenzzentrum
Lehrevaluation
in der Medizin



MERLIN
Medical Education Research -
Lehrforschung im Netz BW

Interaktive Präsenzlehre

Empfehlungen für den gewinnbringenden Einsatz von Audience Response Systems (ARS) in der Hochschullehre.

Stand: 26. Juni 2017



Tobias Schmidt und Linda Hinderer
Medizinische Fakultät

Quelle: www.pixabay.com | Unsplash | CC0: Public Domain

**UNI
FREIBURG**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Aufbau des Readers	4
3. Einführung	5
4. Grundlegende Empfehlungen	7
5. Zur Gestaltung von Abstimmfragen	11
6. Didaktische Empfehlungen	17
6.1 Wissensrepräsentation	17
6.2 Motivation und Aktivierung	18
6.3 Kommunikation / Interaktion	19
6.4 Unterstützung im Lernprozess	22
6.5 Unterstützung beim Transfer	23
6.6 Beurteilung des Lernfortschrittes	24
7. Evaluation	25
8. Literaturverzeichnis	29



Dieser Reader von Tobias Schmidt und Linda Hinderer, entstand im Rahmen des [BMBF-Projekts MERLIN](#) und ist lizenziert unter [Creative Commons Lizenz Namensnennung 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#). Alle Logos stehen unter Copyright.



1. Einleitung

Das *Fragenstellen* in Vorlesungen ist keine neue Idee. Bereits Sokrates (469 bis 399 v.Chr.) hat diese Methode in seiner Theorie der Mäeutik aufgegriffen. Die sog. sokratische Methode beruht auf der Annahme „*durch geschicktes Fragen, die im Partner schlummernden, ihm aber nicht bewussten richtigen Antworten und Einsichten heraufzuholen*“ (siehe: Duden, 2016). Das *Fragenstellen* in Vorlesungen kann heute mit moderner Technologie unterstützt werden. Dafür notwendige Abstimmgeräte (sog. *Audience Response Systems*; kurz: ARS) werden in der Literatur unter verschiedenen Begriffen beschrieben. Häufig wird der Begriff „*TED-Gerät*“ benutzt. Die Abkürzung TED steht für Tele-Dialog und veranschaulicht die ursprüngliche Nutzung von Abstimmungen im Fernsehen via Telefon. Mit diesem technologischen Fortschritt wurde die Einwegkommunikation des Fernsehens aufgebrochen und eine Möglichkeit des Dialogs durch Massenabstimmungen geschaffen (siehe: zdf-Jahrbuch 2004). Im Rahmen von Großveranstaltungen in der Hochschullehre, wie z.B. Vorlesungen, kommt es i.d.R. ebenfalls zu einer Einwegkommunikation von Dozierenden zu VeranstaltungsteilnehmerInnen. Durch den gewinnbringenden Einsatz von ARS, können solche Lehrformate, im Sinne Sokrates, wieder zurück zu einer dialogischeren Methode geführt werden.



2. Aufbau des Readers

Unabhängig davon, ob Sie ARS in Ihrer Lehre bereits einsetzen oder ob Sie eine Einbindung von ARS in Ihre Lehre planen – der vorliegende Reader unterstützt Sie dabei, ein pädagogisches Konzept für Ihre ARS-Veranstaltung zu entwickeln oder zu verbessern. Je mehr Erfahrung Sie im Umgang mit der Technologie bereits mitbringen, desto flexibler können Sie diesen Reader nutzen. Bei geringen bis keinen Erfahrungen empfehlen wir eine chronologische Bearbeitung. Der Aufbau des Readers gestaltet sich wie folgt:

Nutzen Sie den Reader je nach Bedarf als Einführungswerk oder als Möglichkeit zum Nachschlagen und Vertiefen.

Kapitel 3 führt Sie in die Methode des Fragenstellens ein und skizziert Zielsetzungen und Vorteile des ARS-Einsatzes sowie empirische Lehrforschungsergebnisse.

Kapitel 4 bietet einen Überblick zu den wichtigsten Grundregeln zum ARS-Einsatz. Die Tipps helfen Ihnen bei der Planung und Durchführung einer ARS-Veranstaltung.

Kapitel 5 befasst sich mit der Gestaltung von Abstimmfragen bzgl. der Formulierung, den Antwortmöglichkeiten oder der Einbindung von Fragen in einen Vortrag.

Kapitel 6 liefert Ideen zu didaktischen Einsatzmöglichkeiten von ARS i.S. der Anregung und Unterstützung verschiedener Phasen des Lehrens und Lernens.

Kapitel 7 gibt einen Überblick zu Möglichkeiten der Evaluation einer ARS-Veranstaltung. Verschiedene Modelle und Vorgehensweisen werden vorgestellt.



3. Einführung

Der Beginn des Einsatzes von Audience Response Systemen in der Hochschullehre kann nicht genau datiert werden. Seit den 1960er Jahren befassen sich unterschiedliche Fachdisziplinen in der Lehrforschung mit der technischen Unterstützungsmethode ARS [1]. Dabei hat sich gezeigt, dass der Einsatz von ARS unabhängig von der Fachdisziplin, dem Alter, dem Geschlecht und dem Vorwissen der Studierenden positive Effekte zeigen kann [2] [3] und somit ein flächendeckender Einsatz in der Hochschullehre möglich ist. Die Datenübermittlung ist zudem unabhängig davon, ob Abstimmgeräte im Rahmen einer Präsenzveranstaltung oder in einer virtuellen Lernumgebung (Learning Management Systems; Virtuelle Vorlesungen) eingesetzt werden [4] [5].

Zielsetzung und Mehrwert

Die Zielsetzungen des ARS-Einsatzes liegen in der praktischen Auseinandersetzung, der aktiveren Anwendung und der tiefergehenden Verarbeitung eines (häufig vorab verinnerlicht) Lernstoffes. Traditionelle Vorlesungen können durch den Einsatz der Abstimmtechnologie angereichert werden und so die Interaktion zwischen Lernenden untereinander sowie zwischen Lernenden und Lehrenden fördern [6]. Insbesondere in Großveranstaltungen hat sich der ARS-Einsatz als alternative Methoden zu *Abstimmungen per Handzeichen* bewährt. In der Literatur wird der ARS-Einsatz ab einer Gruppengröße von 15 bis 200 Studierenden empfohlen [2]. Ein großer Vorteil gegenüber nicht-digitalen Abstimmungsmöglichkeiten liegt in der Anonymität der Stimmabgabe. Abstimmergebnisse werden i.d.R. unabhängig von spezifischen Personencharakteristika (wie z.B. Geschlecht) dargestellt. Die Ergebnisinterpretation ist somit frei von Stereotypen [7]. Jeder Studierende ist durch seine individuelle Stimmabgabe persönlich aufgefordert, sich mit der dargebotenen Fragestellung auseinander zu setzen. Durch die anonyme Stimmabgabe kann die Beteiligung bei einer Abstimmung möglichst hoch gehalten werden, sodass z.B. Meinungsbilder wahrheitsgemäßer widerspiegelt werden [8]. Erst nach mehrmaliger Nutzung im Rahmen einer Veranstaltungsreihe, kann bei bestimmten Fragestellungen eine Abstimmung im sichtbaren Modus sinnvoll sein [7]. Einige ARS-Anbieter bieten die Möglichkeit, anzeigen zu lassen, welche Studierenden noch eine Stimme abzugeben haben (aber nicht deren persönliche Abstimmung).

Nicht nur die Rolle der Lernenden gestaltet sich durch den ARS-Einsatz aktiver. Auch die Dozentenrolle verändert sich. Durch das Fragenstellen und die Erarbeitung und Vertiefung von Problemstellungen, verschiebt sich die Dozentenrolle weg vom reinen Vortragenden hin zum Mentor, welcher die Lernprozesse der Studierenden anregt und unterstützt. Der ARS-Einsatz bietet dabei den Vorteil, das Lehrangebot noch bedarfsgerechter auf den Verständniserwerb und auf die spezifischen Bedürfnisse der Lernenden abzustimmen [7].

Der ARS-Einsatz selbst führt jedoch noch nicht automatisch zu einer Verbesserung der Lehre und zu einer Steigerung des Lernerfolgs [9] [10]. Vielmehr ist das didakti-

sche Konzept (bzw. die Lehrstrategie) des Lehrangebotes entscheidend, welche die Grundlage für die weitere Auswahl der Lehrmethoden und der (unterstützenden) Technologien darstellt. Es ist sogar denkbar, dass ein Technologieeinsatz vom eigentlich intendierten Lernziel ablenkt [6] [10]. Tabelle 1 gibt einen Überblick zu möglichen (didaktischen) Strategien, an denen sich ein ARS-Einsatz orientieren könnte [9].

Tabelle 1: Strategien zum Einsatz von ARS nach Kay und LeSage [9].

Strategie	Beschreibung	Referenzen
Allgemeine Strategien		
Erklären	Lernenden Relevant des ARS erklären.	Caldwell (2007)
Vorbereitung	Entwicklung effektiver Fragestellungen.	Caldwell (2007); Poulis et al. (1998)
Arten	Unterschiedliche Fragetypen für ARS-Lehre.	Caldwell (2007); Fies und Marshall (2006); Poulis et al. (1998)
Format	Formate zur Nutzung von ARS-Fragen.	Caldwell (2007); Uhari et al. (2003)
Motivationale Strategien		
Aufmerksamkeit	Mehrwert der Präsenzveranstaltung fördern.	Caldwell (2007)
Engagement	TN-Beteiligung in Präsenzveranstaltungen	Caldwell (2007)
Teilnahme	Kooperative Lehr-Lernsettings fördern	Caldwell (2007); Uhari et al. (2003)
Bewertungsstrategien		
Formativ	Tieferegehende Lernprozesse fördern	Caldwell (2007); Elliott (2003);
Anpassung	Lehre anpassen (basierend auf Feedback)	Elliott (2003); Poulis et al. (1998)
Summativ	ARS für bewertete Prüfungen verwenden.	Draper et al. (2002); Fies und Marshall (2006)
Lernbasierte Strategien		
Aufmerksamkeit	TN-Fokussierung während der Präsenz.	Caldwell (2007); Elliott (2003)
Interaktion	Lernende interagieren stärker mit Peers.	Caldwell (2007); Elliott (2003);
Peer basierte Instruktion	Diskussionen & kooperatives Problemlösung	Caldwell (2007)
Student. Vorbereitung	Lernende lesen Materialien vor Präsenz.	Uhari et al. (2003)
Diskussion im Plenum	Diskussionen/Problemlösung fördern.	Caldwell (2007)
Fallstudien	Fallstudien präsentieren und lösen.	Alexander et al. (2009); Andergassen et al. (2013); Kay & LeSage (2009)
Experimente	Experimente präsentieren und lösen.	Draper et al. (2002)

Werden Sie sich darüber bewusst, für welchen Zweck Sie die ARS- Technologie einsetzen möchten. Sie haben verschiedene Möglichkeiten.

Hunsu et al. (2016) konnten in einer Metaanalyse zeigen, dass in 86 untersuchten Studien, kognitive Lernerfolge, durch den ARS-Einsatz mit einem kleinen, aber statistisch signifikanten Effekt hervorgerufen werden konnten, $g = 0.05$ ($k = 53$, $N = 26,095$, $p < 0.01$). Auch signifikante Effekte nicht-kognitiver Lernerfolge wurden in 25 Studien identifiziert, $g = 0.23$ ($N = 5134$). Hier zeigten sich jedoch heterogenere Effektgrößen. Entsprechende Moderatoren der gefundenen Effekte müssen noch ausfindig gemacht werden [17].



4. Grundlegende Empfehlungen

Blended Learning Design

Je nachdem, wie ein ARS in die Präsenzlehre eingebunden wird, kann der Einsatz dazu führen, dass weniger Zeit für die reine Wissensvermittlung bleibt. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, je nach Lehrkontext zu klären, ob die reine (inhaltliche) Wissensvermittlung nicht in Online-Selbstlernphasen ausgelagert werden kann (z.B. mit Hilfe von Vorlesungsaufzeichnungen, E-Skript, Texte, E-Lectures usw.). Mit Hilfe des Technologieeinsatzes können die Lerninhalte im Präsenztreffen so tiefgehend bearbeitet werden, so dass Lernende das neu erworbene Wissen langfristig behalten [9]. In der Literatur wird häufig empfohlen, den ARS-Einsatz für den Zweck der Wissensanwendung zu nutzen. Dies setzt voraus, dass Lernenden vorab das nötige Faktenwissen vorbereiten [9] [11]. Die inhaltliche Vorbereitung für ein Präsenztreffen könnte bspw. durch eine vorausgehende Aufforderung zur Bearbeitung von Beispielfragen unterstützt werden. Diese Beispielfragen könnten dann im Präsenztreffen in identischer oder leicht abgeänderter Form erneut erarbeitet und diskutiert werden [12].

Veränderungen der Präsenzlehre können auch als Chance oder Grundlage zur Neukonzeption und Gestaltung eines Blended Learning Szenarios genutzt werden.

Sparsamer Einsatz: Weniger ist mehr!

In einem Zeitraum von 50 Minuten sollten zwischen 2 und 5 Fragen gestellt werden [2] [9]. So kann die Motivation und der Enthusiasmus der Studierenden aufrechterhalten werden, ohne die Lernenden mit Fragen zu überfrachten [9]. Grundsätzlich gilt: Durch Abstimmfragen können Highlights gesetzt und somit zentrale Inhalte hervorgehoben werden.

Balance zwischen Input- und Aktivierungsphasen halten

Eine Frage zu stellen, die Antworten zu sammeln und zu diskutieren dauert i.d.R. zwischen 10 und 15 Minuten [9]. Anschließend können, unter Berücksichtigung der Aufmerksamkeitsspanne der Studierenden, 15 bis 20 Minuten Input-Phase folgen [2] [14] [15].

Raum und Zeit für Diskussion über die Frage einplanen

Nach der Stimmabgabe ist es für den Lernerfolg besonders zentral, dass die gegebenen und erwarteten Antworten angemessen diskutiert werden [13]. Dies ist jedoch nur bei einer angemessenen Aufgabenkomplexität (nicht zu leicht und nicht zu schwer) möglich [13].

Themenschwerpunkte und Zielsetzungen identifizieren

Zum einen ist es möglich, im ersten Präsenztreffen durch das Abfragen der Lerner-Interessen eine Gewichtung der zu behandelnden Themen vorzunehmen [16], zum anderen kann durch den ARS-Einsatz, parallel zur Veranstaltung, das Verständnis der Lernenden immer wieder geprüft und visualisiert werden. Eine Zielsetzung wäre dann, ein Thema so lange zu behandeln, bis ein Großteil der Lernenden davon überzeugt ist, den Inhalt ausreichend verstanden zu haben. Parallel zum Vortrag des Lehrenden kann eine Abstimmung zum Verständnis erfolgen. Wenn die richtige Antwort auf eine Frage einen vorab definierten Prozentsatz überschreitet, wird mit dem nächsten Themenblock fortgefahren. Demzufolge kann eine Gewichtung der Lehrziele und eine Vertiefung einzelner Aspekte des Lernstoffes innerhalb einer Veranstaltungsreihe vorgenommen werden. Zudem wird durch das Stellen passender Fragen der Zusammenhang zwischen den Lernzielen und den dargebotenen Informationen veranschaulicht [17].

Geschwindigkeitsregulierung

Durch die hohe Anonymität in klassischen Vorlesungen, fällt es Lehrenden häufig schwer, die Inhalte in einer, der Zielgruppe angepassten und angemessenen Geschwindigkeit und Ausführlichkeit darzubieten [18]. Durch den ARS-Einsatz können, in regelmäßigen Abständen, kurze Einschätzungen zur Geschwindigkeit und zur Ausführlichkeit der dargebotenen Lerninhalte gesammelt werden (z.B. Auswahlmöglichkeiten wie „*schneller*“, „*weiter so*“ und „*langsamer*“). In der Literatur wird hierbei eine Frequenz von ca. 30 Minuten vorgeschlagen, in der sich der Lehrende eine kurze Rückmeldung einholt [16]. Durch das formative Feedback ist es dem Lehrenden möglich, die Darbietung des Lernstoffes anzupassen. Dieser Schritt erfordert jedoch eine hohe Lehrkompetenz und somit etwas Übung [16].

Lehrevaluation

Am Ende einer Veranstaltungsreihe kann das ARS zur Lehrevaluation eingesetzt werden. In der Literatur werden dabei folgende Kategorien zur Evaluation vorgeschlagen [8]: Inhalt, Vorgehen, Orientierung an der Zielgruppe, Diskussion und Medieneinsatz. Natürlich ist auch eine Evaluation nach der Hälfte der Veranstaltungsreihe möglich und kann als formatives Feedback für die Lehrperson(en) dienen [5] [8] [9] [19].

Vorbereitung und Durchführung

Während der Planung der ARS-Veranstaltung, sollte die Lehrperson organisatorische und technische Vorbereitungen treffen. Für einen problemlosen Ablauf empfiehlt es sich, stets ein paar mehr Abstimmungsgeräte vor Ort zu haben, um bei technischen Problemen einen schnellen Austausch zu gewährleisten [2]. Des Weiteren sollten Sie die Lehrperson mit der Bedienung der Systems im Hörsaal vertraut sein. Hierzu zählt einerseits die Bedienung der Hardware, als auch ein Softwaretest im Rahmen eines Probedurchlaufes der Präsentation [8] [13]. Einige ARS-Anbieter bieten das Feature einer Simulation der Abstimmung an [13], sodass sich die Möglichkeit ergibt, die Abstimmungsfolien fiktiv ausfüllen zu lassen und die grafische und inhaltliche Darstellung zu überprüfen.

Direkt vor der Durchführung der Lehrveranstaltung sollte die Lehrperson nochmals einen Technik-Check durchführen und hierfür zwischen 30 Minuten und einer Stunde Zeit einzuplanen, um alle nötigen Einstellung zu überprüfen [13]. Wenn die Abstimmgeräte erstmalig bei der Lerngruppe eingesetzt werden, empfiehlt es sich diese vor der ersten inhaltlichen Fragestellung zu instruieren [2] [8] [13]. Auch wenn grundsätzlich der ARS-Einsatz von Lernenden als positiv wahrgenommen wird, gibt es erfahrungsgemäß immer eine Zahl an Studierenden, die gegenüber dem Technischeinsatz resignieren [9]. Die Einwände beziehen sich dabei zumeist auf

- Bedenken des extra Aufwandes, die gestellten Fragen zu diskutieren [19].
- den Wunsch, die Antworten anonym zu geben [9].
- das unbehagliche Gefühl, wenn falsche Antworten gegeben wurden, insbesondere dann, wenn die Mehrheit der Gruppe die richtige Antwort gegeben hat [9].
- die Gefahr, durch den ARS-Einsatz besonders abgelenkt zu werden [9].
- eine allgemeine Ablehnung gegenüber der neuen Lernmethode [9].

Um diesen Bedenken seitens der Studierenden vorzubeugen, sollte zu Beginn der Lehrveranstaltung eine Erklärung zu den Zielsetzungen des ARS-Einsatzes erfolgen [2] [5] [9]. Zudem sollten die Rahmenbedingungen erläutert werden (z.B. Anonyme versus authentifizierte Abstimmung). Sollten die Abstimmfragen Einfluss auf die Bewertung und Auswahl der Abschlusstests haben, sollte die Problematik des „Cheatens“ vorab möglichst offen diskutiert werden [2]. Wenn beispielsweise die Anzahl der gegebenen Antworten (Teilnahme der Studierenden) Einfluss auf die Bewertung am Ende hat, verleitet dies Lernende dazu, Abstimmgeräte von nicht anwesenden KommilitonInnen mit zu bedienen [9]. Nach der Instruktion der Lernenden sollte bei Bedarf ein Funktionstest mit einer oder mehreren Probe-Abstimmungen durchgeführt werden, sodass die Lernenden mit dem Umgang des ARS vertraut sind [9].

Bei jeder Abstimmfrage sollte den Lernenden ausreichend Zeit zum Nachdenken gegeben werden [2] [13]. Die Lernenden müssen die Problemstellung nachvollziehen bzw. erkennen und anschließend die verschiedenen Antwortmöglichkeiten auf Grundlage ihres Vorwissens abwägen (individuell oder Diskussion in Kleingruppen). Um diesen Prozess für die Lernenden zu strukturieren, empfiehlt es sich, die veranschlagte Zeit zum Nachdenken mit anzugeben. Sind 85-90% der Stimmen eingegangen, kann die Abstimmung beendet und das Ergebnis dargestellt werden. Es hat sich gezeigt, dass fast nie alle Stimmen einer Abstimmung in der Großveranstaltung eingefangen werden können. Ist die Abstimmung beendet, sollte jede

Eine reibungslose Anwendung der ARS-Technologie, erfordert sowohl Vorbereitung als auch Kompetenzen während der Durchführung. Was können Sie tun, die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen ARS-Veranstaltung zu steigern?

Fragestellung einer Interpretation, Diskussion und weitergehenden Erklärung ausgesetzt werden [13]. Diese ausführliche Besprechung des erhaltenen Meinungsbildes benötigt deutlich mehr Zeit, als in traditionellen Vorlesungen, da sich erfahrungsgemäß mehr Lernende an der Diskussion beteiligen [8]. Dieser erhöhten Beteiligung sollte genügend Raum geboten werden, um die intendierten motivationalen Prozesse und die tiefergehende Verarbeitung der Inhalte, nicht auszubremsen. Dabei kann besonders in großen Hörsälen mit einer hohen Beteiligung eine solche Diskussion leicht unübersichtlich werden. Aus diesem Grund sollten am Ende die zentralen Argumente nochmals zusammengefasst werden [2] [9]. Aufgrund der Ergebnisse einer Abstimmung innerhalb der Vorlesung sowie der folgenden Vorlesungen, sollten sich die Lehrpersonen zudem bereithalten, flexible Anpassungen vorzunehmen [2].

5. Zur Gestaltung von Abstimmfragen

I.d.R. werden die ARS-Fragen vor der Veranstaltung vorbereitet und bspw. in eine PPT-Präsentation eingebunden. Es ist jedoch auch möglich, Fragen während der Veranstaltung zu ergänzen [2]. Bspw. wenn ein Lernender eine Rückfrage zum Verständnis stellt, kann diese an das gesamte Auditorium zurückgegeben werden [2] [9]. Diese Variante sollte jedoch nur von geübten und erfahrenen Dozenten eingesetzt werden, da das Generieren von Fragen *Ad Hoc* eine hohe Lehrkompetenz erfordern.

Aber auch das Generieren von Fragen vor der Veranstaltung benötigt Übung. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, vorab bei erfahrenen KollegInnen zu hospitieren, um den ARS-Einsatz von einer praktischen Seite kennen zu lernen. Außerdem können durch die Einrichtung einer Sammlung von „guten“ Fragestellungen innerhalb einer Institution, einer Abteilung, oder unter Kollegen doppelte Arbeiten vermieden und kreative Prozesse angeregt werden [2] [9]. Zur stetigen Verbesserung und Weiterentwicklung der Fragen, empfiehlt es sich nach dem Einsatz jede spezifische Frage nochmals zu überdenken und ihren Nutzen zu reflektieren [2]. Zusammenfassend gilt folgender Leitsatz: Die erwarteten Lernergebnisse können nur so gut sein, wie die gestellte Frage. Aus diesem Grund sollten lieber weniger aber dafür qualitativ hochwertige Fragen gestellt werden [9]. Insbesondere tiefergehende Verständnisfragen und Fragen zur Transferförderung des erworbenen Wissens haben sich als lernförderlich erwiesen [20]. Als Grundlage für die verschiedenen kognitiven Lerntiefen bietet die Lernzieltaxonomie von Bloom [21] bei der Generierung von Fragestellungen eine gute Hilfestellung (siehe Tabelle).

Die Nutzung von ARS steht und fällt mit der Qualität der Abstimmfragen. Nehmen Sie sich Zeit zur Erstellung qualitativ hochwertiger Fragestellungen.

Tabelle 2: Kognitive Lernzieltaxonomie nach Bloom et al. [21] angereichert nach Sullivan [20]

Stufe	Aktivität der Lernenden	Begriffe zur Item-Konstruktion
Wissen	Fakten, Begriffe, Konzepte, Definitionen, Prinzipien erinnern	definiere, liste auf, erkläre, identifiziere, beschrifte, benenne, Wer, Wann, Wo, Was?
Verstehen	Die Bedeutung des Materials erklären oder interpretieren	erkläre, sage hervor, interpretiere, schlussfolgere, fasse zusammen, wandle um, übersetze, gib Beispiele, weise nach,
Anwenden	Ein Konzept / Prinzip nutzen um ein Problem zu lösen	wende an, löse, zeige, mache Gebrauch von, demonstriere, berechne
Analyse	Das Material in seine Komponenten zergliedern, um Beziehungen und Hierarchien von Ideen zu erkennen	differenziere, vergleiche / kontrastiere, unterschiede ___ von ___, wie steht ___ in Beziehung zu ___? warum funktioniert ___?
Synthese	Etwas Neues oder Ursprüngliches aus den Komponenten produzieren	entwerfe, konstruiere, entwickle, formuliere, stelle vor, kreierte, wechsele, schreibe ein Gedicht oder eine kurze Geschichte
Evaluation	Ein Urteil auf Basis eines zuvor etablierten Sets von Kriterien fällen	bewerte, evaluiere, rechtfertige, beurteile, kritisiere, empfehle

Fragen formulieren

Wie das Schreiben allgemein, sollte auch das Schreiben von Abstimmfragen als interaktiver Prozess angesehen werden. Das bedeutet, dass die kontinuierliche Überarbeitung der Fragestellungen ein wesentlicher Bestandteil ist, um gute Fragestellungen zu generieren [20]. Dabei hat sich gezeigt, dass besonders authentische Problemstellungen das Lernen und die Motivation unterstützen [22]. Authentisch ist eine Problemstellung, wenn sie alltagsnah und anwendungsorientiert ist, wie z.B. Fallvignetten, Fallbeschreibungen oder typische Situationen des Berufslebens [22]. Klassischerweise werden in der Hochschullehre folgende Möglichkeiten der Fragen-generierung im Rahmen von Abstimmfragen angewandt [2]:

- Ein Begriff / Konzept ist gegeben und die richtige Definition muss aus einer Liste an Vorschlägen gefunden werden, oder anders rum.
- Ein Graph ist gegeben und die beste Beschreibung oder Interpretation aus einer Liste an Vorschlägen muss gefunden werden, oder anders rum.
- Eine Analyse-Methode muss einem angemessenen Datensatz zugeordnet werden, oder anders rum.
- Ideen oder Schritte müssen in die richtige Reihenfolge gebracht werden.
- Aus einer Liste an (Lösungs-)Schritten muss der falsche Schritt identifiziert werden.

Dabei unterscheiden sich die verschiedenen Fragestellungen hinsichtlich ihrer Effektivität. Besonders effektiv sind Fragestellungen...

- die es den Lernenden erlauben, erworbenes Wissen anzuwenden [23]
- die eine höhere Ebenen der Bloom'schen Lernzieltaxonomie ansprechen und von den Lernenden verlangen Situationen oder Daten zu vergleichen, Vorhersagen zu treffen und kausale Beziehungen zu untersuchen [23]
- die auf die Verarbeitung oder Argumentation fokussieren [6].
- die helfen, fehlerhafte Konzepte zu identifizieren und diese aufzulösen [9].
- die einen umfassenden Überblick über ein spezifische Zusammenstellung von Konzepten zu unterstützen [9].

Tabelle 3: Zusammenfassende Grundregeln zur Formulierung von TED-Fragen.

Regeln	Beschreibung
Inhaltliche Regeln	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jede Frage spiegelt einen spezifischen Inhalte und eine einzige spezifische mentale Verhaltensweise wieder [20]. ▪ Jede Frage basiert auf einem zentralen Lerninhalt [20]. ▪ Die Inhalte jeder Frage sind unabhängig von den Inhalten der anderen Items. Zu spezifische oder zu allgemeine Inhalte vermeiden [20]. ▪ Die Darstellung der Problemstellung, auf welche sich die Fragestellung bezieht, kann durch Bilder und Videos unterstützt werden [20].
Verfassen der Fragestellung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die konkrete Fragestellung ist so kurz und prägnant wie möglich zu formulieren [20]. Dabei ist insbesondere auf die Verständlichkeit und die Lesbarkeit bei der Projektion zu achten [8] [13] [20]. ▪ Die zentralen Ideen hervorheben [20]. ▪ Exzessive Fachsprache und Gestaltungsmaßnahmen vermeiden [20] ▪ Die Fragestellung positiv formulieren und Negierungen, wie <i>nicht</i> oder <i>außer</i> vermeiden [20].
Verfassen der Antwortalternativen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zwecks Übersichtlichkeit und Lesbarkeit, nicht mehr als fünf Antwortalternativen anzubieten [1] [2] [13] [14]. Je mehr Antwortalternativen, desto komplexer wird die Interpretation und Abgrenzung der Alternativen. ▪ Möglichst viele effektive Antwortmöglichkeiten entwickeln und anschließend die drei bis fünf Besten auswählen [20]. ▪ Falsche Antworten sollten nicht offensichtlich falsch sein, sondern ebenfalls logisch [2]. ▪ Sicherstellen, dass wirklich nur eine Antwortalternative richtig ist [20]. ▪ Den Platz der richtigen Antwortmöglichkeit variieren [20]. ▪ Die Abstimmung einfach halten: Nicht mehr als zwei Stimmen pro Frage pro Person vergeben [13]. ▪ „<i>Ich weiß es nicht</i>“ als Antwortalternative ergänzen, um die Ratewahrscheinlichkeit zu reduzieren [2] [9] oder zusätzlich zur tatsächlichen Abstimmung, die Sicherheit der Abstimmung erheben (hohe oder niedrige Überzeugung, die richtige Antwort gegeben zu haben) [14]. ▪ Die Antwortalternativen sind unabhängig voneinander und nicht überlappend [20]. ▪ Die Antwortalternativen sind bezüglich inhaltlicher und grammatikalischer Struktur homogen formuliert [20]. ▪ Die Antwortalternativen enthalten typische Fehler der Lernenden [20]

Zu Konkretisierung der Formulierung von Fragestellungen werden an dieser Stelle einige Beispielfragen dargestellt [24]:

Beispielfrage 1

If the Nernst potential for sodium is +60 mV, for potassium is -90 mV, and for chlorine is -74 mV and if, for some reason, $P_{Na^+} \gg P_{K^+}, P_{Cl^-}$, which of the following will be the most likely value of the membrane potential?

- (1) +50 mV
- (2) -90 mV
- (3) -50 mV

[Lösung: (1)]

Abbildung 1: Beispielfrage 1 (Paschal 2002, S. 302).

Beispielfrage 2

In Fick's law of diffusion, as described in your textbook, the five variables affecting the net rate of diffusion Q are the concentration gradient of the substance ΔC , the distance (membrane thickness) ΔX , the surface area of the membrane A , the permeability of the membrane to the substance P , and the molecular weight of the substance MW . Which of these factors, if increased, will, in turn, increase the net rate of diffusion?

- (1) $\Delta C, MW, \Delta X$
- (2) P, A, MW
- (3) $\Delta C, A, \Delta X$
- (4) $\Delta C, P, A$

[Lösung: (4)]

Abbildung 2: Beispielfrage 2 (Paschal 2002, S. 304).

Beispielfrage 3

In multiple sclerosis (MS), some nerves become demyelinated. One of the symptoms of MS is difficulty with motor control, especially walking. Basic control of motor function occurs when the motor cortex sends a command signal to the extra-fusal muscle fibers (E), which produce a force (f) that acts on a load (L), resulting in a change in the position variable (x). Various proprioceptors (P) detect position and feed that information back to the brain to provide input for correction of the command signal. Draw a systems diagram to model this basic motor control system.

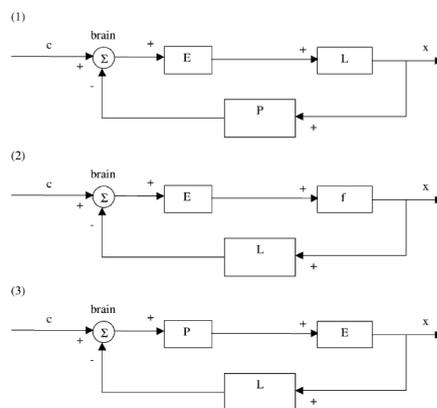


FIG. 3. Systems diagram model: the 3 possible answers.

[Lösung: (1)]

Abbildung 3: Beispielfrage 3 (Paschal 2002, S. 302).

Beispielfrage 4

What type of system element would be added to your diagram from *Question 1* and where to model the changes brought about by MS?

- (1) a differentiator just before the proprioceptors (P)
- (2) a delay just before the extrafusal fibers (F)
- (3) an integrator between F and the load (L)
- (4) a delay between the proprioceptors and the brain
- (5) 2 and 4

[Lösung: (5)]

Abbildung 4: Beispielfrage 4 (Paschal 2002, S. 305).

Beispielfrage 5

You are ironing the clothes you are going to wear on a date that evening. You begin to daydream about your exciting evening plans, and you stop paying attention to what you are doing. Your finger touches the hot iron and you quickly withdraw your hand. Your response involves the three types of neurons in your body. In what order are these types of neurons involved in the initial response?

- (1) efferent neurons, interneurons, afferent neurons
- (2) interneurons, efferent neurons, afferent neurons
- (3) afferent neurons, efferent neurons, interneurons
- (4) afferent neurons, interneurons, efferent neurons

[Lösung: (4)]

Abbildung 5: Beispielfrage 5 (Paschal 2002, S. 305).

Angemessene Aufgabenkomplexität

In den vorangegangenen Kapiteln wurde wiederkehrend auf die Angemessenheit der Aufgabenkomplexität eingegangen. Um Lernprozesse optimal zu unterstützen, ist es von zentraler Bedeutung, die Aufgabenkomplexität bestmöglich an das Vorwissen der Lernenden anzupassen [25]. Bei einer Unterforderung kommt es zu Langeweile und bei einer Überforderung zu Ängsten. Beide Prozesse wirken sich negativ auf den Lerneffekt aus [26]. Dabei bezieht sich die angemessene Komplexität sowohl auf die Fragestellung, als auch die Formulierung der Antwortalternativen. Zur theoretischen Fundierung der angemessenen Aufgabenkomplexität kann die Theorie zur Zone der Proximalen Entwicklung der Neo-Vygotskischen Perspektive auf Lernen [26] sowie der Expertice-Reversal-Effect [25] herangezogen werden.

Zur Vermeidung einer visuellen Überforderung, sollten grundlegenden Empfehlungen Beachtung finden (siehe: Kapitel 4). Des Weiteren ist anzumerken, dass Studierende häufig einen großen Teil ihrer Aufmerksamkeit darauf richten, die gestellte Problemstellung zu notieren, anstatt ihre gesamte kognitive Kapazität auf die Lösung des Problems zu richten [8]. Aus diesem Grund wird empfohlen, im Handout die Fragestellungen mit auszugeben, oder eine entsprechende Aufgabensammlung –

bspw. in einer begleiteten virtuellen Lernumgebung anzulegen [8]. Darüber hinaus wird empfohlen, bei inhaltlich besonders komplexen Problemstellungen, eine Zweiteilung vorzunehmen: Auf einer ersten Folie wird zunächst ausführlich das Problem dargestellt und diskutiert. Anschließend wird auf einer zweiten Folie eine prägnante, kurze, klar formulierte Fragestellung mit entsprechenden Antwortalternativen präsentiert [13].

6. Didaktische Empfehlungen

Um die unterschiedlichen Phasen eines Lernprozesses bestmöglich anzuregen und zu unterstützen, sollte sich der Zweck des Einsatzes digitaler Medien und neuer Lerntechnologien nach Bremer [27] immer an diesen ausrichten und orientieren. Nach einer Sichtung der pädagogischen Fachliteratur und anerkannter Lehrmodelle, hat die Autorin zusammenfassend sechs übergeordnete Lehraktivitäten bzw. Lehrzwecke identifiziert, welche die unterschiedlichen Phasen eines Lernprozesses anregen und unterstützen. Hierzu zählen:

1. Wissensrepräsentation – Die Darbietung des Lerngegenstandes
2. Motivation und Aktivierung – Das Erkennen der Relevanz und Bedeutung
3. Kommunikation – Die Interaktion zwischen Lernenden und/oder Lehrenden
4. Unterstützung im Lernprozess – Das Aneignen / Organisation von Wissen
5. Transfer-Unterstützung – Erworbenes Wissen reproduzieren und anwenden
6. Beurteilung des Lernfortschritts/-erfolgs – Die Erbringung von Nachweisen

Im Nachfolgenden werden diese Lehraktivitäten i.S. didaktischer Einsatzmöglichkeiten vorgestellt und skizziert, wie ARS dabei effektiv genutzt werden können.

6.1 Wissensrepräsentation

Vorwissen aktivieren

Bei der Konstruktion neuen Wissens, nutzt das lernende Individuum sowohl die neuen Reize seiner Umwelt (d.h. der dargebotene Lernstoff) als auch sein vorhandenes Vorwissen. Umso mehr Vorwissen das Individuum besitzt, desto leichter fällt es ihm, neue Informationen daran anzuknüpfen. Aus diesem Grund ist es entscheidend, auf das vorhandene Vorwissen der Lernenden aufzubauen und dieses vor der Darbietung neuer Inhalte zu aktivieren [25].

Durch eine Fragestellung, direkt zu Vorlesungsbeginn, die sich auf vorangehende Inhalte bezieht (z.B. auf Inhalte, die von Lernenden in Selbstlernphasen vor- oder nachbereitet werden sollten), kann ein ARS sinnvoll eingesetzt werden, um das Vorwissen der TeilnehmerInnen zu aktivieren [4] [8] [14]. Neben der Vorwissensaktivierung erhält die Lehrperson mit dieser Methode auch einen Überblick über den Wissensstand der Lernenden und kann daran anknüpfen [4] [8] [14]. Je nach Lehrveranstaltungskonzept empfiehlt es sich, die Vorwissensfrage(n) am Ende einer Lerneinheit nochmal zu stellen, um so einen Lernzuwachs im Vergleich mit der ersten Abstimmung sichtbar zu machen. Somit erhalten die Lernenden auch ein Feedback zu möglichen Wissenslücken [20].

Als ARS-Experte sollten Sie die verschiedenen Didakt. Zwecke des Technologieeinsatzes kennen. Ein ARS nutzen kann nicht nur für die Abfrage von Kenntnisse genutzt werden.

Einführung neuer Themen und Konzepte

Nach der Vorwissensaktivierung können weitergehende Fragen gestellt werden, welche zu einer neuen Themeneinheit hinführen. Solche Fragen sollten einerseits die Relevanz des Themas aufzeigen (bspw. durch hohen Anwendungsbezug) und andererseits Verbindungen zu bisherigen Themen schaffen (bspw. durch ähnliche Lösungsstrategien). Durch eine Verbindung zu vorangegangenen Themen können zusätzlich Wissenslücken auf Seiten der Lernenden ausfindig gemacht werden. Die Lehrperson steht dann vor der großen Herausforderung, seine anschließende Darbietung des Lernstoffes flexibel anzupassen. Diese Flexibilität erfordert eine hohe Lehrkompetenz und gelingt sicherlich nicht auf Anhieb.

Zentrale Konzepte hervorheben und verbinden

In einem dritten Schritt sind die Lernenden nun in der Lage neue Wissensseinheiten aufzunehmen und in Verbindung mit bereits bestehendem Wissen zu setzen. Dabei können klassische Input-Vorträge durch den ARS-Einsatz angereichert werden. Ziel sollte jedoch immer sein, in regelmäßigen Abständen zentrale Konzepte hervorzuheben und Verbindungen zwischen ihnen herzustellen [16] [28]. Dazu eignen sich Fragestellungen, die diese zentralen Konzepte in Kategorien zusammenfassen, neue Informationen mit bekannten Konzepten in Verbindung setzen und durch Beispiele die praktische Anwendung verdeutlichen. Prinzipiell ist auf einen gezielten, sparsamen Einsatz von Abstimmfragen zu achten, um die Aufmerksamkeit der Lernenden tatsächlich auf die wesentlichen Konzepte zu fokussieren [2].

6.2 Motivation und Aktivierung

Aufmerksamkeit gewinnen

Um die Lernenden zu motivieren und zu aktivieren, ist es im ersten Schritt notwendig, zu Veranstaltungsbeginn die Aufmerksamkeit der Lernenden zu gewinnen [2] [4] [7]. Hierfür eignen sich z.B. provokante Fragestellungen und Meinungsbilder. Mit einer aktivierenden Frage zu Beginn, können sich die Lernenden konzentrieren und fokussieren sowie Nebentätigkeiten, wie z.B. den Platz einzurichten oder neuste Informationen mit dem SitznachbarInnen auszutauschen reduzieren. Wichtig ist an dieser Stelle, dass die gestellte Frage eine angemessene Komplexität aufweist und der Lerngruppe von großer Bedeutung ist [2].

Aufmerksamkeit aufrechterhalten und Teilnahme erhöhen

Ein ARS-Einsatz eignet sich dafür, Lernende bei der Wissensrepräsentation zu unterstützen. Neben dieser Zweckbestimmung, erhöht der Wechsel zwischen eher passiv-rezeptiven Inputphasen und eher aktiv-konstruierenden Problemlösephasen die Aufmerksamkeitsspanne der Lernenden [2] [5] [14] [19]. Die durchschnittliche

Aufmerksamkeitsspanne eines Lernenden liegt bei circa 20 Minuten [2] [14] [15] [29]. Durch den Aktivitätenwechsel wird die „Aufmerksamkeits-Uhr“ in regelmäßigen Abständen wieder auf null gesetzt [2]. Caldell hat besonders positive Effekte bezüglich der Aufmerksamkeit der Lernenden festgestellt, wenn die Beantwortung der Fragen Einfluss auf die Bewertung summativer Klausuren hat [2]. Außerdem verzeichnen verschiedene AutorInnen positive Effekte bzgl. der regelmäßigeren Teilnahme an Lehrveranstaltungen, wenn diese durch ARS angereichert wurden [2] [5] [14]. Miller et al. weisen darauf hin, dass erst die erhöhte Aufmerksamkeit eine tiefere und nachhaltigere Verarbeitung der Lerninhalte möglich macht [19].

Motivation und positive Emotionen fördern

Durch den ARS-Einsatz kann die grundsätzliche Motivation der Lernenden gefördert werden, sich mit nicht ausreichend verstandenen Lerninhalten auch außerhalb der Veranstaltung weitergehend auseinander zu setzen [4] [7]. Verschiedene AutorInnen betonen, dass durch den ARS-Einsatz die intrinsische Motivation der Lernenden eher gefördert werden kann [2] [5] [7] [17] [14]. Außerdem zeigen Forschungsergebnisse, dass sich durch einen ARS-Einsatz, sowohl die Anwesenheit in Vorlesungen als auch die aktive Teilnahme in der Vorlesung erhöhen kann [2] [7] [17] [28]. Edens verzeichnet in diesem Zusammenhang eine vermehrte Teilnahme an begleitenden Tutorials zu einer Vorlesung [7]. Hunsu et al. stellen fest, dass sich das Durchhaltevermögen der Lernenden in einer Vorlesung erhöht [17]. Uhari et al. zeigen, dass Lernende ARS-Lehrangeboten gegenüber positiver eingestellt sind [8].

6.3 Kommunikation / Interaktion

Das Auditorium kennen lernen

In traditionellen Vorlesungen herrscht beidseitig (sowohl aus der Lehrenden als auch der Lernenden Perspektive) ein hoher Grad an Anonymität [18]. Durch gezielte Fragen zu Beginn einer Veranstaltungsreihe kann dem entgegengewirkt werden. Bspw. können soziodemografische Fragen gestellt werden, wie z.B. Alter, Geschlecht, Nationalität, Muttersprache, Wohnort der Lernenden. Oder es können Fragen bzgl. des Lernstoffes gestellt werden, wie z.B. Vorwissen, Vorverfahren, Erwartungen, thematische Vorlieben, Interessenschwerpunkte usw. [16]. Die Ergebnisse der Abstimmungen können im Anschluss zur zielgruppenorientierten Anpassung der Veranstaltungsreihe genutzt werden. Gleichzeitig erhalten sowohl die TeilnehmerInnen als auch die Lehrperson praktische Erfahrungen im Umgang mit dem ARS und können ggf. technische Probleme beseitigen [16].

Interaktion und Gruppenarbeit fördern

Der ARS-Einsatz fördert sowohl die Interaktion zwischen den Lernenden, z.B. im Rahmen von Partner- oder Kleingruppenaufgaben, als auch die Interaktion zwischen

Lernenden und Lehrperson [1] [4]. Neben dem Wissenserwerb, steht hier besonders die Förderung weitergehender Lernziele im Vordergrund. Durch das Diskutieren von Antwortalternativen in Tandems oder Kleingruppen, werden kooperative und soziale Fähigkeiten [2] [30], sowie Argumentations- und Problemlösekompetenzen gefördert [5] [31]. Dabei lernen die Studierenden andere Perspektiven wahrzunehmen und sich mit diesen auseinander zu setzen, sowie in einer Diskussion verschiedene Ideen gegenüber zu stellen [1] [5] [14] [32]. Um die Interaktion und das kooperative Lernen zu fördern, können verschiedene methodisch Ansätze gewählt werden (s.u.). Fies und Marshall bspw. schlagen vor, je Kleingruppe explizit nur ein Abstimmungsgerät einzusetzen [6]. Die Gruppe muss sich dann auf eine Antwortalternative einigen. Zu beachten gilt bei einem solchen Vorgehen, dass die Möglichkeit besteht, dass einzelne Gruppenmitglieder die Diskussion durch ihr höheres Vorwissen oder ihre spezifischen Vorerfahrungen dominieren und dadurch die anderen Teilnehmenden eine eher passive Rolle einnehmen [6]. Als zweites methodisches Vorgehen soll an dieser Stelle noch das *re-Voting* angesprochen werden [17]. Dabei gibt zunächst jeder Lernenden eine individuelle Stimme ab. Anschließend wird die Stimmabgabe auf der Grundlage des Ergebnisses mit den anderen Lernenden in Kleingruppen diskutiert und eine neue individuelle Stimme abgegeben. Das zweite Ergebnis wird dann durch nachgestellte Erklärungen des Lehrenden interpretiert und dem ersten Ergebnis gegenübergestellt [17]. Bei Methoden, welche die Interaktion zwischen den Peers fördern, sollte die Gruppengröße nicht größer als vier bis sechs Personen betragen [2]. Die in Tabelle 4 (Seite 21) ausgewählten Methoden zur Förderung der Interaktion beim Fragenstellen, beruhen auf diesem Vorgehen.

Durch Diskussionen kritisches Denken anregen

Es hat sich gezeigt, dass sich durch den ARS-Einsatz die Teilnahme an Diskussionen erhöhen kann [5] [14]. Caldwell führt diesen Effekt darauf zurück, dass den Lernenden, durch die Präsentation der Abstimmergebnisse, die Angst genommen wird ihr Unwissen preis zu geben, wenn auch andere Lernende ebenfalls eine falsche Antwort gegeben haben [2]. Somit entwickelt sich eher eine Kultur, in der Fehler und Missverständnisse als Lernchance angesehen und aufgegriffen werden. Die Lernenden zeigen sich deutlich engagierter während der Vorlesung [5] und in der kritischen Diskussion der Antwortalternativen [4]. Dazu muss jedoch die Fragestellung eine höhere Ebene von Lernzielen ansprechen. Eine mögliche Kategorisierung kognitiver Lernziele und aufeinander aufbauender Lernzielstufen, liefert die Bloom'sche Lernzieltaxonomie [21] mit den Stufen (1) kennen, (2) verstehen, (3) anwenden, (4) analysieren, (5) evaluieren und (6) neu erschaffen. Hunsu et al. konnten zeigen, dass durch eine Einbindung ausdifferenzierter Abstimmfragen, höheren Lernzielebenen erreicht werden konnten [16].

Tabelle 4: Überblick zu Methoden zum Stellen von Fragen, welche die Interaktion fördern.

	ZIELE	INFORMATIONEN	VORGEHEN	REFERENZEN
Peer-Instruction Peer Learning Model	Förderung von <ul style="list-style-type: none"> • Peer-Diskussionen • Lösungskompetenz • Motivation • konzeptuellem Verständnis • Stärkere / tiefere Auseinandersetzung mit den Inhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • Profitiert von unmittelbarem Feedback • Gruppengrößen bis 250 Studierende getestet • Beispiel-Vorlesung mit Materialien zu den Newton'schen Gesetzen in Mazur (1997) 	<u>Optional:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung der Stunde durch Textarbeit der Studierenden. • 5-Minuten-Quiz zu Beginn der Stunde. <u>Vorgehen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Lehrender präsentiert komplexen Fall (15-20 Minuten) und stellt konzeptuelle Frage. • Lernende bilden sich individuell ihre Meinung (1 Minute). • Lernende stimmen individuell ab. • Dozent präsentiert eingehende Antworten. • Lernende überzeugen Nachbarn von der eigenen Antwort und dem Gedankengang / Lösungsweg (1 Minute oder etwas mehr). • Erneut individuelle Abstimmung der Studierenden. • Lehrender präsentiert Antworten und entscheidet, ob weitere Erklärungen nötig. 	Andergassen et al. (2013); Caldwell (2007); Mazur (1997); Fies und Marshall (2006); Kay und LeSage (2009)
Kooperatives Quiz I	Förderung von Motivation zur Teilnahme und zur Vorbereitung auf die finale Klausur	Einsatz in geblockten Vorlesungen getestet	<ul style="list-style-type: none"> • Vor einer Pause wird ein kurzes Multiple-Choice-Open-Book-Quiz präsentiert. • Nach der Pause werden die Fragen per ARS vom Auditorium beantwortet. • Korrekte Antworten helfen dem Kurs die Durchschnittsbewertung der finalen Klausur um bis zu $\frac{1}{6}$ anzuheben. Falsche Antworten haben keine Auswirkungen. Alle Fragen werden in einer digitalen Lernumgebung zur finalen Klausurvorbereitung gesammelt. 	Byrd et al.(2004);
Kooperatives Quiz II	Förderung der Vorteile von frequentiertem Testen	Einsatz in allen Vorlesungs-settings möglich	<ul style="list-style-type: none"> • Pro Lehrveranstaltung werden 6-7 Abstimmfragen gestellt (je Frage 1-2 Minuten). • Das Auditorium sammelt gemeinsam Bonus-Punkte. • Zur Fragenbeantwortung können alle Unterlagen genutzt werden. • Silberne Fragen müssen von Studierenden alleine beantwortet werden (Bonus, wenn 80% richtig geantwortet haben). • Goldene Fragen können zusammen mit den Nebensitzenden beantwortet werden (Bonus, wenn 90% richtig geantwortet haben). • Alle anwesenden Lernenden erhalten die Bonuspunkte (durch Präsenz waren so 30 Bonuspunkte möglich; ca. 5% der Note). • Die Bonuspunkte werden dem Klausurergebnis individuell angerechnet • Jede Frage wird in der Vorlesung nochmal ausführlich diskutiert. 	Cain et al. (2009)
Experimentelles Lernen	Förderung des eigenverantwortlichen Lernens	Profitiert von unmittelbarem Feedback	<ul style="list-style-type: none"> • Lernende-Lernende-Interaktionen in Kleingruppen im Wechsel mit Ganze-Klassen-Evaluatione. • Die konzeptuelle Diskussion folgt einer Spirale in der die Diskussion über eine Frage selbstverständlich zur Exploration einer verwandten Fragestellung führt. • Während die Lehrperson mit verschiedenen vorgeplanten Fragen in die Vorlesung kommt, ist es letztendlich die Klasse als gesamtes, die bestimmt, welche Fragen gefragt und diskutiert werden. 	Fies und Marshall (2006) Kolb „Experimentel Learning“
5 Minuten Quiz	Förderung der Motivation zur Vor-/Nachbereitung der Inhalte und zur Teilnahme an den Quizen		<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere Problemstellungen werden als Hausaufgabe gegeben. • Auf Grundlage einer dieser Problemstellung wird zu Beginn der nächsten Veranstaltung ein Quizz durchgeführt (Konzepte und Methoden zur Lösungsstrategie werden abgefragt). • Die Antworten zu den Quizz-Fragen werden diskutiert. • Es ist möglich durch besonders gute Bearbeitung der Quizze Punkte für die summative Klausur zu sammeln. 	Liebler (2003)

6.4 Unterstützung im Lernprozess

Lernen durch frequentiertes Testen

Der Mehrwert von ARS liegt nicht in der Technologie selbst, sondern in der Methode des Fragenstellens. Auch andere Methoden, wie z.B. die Abstimmung via Handzeichen, sind ähnlich erfolgreich [16] [33]. Die Vorteile von ARS liegen in der anonymen Stimmabgabe, der Genauigkeit von Abstimmergebnissen und der Nutzerfreundlichkeit auf Seiten der Lehrenden und Lernenden. Durch das Stellen der richtigen Fragen können metakognitive Strategien angeregt werden, welche zu einer erhöhten Motivation zur Vor- und Nachbereitung der Inhalte führen [33]. Je häufiger getestet wird (täglich, wöchentlich, zwei-wöchentlich etc.), desto mehr Zeit wenden die Studierenden zur Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung auf [12]. Jedoch nimmt nicht nur die Quantität der Vor- und Nachbereitung zu, sondern auch deren Qualität. Durch frequentiertes Testen erhalten die Lernenden regelmäßiges, zeitnahes und individuelles Feedback zu ihrem Lernprozess und können ihr weiteres Vorgehen bei der Vor- und Nachbereitung des Lernstoffes anpassen [34]. Außerdem unterstützt das Testen die Lernenden dabei, ihre Aktivitäten auf die zentralen Konzepte der Veranstaltung zu richten [28]. Durch diese vermehrte und fokussierte Vor- und Nachbereitung des Lernstoffes wird wiederum die Verständniskapazität der Instruktion in nachfolgenden Veranstaltungen erhöht [34]. Des Weiteren wird durch die Diskussion der Testfragen mit den Mitlernenden das Verständnis im Allgemeinen gefördert. Dies ist besonders wirksam, da das Gefälle zwischen erklärender Studierender (Lehrendem) und zuhörender Studierender (Lernenden) durch die *Peer Instruction* reduziert wird [2]. Das regelmäßige Testen fördert durch seinen Übungscharakter die Speicherung im und das Abrufen der Informationen aus dem Langzeitgedächtnis [17]. Dadurch wird die Leistung in summativen Abschlusstests maßgeblich erhöht [17] [28] [35]. Dies gilt insbesondere für Lernende mit geringem Vorwissen [28]. Dabei sind besonders konzeptuelle Fragestellungen gegenüber Faktenfragen förderlich [17]. Durch die erhöhte Interaktion zwischen Lernenden und Lehrenden, welche durch die Diskussion der gestellten Fragen hervorgerufen wird, erhöht sich die Qualität der Lehre insgesamt. Es entwickelt sich eine positivere Beziehung zwischen den Akteuren. Durch frequentiertes Testen haben die Lernenden das Gefühl, dass die Lehrperson mehr um ihr Wohlergehen bemüht ist und mehr Zeit und Aufwand in die Vorbereitung der Kurse investiert. Die Vorteile des frequentierten Testens können folgendermaßen zusammengefasst werden [34]:
Frequentiertes Testen...

- untergliedert in kleinere Lerneinheiten.
- hilft das Lernen der Studierenden anzupassen.
- hilft die Studierenden zu motivieren.
- hilft sicher zu sein, dass die Zusammenstellung an Aufgaben bewältigt wurde.
- verstärkt das Lernen für jene, die eine Lerneinheit gemeistert haben.
- hilft die Angst vor der summativen Kursbewertung zu reduzieren.
- stellt einen diagnostischen Nutzen für Studierende, welche eine Lerneinheit nicht gemeistert haben, zur Verfügung.
- stellt frequentiertes Feedback für den Lehrenden zur Verfügung.

Kognitive und metakognitive Lernstrategien fördern

Das unmittelbare grafische Feedback durch die Darstellung der Abstimmergebnisse, ermöglicht es den Lernenden ein Selbst-Monitoring und eine Selbstbewertung durchzuführen [7]. Der Gebrauch von ARS kann somit als Katalysator dienen, um die Metakognition der Lernenden zu erhöhen und um die Lernenden zu ermutigen Verantwortung für den selbstregulierten Prozess der Überwachung, der Aufmerksamkeitskontrolle und der Zielsetzung zu übernehmen [7]. Dieses metakognitive Bewusstsein impliziert jenes Selbst-Wissen, welches zur Anwendung von Lernstrategien wie z.B. Self-Monitoring und/oder Self-Regulation führen kann. Wie die Metaanalyse von Hunsu et al. zeigt, erhöht der ARS-Einsatz zudem das Selbstwirksamkeitsempfinden der Lernenden ($g = 0.86$) [17].

6.5 Unterstützung beim Transfer

Experimente und Fallstudien

Eine Förderung des Transfers erfordert insbesondere Fragen zu zentralen Konzepten des Lerngegenstandes [15]. Diese Fragetypen fördern die Problemlöse- und Argumentationskompetenz [17] [31]. Nach Andergassen et al. und Alexander et al. kann ein Transfer des erworbenen Wissens durch die Bearbeitung von Fallstudien und Experimenten unterstützt werden [4] [5]. Durch die Diskussion von Fallstudien wiederum, erhöht sich die Interaktion zwischen den Lernenden [9].

Experimente, welche auf der Methode der (menschlichen) Abstimmung beruhen, können durch den ARS-Einsatz nachgestellt werden [2] [5] [16]. Nach einer (wissenschaftliche) Datenanalyse der vor Ort erhobenen Daten, kann ein Forschungsprozess beispielhaft dargestellt werden [36]. Cleary veranschaulicht dieses methodische Vorgehen anhand zweier Beispiele aus der Psychologie: *False Memory Effect* und *Levels-of-processing Effect* [36].

False Memory Effect:

- 5 Listen von Roedinger und McDermott (1995) vorlesen (*Anger, Fruit, Spider, King, High*).
- Wiedererkennungstest-Items präsentieren (5 alte Items, 5 kritische neue Items und 5 unkritische neue Items).
- Jedes Item soll mit alt oder neu bewertet werden.
- Daten in Excel oder Statistik-Programm importieren und eine Life-Datenanalyse durchführen (Mittelwerte berechnen, Graphen darstellen, statistische Unterschiede herausarbeiten).

Levels-of-processing Effect:

- Beantwortung von Ja-Nein-Fragen zu Wörtern beantworten: Beinhaltet das Wort Großbuchstaben? Passt das Wort in einen gegebenen Satz?
- Präsentation von 6 Wörtern aus der Buchstaben-Kondition, 6 aus der Satz-Kondition und 6 neue Wörter.
- Studierende müssen bewerten ob ein Item „alt“ oder „neu“ ist.
- Die erhobenen Daten werden mittels SPSS live ausgewertet und interpretiert

Abbildung: Methode „Replikation wissenschaftlicher Studien“ nach Cleary (2008).

6.6 Beurteilung des Lernfortschrittes

Individuelles Verständnis prüfen und Feedback erhalten

Das Prüfen des Verständnisses bezieht sich in diesem Fall auf eine formative Rückmeldung für die Lernenden und die Lehrenden [4] [5] [9] [14] [19]. Sie sollte deshalb keiner Bewertung im Sinne einer Notengebung unterliegen. Aus diesem Grund handelt es sich bei der Verständnisprüfung nicht um eine Bewertungs- sondern eine Feedbackstrategie [9]. Das Ziel der Verständnisprüfung bewegt sich auf zwei Ebenen. Zum einen erhalten durch den Einsatz von Abstimmfragen die Lernenden eine individuelle Rückmeldung bezüglich ihres Wissenstandes. Diesen können sie dann in Bezug zur Gesamtgruppe der Lernenden setzen [14] [16] [37]. Sie werden dazu befähigt selbstbestimmt passende Nachbereitungsaufgaben auszuwählen und individuelle Lernziele zu setzen [2] [4] [8]. Durch das anonyme, aber dennoch individuelle Feedback wird für die Lernenden eine sichere Lernumgebung geschaffen [19]. Zum anderen erhält die Lehrperson durch das Feedback die Möglichkeit Verständnisprobleme direkt vor Ort zu erkennen, spezifische Erklärungen zu geben und entsprechende Anpassung der kommenden Veranstaltungen vorzunehmen [2] [4] [5] [14] [15]. Insbesondere durch eine nachstehende Diskussion, werden Misskonzepte der Studierenden aufgedeckt [2] [9] und ein *Conceptual Change* unterstützt [19].

Assessment: Summativ bewerten

Durch das frequentierte Testen, nimmt die Variabilität in der Leistung bei Abschluss-tests ab [23]. Andergassen et al. nutzen ARS zur Beantwortung von Fragestellungen in summativen Abschlusstests [5]. Caldwell hingegen spricht sich eher für den Einfluss der Fragestellungen während der Veranstaltungsreihe auf die Bewertung summativer Abschlusstests aus [2]. Die Lernenden können bei gestellten Fragen Punkte für die Teilnahme an der Umfrage und gesondert Punkte für die Gabe der richtigen Antwort sammeln. Dadurch wird die Angst vor falschen Antworten reduziert und die Motivation zur Antwortgabe aufrechterhalten. Die gesammelten Punkte des Auditoriums als Gesamtgruppe fließen dann in die Bewertung des Abschlusstestes ein [2]. Des Weiteren können ARS auch zur Bewertung von Studierendenvorträgen eingesetzt werden (*Peer-Assessment*). So können beispielsweise nach einer Präsentation nacheinander 10 Bewertungskriterien eingeblendet werden zu denen das Auditorium Punkte vergibt [16].

7. Evaluation

Nach einer ARS-Vorlesung steht – wie auch bei traditionellen Vorlesungen – eine Phase der Reflexion und Evaluation der Veranstaltung an [38]. Dabei sollte besonders der Einsatz der Fragen geprüft und entsprechende Optimierungen vorgenommen werden [9]. Das Antwortverhalten der Studierenden hilft Ihnen dabei, die zu verbessernden Stellen ausfindig zu machen. Dies trifft sowohl auf Fragen zu, die den Lernprozess unterstützen, als auch auf konkrete Fragen zu den Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung. Zur Reflexion können wiederum die Fragen aufgeworfen werden, um die es bei der Planung und didaktischen Zielsetzung ging [10]:

- Welchen Zweck hatte das Fragenstellen? Und in welchem Bezug standen die Fragen zu meinen Zielsetzungen?
- War das Fragenstellen via ARS die beste Methode, um fokussierte Lernprozesse in meiner Veranstaltung zu erhöhen?
- Wie habe ich die Antworten der Lernenden genutzt, um den Lernerfolg zu erhöhen?
- Hatten die Lernenden und ich Spaß an dem Einsatz?

Nach dem Ende einer kompletten Veranstaltungsreihe und / oder zur Halbzeit, sollte der ARS-Einsatz im Rahmen der üblichen Lehrevaluation gemeinsam mit den Lernenden reflektiert werden. Hierzu werden in der nachfolgenden Tabelle mögliche Fragestellungen mit den entsprechenden Antwortalternativen dargestellt. Die Tabelle besitzt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sollte an die entsprechenden Rahmenbedingungen der Veranstaltungsreihe angepasst werden. Zu Datenerhebung können selbstverständlich ARS als technisches Hilfsmittel eingesetzt werden.

Werden Sie sich darüber bewusst, was genau Gegenstand Ihrer Evaluation sein soll!

Tabelle 5: Fragen zur Lehrevaluation von ARS-Lehrangeboten an Lernende und Lehrende.

Items	Antwortalternativen	Referenzen
... an Lernende gerichtet		
... zur Veranstaltung		
An wie viel Prozent der Veranstaltungen haben Sie teilgenommen?	100%, 80%; 60%; 40%; 20%	Uhari et al. (2003)
Ich besuche Vorlesungen mit TED-Geräten regelmäßiger als traditionelle Vorlesungen.	Ja; Nein	Cue (1998)
Mir hat es Spaß gemacht an der Vorlesung mit TED-Geräten teilzunehmen.	Stimme voll zu; Stimme zu; Neutral; Stimme nicht zu	Tregonning et al. (2012); Hoyt et al. (2010)
Ich würde mir wünschen, dass TED-Geräte in mehr Vorlesungen verwendet werden.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Hoyt et al. (2010)

Items	Antwortalternativen	Referenzen
... an Lernende gerichtet		
... zur Veranstaltung		
Schätzen Sie den prozentualen Anteil an Zeit, in der Sie die Lehrinhalte verarbeitet haben.	100%, 80%, 60%, 40%, 20%	Uhari et al. (2003)
Ich denke in Vorlesungen mit TED-Geräten aktiver mit, als in traditionellen Vorlesungen.	Ja; Nein	Cue (1998)
Ich habe die Veranstaltungen als lästig oder langweilig empfunden.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)
Ich denke, die Abstimmung per TED-Gerät mit Präsentation via Beamer ist besser als eine Abstimmung per Handzeichen.	Ja; Nein	Caldwell (2007)
Das Anfertigen von Notizen benötigt zu viel Zeit während der Veranstaltung.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)
Ich denke das folgende System ist für mein Lernen und mein Zeitmanagement am besten:	Quizze zu Vorbereitungsaufgaben Übungen während der Vorlesung Nachbereitungsaufgaben Quizze zu Vorbereitungsaufgaben Übungen während der Vorlesung keine Nachbereitungsaufgaben Quizze zu Vorbereitungsaufgaben keine Übungen während der Vorlesung Nachbereitungsaufgaben Quizze zu Vorbereitungsaufgaben keine Übungen während der Vorlesung keine Nachbereitungsaufgaben Keine Quizze zu Vorbereitungsaufgaben Übungen während der Vorlesung Nachbereitungsaufgaben Keine Quizze zu Vorbereitungsaufgaben keine Übungen während der Vorlesung Nachbereitungsaufgaben	Paschal (2002)
Ich denke das folgende System ist für mein Lernen und mein Zeitmanagement am besten: <i>(Gleiche Fragestellung mit nur zwei Antwortalternativen)</i>	Quizze zu Vorbereitungsaufgaben Übungen während der Vorlesung keine Nachbereitungsaufgaben Keine Quizze zu Vorbereitungsaufgaben; Übungen während der Vorlesung; Nachbereitungsaufgaben	Paschal (2002)
Ich lerne besser während der Veranstaltung als alleine.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)
Die Abstimmungen fördern mein Lernen.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)
Es fällt mir leicht während der Vorlesung Fragen zu stellen.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)
Die Abstimmungen fördern das Stellen von Fragen während der Veranstaltung.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)
Ich weiß innerhalb einer Veranstaltung, was meine Mitlernenden denken.	vollkommene Zustimmung; Zustimmung; Ablehnung; vollkommene Ablehnung	Uhari et al. (2003)

Items	Antwortalternativen	Referenzen
... an Lehrende gerichtet (z.B. zur Selbstreflexion oder Lehrevaluation)		
Ich war mit der traditionellen Vorlesung persönlich zufrieden.	7-Punkte Skala (von Vollkommene Ablehnung bis Vollkommene Zustimmung)	Duggan et al. (2007)
Ich denke TED-Vorlesung-en haben einen hohen Mehrwert für die universitäre Bildung.	7-Punkte Skala (von Vollkommene Ablehnung bis Vollkommene Zustimmung)	Duggan et al. (2007)
Ich denke traditionelle Vorlesungen haben einen hohen Mehrwert für die universitäre Bildung.	7-Punkte Skala (von Vollkommene Ablehnung bis Vollkommene Zustimmung)	Duggan et al. (2007)
Ich möchte weiterhin TED-Geräte in meinen Vorlesungen einsetzen.	7-Punkte Skala (von Vollkommene Ablehnung bis Vollkommene Zustimmung)	Duggan et al. (2007)
An TED-Veranstaltungen mag ich im Vergleich zu traditionellen Vorlesungen besonders:	Offenes Antwortformat <i>(keine Datenerhebung mit TED-Geräten möglich)</i>	Duggan et al. (2007)
An TED-Veranstaltungen mag ich im Vergleich zu traditionellen Vorlesungen nicht:	Offenes Antwortformat <i>(keine Datenerhebung mit TED-Geräten möglich)</i>	Duggan et al. (2007)

Literaturverzeichnis

1. Judson E, Swada D. Learning from Past and Present: Electronic Response Systems in College Lecture Halls. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 2002; 21(2): 167–181.
2. Caldwell JE. Clickers in the Large Classroom. Current Research and Best-Practice Tips. *Cell Biology Education*. 2007; 6(1): 9–20. DOI: 10.1187/cbe. 06-12-0205.
3. Stowell JR, Nelson JM. Benefits of Electronic Audience Response Systems on Student Participation, Learning, and Emotion. *Teaching of Psychology*. 2007; 34(4): 253–258. DOI: 10.1080/00986280701700391.
4. Alexander CJ, Crescini WM, Juskewitch JE, Lachman N, Pawlina W. Assessing the integration of audience response system technology in teaching of anatomical sciences. *Anatomical Science Education*. 2009; 2(4): 160–166. DOI: 10.1002/ase.99.
5. Andergassen M, Guerra V, Ledermüller K, Neumann G. Development of a Browser Based Mobile Audience Response System for Large Classrooms. *International Journal of Mobile and Blended Learning*. 2013; 5(1): 58–76.
6. Fies C, Marshall J. Classroom Response Systems. A Review of the Literature. *Journal of Science Education and Technology*. 2006; 15(1): 101–109. DOI: 10.1007/s10956-006-0360-1.
7. Edens KM. The Interaction of Pedagogical Approach, Gender, Self-Regulation, and Goal Orientation Using Student Response System Technology. *Journal of Research on Technology in Education* 2008; 41(2): 161–177. DOI: 10.1080/15391523.2008.10782527.
8. Uhari M, Renko M, Soini H. Experiences of using an interactive audience response system in lectures. *BMC Medical Educatio*. 2003; 3(1): DOI: 10.1186/1472-6920-3-12.
9. Kay RH, LeSage A. A strategic assessment of audience response systems used in higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2009; 25(2): 235–249.
10. Premkumar K, Coupal C. Rules of engagement – 12 tips for successful use of “clickers” in the classroom. *Medical Teacher*. 2009; 30(2): 146–149. DOI: 10.1080/01421590801965111.
11. Mazur E. Peer instruction: Getting students to think in class. AIP Conference Proceedings. College Park, Maryland (USA). 1997; 399(391): 981-988
12. Mawhinney VT, Bostow DE, Laws DR, Blumenfeld GJ, Hopkins BL. A comparison of students studying-behavior produced by daily, weekly, and three-week testing schedules. *Journal of Applied Behavior Analysis*. 1971; 4 (4): 257–264. DOI: 10.1901/jaba.1971.4-257.
13. Robertson LJ. Twelve tips for using a computerised interactive audience response system. *Medical Teacher*. 2009; 22(3): 237–239. DOI: 10.1080/01421590050006179.
14. Beekes W. The 'Millionaire' method for encouraging participation. *Active Learning in Higher Education*. 2006; 7(1): 25–36. DOI: 10.1177/1469787406061143.
15. Cain J, Black EP, Rohr J. An Audience Response System Strategy to Improve Student Motivation, Attention, and Feedback. *American Journal of Pharmaceutical Education*. 2009; 73(2): Article 21. DOI: 10.5688/aj730221.
16. Draper S, Cargill J, Cutts Q. Electronically Enhanced Classroom Interaction. *Australian Journal of Educational Technology*. 2002; 18(1): 13–23.
17. Hunsu NJ, Adesope O, Bayly DJ. A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education*. 2015; 94: 102–119. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.11.013.
18. Lehmann K, Oeste S; Janson A; Söllner M; Leimeister JM. Flipping the Classroom. IT-unterstützte Lerneraktivierung zur Verbesserung des Lernerfolges einer universitären Massenlehrveranstaltung. *HDM Praxis der Wirtschaftsinformatik*. 2014; 52(1): 81–95. DOI: 10.1365/s40702-014-0102-4

19. Miller RG, Ashar BH, Getz KJ. Evaluation of an audience response system for the continuing education of health professionals. *The Journal of Continuing Education in the Health Professions*. 2003; 23(2): 109–115. DOI: 10.1002/chp.1340230208.
20. Sullivan R. Principles for Constructing Good Clicker Questions. Going Beyond Rote Learning and Stimulating Active Engagement with Course Content. *Journal of Educational Technology Systems*. 2008; 37(3): 335–347. DOI: 10.2190/ET.37.3.i.
21. Bloom B, Krathwohl DR, Masia BB. Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals. 1984. New York: Longman.
22. Pradhan A, Sparano D, Cande VA. The influence of an audience response system on knowledge retention. An application to resident education. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2005; 193(5): 1827–1830. DOI: 10.1016/j.ajog.2005.07.075.
23. Poulis J; Massen C, Robens E, Gilbert M. Physics lecturing with audience paced feedback. *American Journal of Physics*. 1998; 66(5): 439. DOI: 10.1119/1.18883.
24. Paschal CB. Formative Assessment in Physiology Teaching Using a Wireless Classroom Communication System. *Advances in Physiology Education*. 2004; 26(4): 299–308. DOI: 10.1152/advan.00030.2002.
25. Kalyuga S, Ayres P, Chandler P, Sweller J. The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*. 2003; 38(1): 23–31.
26. Renkl A. Kooperatives Lernen. Cooperative Learning. In: Schneider W (Hrsg.). *Handbuch der Pädagogischen Psychologie*. Göttingen: Hogrefe; 2008. S. 84–94.
27. Bremer C. Online Lehren leicht gemacht! Leitfaden für die Planung und Gestaltung von virtuellen Hochschulveranstaltungen. In: Berendt B (Hrsg.). *Handbuch Hochschullehre. Informationen und Handreichungen aus der Praxis für die Hochschullehre*. Bd. 3.34. Bonn: Raabe; 2001. S. 1–39.
28. Hoyt A, McNulty JA, Gruener G, Chandrasekhar A, Espiritu B, Ensminger D, Price R, Naheedy R. An audience response system may influence student performance on anatomy examination questions. *Anatomical Sciences Education*. 2010; 3(6): 295–299. DOI: 10.1002/ase.184.
29. Stuart J, Rutherford RJD. Medical Student Concentration During Lectures. *The Lancet*. 1978; 312(8088): 514–516. DOI: 10.1016/S0140-6736(78)92233-X.
30. Byrd GG, Coleman S, Werneth C. Exploring the Universe Together. Cooperative Quizzes With and Without a Classroom Performance System in Astronomy 101. *Astronomy Education Review*. 2004; 3(1): 26–30. DOI: 10.3847/AER2004004.
31. Hake RR. Interactive-engagement versus traditional methods. A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. 1998; 66(64). DOI: 10.1119/1.18809.
32. Duggan PM, Palmer E, Devitt P. Electronic voting to encourage interactive lectures. A randomised trial. *BMC Medical Education*. 2007; 7(1) DOI: 10.1186/1472-6920-7-25.
33. Anthis K. Is It the Clicker, or Is It the Question? Untangling the Effects of Student Response System Use. *Teaching of Psychology*. 2011; 38(3): 189–193. DOI: 10.1177/0098628311411895.
34. Murphy D, Stanga KG. The effects of frequent testing in an income tax course. An experiment. *Journal of Accounting Education*. 1994; 12(1): 27–41. DOI: 10.1016/0748-5751(94)90017-5.
35. Gaynor J, Millham J. Student performance and evaluation under variant teaching and testing methods in a large college course. *Journal of Educational Psychology*. 1976; 68(3): 312–317. DOI: 10.1037/0022-0663.68.3.312.
36. Cleary AM. Using Wireless Response Systems to Replicate Behavioral Research Findings in the Classroom. *Teaching of Psychology*. 2008; 35(1): 42–44. DOI: 10.1080/00986280701826642.
37. Graeff EC, Vail M; Maldonado A, Galante S, Tataronis G. Click It: Assessment of Classroom Response Systems in Physician Assistant Education. *Journal of Allied Health*. 2011; 40(1): 1-5.
38. Pinsky LE, Irby DM. "If at First You Don't Succeed". Using Failure to Improve Teaching. *Academic Medicine*. 1997; 72(11): 973–976.