

Bonner Zentrum für Lehrerbildung (BZL)

VERGLEICH DER LERNWIRKSAMKEIT EINES LERNVIDEOS UND EINES TEXTS IN EINEM HYBRIDEN LERNARRANGEMENT

Masterarbeit im Fach Physik

vorgelegt von Kai Ivo Gerschlauer

Matrikelnummer: 2885401

betreut von Jan Heysel

Erstgutachter: Prof. Dr. Frank Bertoldi

Zweitgutachter: Christoph Simon

Bonn, den 08.03.2023

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich versichere hiermit, dass die Masterarbeit mit dem Titel „Vergleich der Lernwirksamkeit eines Lernvideos und eines Texts in einem hybriden Lernarrangement“ von mir selbst und ohne jede unerlaubte Hilfe selbständig erarbeitet wurde, dass sie noch an keiner anderen Hochschule zur Prüfung vorgelegen hat und dass sie weder ganz noch in Auszügen veröffentlicht worden ist. Die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten, Abbildungen usw. –, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall kenntlich gemacht.

Bonn, den 08.03.2023

A handwritten signature in black ink on a light-colored background. The signature reads "K. G. Sell" in a cursive script, followed by a long horizontal flourish.

INHALTSVERZEICHNIS

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	2
EINLEITUNG	5
HINTERGRUND	6
MULTIMEDIALES LERNEN	6
GESTALTUNG GUTER LERNVIDEOS	8
INTERAKTIVE GAMIFIZIERTE LERNVIDEOS.....	10
FORSCHUNGSFRAGE & -DESIGN	11
FORSCHUNGSFRAGEN	11
FORSCHUNGSDESIGN	12
EINORDNUNG IN DEN KONTEXT VORLIEGENDER STUDIEN.....	12
METHODIK.....	13
RAHMENBEDINGUNGEN	13
GESTALTUNG LERNVIDEO & TEXT	15
GESTALTUNG LERNVIDEO	16
GESTALTUNG TEXT	17
DATENERHEBUNG	18
AUSWERTUNGSINSTRUMENTE	19
AUSWERTUNG	20
GÜTEKRITERIEN	20
ALLGEMEINER LERNERFOLG	21
VORGEHENSWEISE	21
ERGEBNISSE	22
DISKUSSION	22
VERGLEICH LERNERFOLG	23
VORGEHENSWEISE	23
ERGEBNISSE: PRETEST-VERGLEICH	24
ERGEBNISSE: INTERTEST-VERGLEICH.....	25
ERGEBNISSE: POSTTEST-VERGLEICH	30
DISKUSSION	31
VERGLEICH WAHRNEHMUNG	33
VORGEHENSWEISE	33
ERGEBNISSE: SCHWIERIGKEITSGRAD	34
ERGEBNISSE: SELBSTEINSCHÄTZUNG.....	35
ERGEBNISSE: MOTIVATION	36
ERGEBNISSE: VORLIEBE	37

DISKUSSION	38
ZUSAMMENFASSUNG, AUSBLICK UND FAZIT	39
DANKSAGUNG	40
LITERATURVERZEICHNIS	41
ANHANG	44
ERKLÄRTEXT	44
HISTOGRAMME	47
PRETEST – POSTTEST (ALLGEMEIN)	47
PRETEST – INTERTEST (VIDEOGRUPPE).....	48
PRETEST – INTERTEST (TEXTGRUPPE).....	50
PRETEST (VIDEOGRUPPE) – PRETEST (TEXTGRUPPE)	51
POSTTEST (VIDEOGRUPPE) – POSTTEST (TEXTGRUPPE).....	53
KATEGORIENSYSTEM.....	55
S1	55
S2	60
S3	67
FORMELSYMBOL	72
SPIELREGELN	74
BERECHNUNG VON KAPPA.....	75
S1	75
S2	75
S3	76

EINLEITUNG

Erklär- und Lernvideos spielen für Kinder und Jugendliche sowohl in ihrem privaten als auch in ihrem schulischen Alltag eine wichtige Rolle. Die tägliche Internetnutzung habe zwar inzwischen schon wieder das Niveau vor Pandemiebeginn erreicht, doch würden immer noch mehr als drei Viertel der Jugendlichen regelmäßig YouTube nutzen und sich dort im Durchschnitt 82 Minuten Videomaterial am Tag ansehen (JIM-Studie, 2022). Neben Unterhaltungsformaten würden dabei häufig auch Erklär- und Lernvideos angeschaut, um sich beispielsweise auf eine Klausur vorzubereiten oder die Hausaufgaben zu bearbeiten (Wolf & Kulgemeyer, 2016). Zudem begünstigen Unterrichtsmethoden wie der Flipped Classroom (Finkenberg, 2018), der Distanzunterricht in der Pandemie oder der generell vermehrte Einsatz digitaler Medien die Verwendung von Erklär- und Lernvideos im Kontext Schule.

Unter einem Erklärvideo wird dabei ein selbstproduzierter Film verstanden, welcher die Intention verfolgt abstrakte Konzepte und Zusammenhänge zu erläutern oder den Zuschauenden zu zeigen, wie etwas funktioniert (Wolf & Kratzer, 2015). Da in der Literatur keine eindeutige begriffliche Unterscheidung zu finden ist, werden die beiden Bezeichnungen *Erklärvideo* und *Lernvideo* hier synonym verwendet.

Mit der fortschreitenden Etablierung von Lernvideos im Schulalltag der Kinder und Jugendlichen muss sich die Frage nach der Lernwirksamkeit dieses Mediums im Vergleich zu herkömmlichen Lehrtexten gestellt werden. Sollte sich herausstellen, dass Schülerinnen und Schüler mit Erklärvideos einen größeren Lernerfolg erzielen können, müsse die noch immer dominante Stellung des Schulbuchs in der Bildungspraxis hinterfragt werden (Dorgerloh & Wolf, 2020).

Ziel dieser Masterarbeit ist es, dieser Fragestellung auf den Grund zu gehen und die Effektivität eines Lernvideos in Bezug auf den Lernerfolg der Rezipienten mit der Lernwirksamkeit eines Textes zu vergleichen.

Um die Lernwirksamkeit von Lernvideos zu überprüfen, wurde für diese Masterarbeit im Rahmen der *EduChallenge: Modellbildung* (ECMB) eine Studie an 8 Schulen mit insgesamt 208 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Einem Teil der Schülerinnen und Schüler wurde ein eigens für die Studie produziertes Lernvideo zur Verfügung gestellt, um die Grundlagen eines ihnen bis dahin unbekanntes Themas zu erlernen. Der andere Teil musste stattdessen einen Text zu demselben Thema lesen, dessen Informationsgehalt so genau wie möglich auf den des Lernvideos abgestimmt wurde. Beide Medien wurden so gestaltet, dass ihre jeweiligen Stärken optimal von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden konnten.

HINTERGRUND

Mögliche Vor- oder Nachteile, die Lernvideos gegenüber Lehrtexten aufweisen können, sind im wissenschaftlichen Diskurs bereits breit diskutiert worden. Um einen Einstieg in das Thema zu erleichtern, wird im Folgenden das Lernen mit audiovisuellen Medien genauer erläutert, ein Kriterienkatalog zur Gestaltung guter Lernvideos vorgestellt und ein Blick auf die Idee interaktiver, gamifizierter Lernvideos geworfen.

MULTIMEDIALES LERNEN

Damit sich mit multimedialem Lernen auseinandergesetzt werden kann, muss zuerst geklärt werden, was genau unter dem Begriff *Lernen* verstanden werden soll und wie dieser Prozess funktioniert. Es gibt in der Literatur zahlreiche Erklärungsansätze in Form so genannter Informationsverarbeitungsmodelle des menschlichen Gedächtnisses, die sich auf das Lernen als Wissenserwerb fokussieren und zumindest in einigen Grundannahmen übereinstimmen (Hasselhorn & Gold, 2022). Nach diesen Modellen kognitiven Lernens verfügt das menschliche Gedächtnissystem über drei Hauptkomponenten: den sensorischen Register, einem Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis und einem Langzeitgedächtnis. Der Lernprozess wird als ein Informationsfluss zwischen diesen Komponenten verstanden (Abbildung 1).

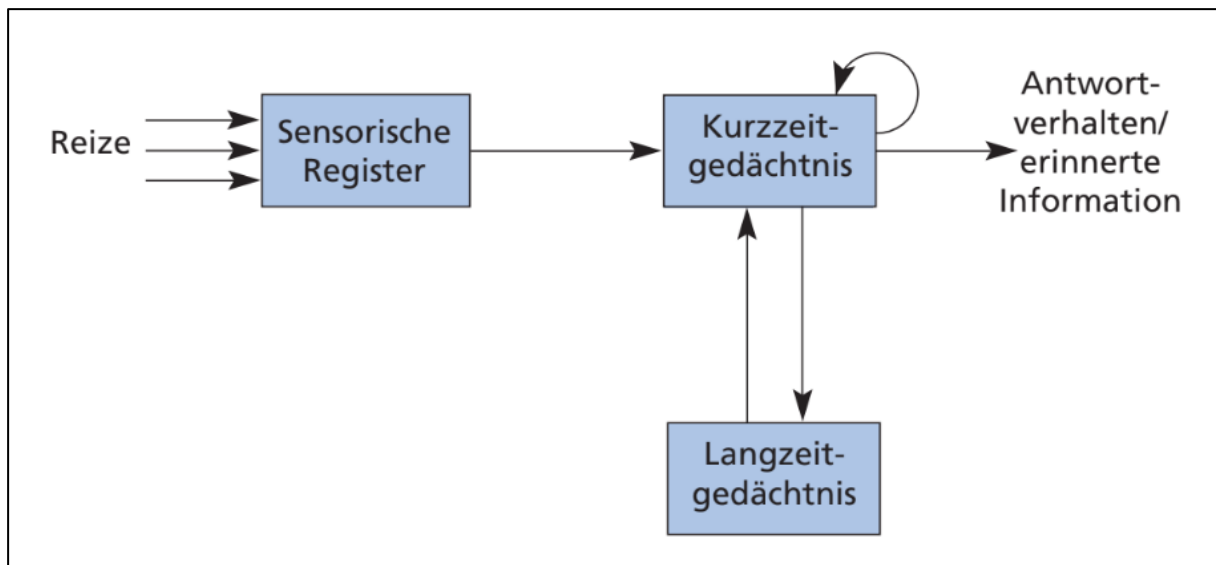


Abbildung 1 – Informationsverarbeitungsmodell des menschlichen Gedächtnisses in Anlehnung an Atkinson und Shiffrin (1968), entnommen aus Hasselhorn & Gold (2022)

Werden Umweltreize über die Sinnesorgane aufgenommen, würden diese in den jeweiligen sensorischen Registern einer Mustererkennung unterzogen. Die so identifizierten und als relevant befundenen Informationen könnten im Kurzzeitgedächtnis festgehalten und über komplexe Kontrollprozesse

mit dem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis abgeglichen, bewertet und weiterverarbeitet werden, bis sie schließlich im Langzeitgedächtnis nachhaltig gespeichert würden (Hasselhorn & Gold, 2022).

Es ist wichtig anzumerken, dass es sich in diesem Modell bei den sensorischen Registern um unterschiedliche, modalitätsspezifische Einheiten handelt, die eindeutig einer Sinnesmodalität zugeordnet werden können. So gäbe es beispielsweise getrennte sensorische Register für visuelle Informationen, die wir sehend über unsere Augen aufnehmen können, und für auditive Informationen, die wir hörend über unsere Ohren wahrnehmen können. Auf die Annahme, dass unser Gedächtnis aus zwei voneinander unabhängigen Verarbeitungs- und Speichersystemen besteht (Schmidt-Borcherding, 2020), stützt sich auch die *Theorie der dualen Kodierung* nach Paivio (1986). Demnach können Informationen besser erinnert werden, wenn sie sowohl sprachlich als auch bildlich im Gedächtnis gespeichert wurden. Wenn die gleiche Information sowohl visuell als auch verbal präsentiert wird, würden zwei Gedächtniseinträge in unterschiedlicher Kodierung angelegt, die es ermöglichen, diesen dual kodierten Inhalt schneller und einfacher wieder abzurufen (Paivio, 1986).

Lernen als Integration neuer Informationen in bereits bestehende Wissensstrukturen fände vor allem im Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis statt (Schmidt-Borcherding, 2020). Einen begrenzenden Faktor beim Lernen stellt nach Sweller (1988) aber die kognitive Verarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses dar, da nur eine bestimmte Anzahl an Aktionen gleichzeitig durchgeführt werden könne. Der Umfang der kognitiven Belastung beeinflusse also den Lernerfolg.

Multimediale Lernangebote hätten dabei gegenüber herkömmlichen Lehrtexten das Potenzial mit einem großen Vorteil punkten zu können, der in Mayers *Kognitiver Theorie Multimedialen Lernens* das *Multimedia-* bzw. das *Modalitätsprinzip* genannt wird (Mayer, 2014). Auch diese Theorie basiert auf der Annahme der dualen Kodierung, dass für sprachliche und bildliche Informationen unterschiedliche Aufnahme- und Verarbeitungssystemen bereitstehen (Abbildung 2).

Die daraus resultierenden Schlussfolgerungen beziehen sich jedoch nicht nur auf die doppelte Speicherung im Langzeitgedächtnis, sondern setzen im Lernprozess schon einen Schritt früher an. So fände auch die Verarbeitung bildlicher und sprachlicher Informationen im Arbeitsgedächtnis in voneinander unabhängigen Systemen statt, die über individuelle Kapazitätsgrenzen verfügten (Mayer, 2014). Ein Lernvideo kann nach Schmidt-Borcherding (2020) diese Eigenschaft des Arbeitsgedächtnis optimal ausnutzen, da bildliche Informationen separat von sprachlichen Informationen verarbeitet werden könnten, ohne dass der Umfang der einen Information die Verarbeitung der anderen beeinflusse. Die Kapazität des Arbeitsgedächtnis würde auf diese Weise bestmöglich ausgeschöpft. Ein geschriebener Text mit dazugehörigen Abbildungen könne diesen Vorteil nicht vorweisen, da es der oder dem Lernenden nicht möglich sei, gleichzeitig den Text zu lesen und die Abbildung zu erfassen. Sowohl der

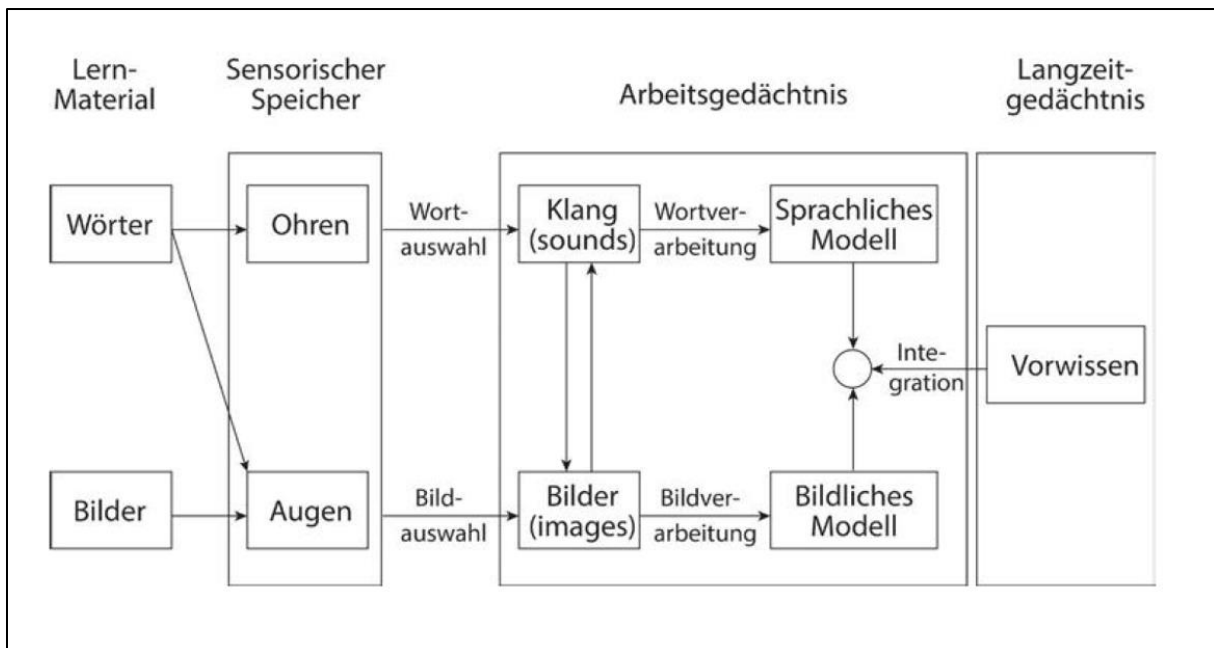


Abbildung 2 – Kognitive Theorie Multimedialen Lernens nach Mayer (2014), entnommen aus Dorgerloh & Wolf (2020)

geschriebene Text als auch die Abbildung müssten als bildliche Information verarbeitet werden (Schmidt-Borcherding, 2020).

Doch würden Lernvideos nicht nur Vorteile gegenüber geschriebenen Texten aufweisen. So soll die dynamische Darstellung in Videos – etwa bei der schrittweisen Entwicklung eines komplexen Diagramms – zwar eine gewisse Steuerung der visuellen Aufmerksamkeit der Lernenden ermöglichen, doch bestehe andererseits die Gefahr, durch zu viel Dynamik den Fokus auf die wesentlichen Inhalte des Videos zu verlieren. Diese dynamische Darstellung von Informationen in einem Lernvideo stehe der Wahrnehmung der Lernenden zudem nur für kurze Zeit zur Verfügung. Werden Informationen durch Unaufmerksamkeit verpasst oder nicht direkt verstanden, müsse das Video mithilfe von Navigationselementen pausiert oder zurückgespult werden. Bei Verständnisschwierigkeiten während des Lernens mit einem Text, könne der komplizierte Textabschnitt schlicht erneut gelesen werden. Auch die Anwendung von Lernstrategien, wie beispielsweise Kernaussagen unterstreichen, kommentieren und den Text in Sinnesabschnitte einteilen, erweise sich beim Schauen eines Lernvideos schwieriger. Zwar seien diese Werkzeuge prinzipiell auch für Videos denkbar, doch müsse beachtet werden, dass die Anwendung einer solchen Lernstrategie nicht mehr kognitive Ressourcen benötigen sollte, als sie freisetzt (Schmidt-Borcherding, 2020).

GESTALTUNG GUTER LERNVIDEOS

Gemäß diesen Überlegungen besitzen Erklärvideos gegenüber herkömmlich Texten in Schulbüchern demnach sowohl Vor- als auch Nachteile. Um das vorhandene Potential optimal ausnutzen zu können, benötigt es einer theoretisch fundierten und empirisch validierten Handreichung zur Erstellung hochqualitativer Lernvideos. Neben grundlegenden Prinzipien nach Mayers *Kognitiver Theorie*

Multimedialen Lernens (2014) wurde dafür auch ein *Kriterienkatalog für gute Erklärvideos* von Kulgemeyer (2018) entwickelt.

Zusätzlich zu dem bereits vorgestellten *Multimedia-* bzw. *Modalitätsprinzip*, zielen auch alle weiteren Konzepte Mayers darauf ab, die gleichzeitige Verarbeitung zusammengehöriger sprachlicher und bildlicher Informationen zu ermöglichen oder zu unterstützen. So sollen nach dem *Kontiguitätsprinzip* geschriebene oder gesprochene Texte idealerweise sowohl gleichzeitig als auch ohne großen räumlichen Abstand von den zugehörigen Abbildungen dargeboten werden. Sprachliche oder visuelle Hinweisreize könnten die Aufmerksamkeit der oder des Lernenden steuern und im Sinne des *Signalisierungsprinzips* die Verknüpfung von sprachlichen und bildlichen Informationen erleichtern. Informationen, die nicht maßgeblich für das Verständnis des erklärten Sachverhalts benötigt werden, sollten nach dem *Kohärenzprinzip* ausgelassen werden. Schließlich besagt Mayers *Segmentationsprinzip*, dass es sinnvoll sei Navigationselemente anzubieten, um der oder dem Lernenden zu ermöglichen, eigenständig den dynamischen Informationsfluss steuern zu können (Schmidt-Borcherding, 2020).

Kulgemeyers (2020) Kriterien zur Erstellung guter Erklärvideos verfolgen die Intention, die Lernenden zum aktiven Mitdenken anzuregen, und können eigentlich auch schlicht als Merkmale einer guten Erklärung angesehen werden. Dabei sei vor allem die Adaption an häufig auftretende Fehlvorstellungen und an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler essenziell. Diese Anforderung zeige sogleich die Grenzen von Erklärvideos auf. Das ideale Erklär- oder Lernvideo werde es nach Kulgemeyer (2020) niemals geben, da unterschiedliche Adressatengruppen unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen. Ein einzelnes Lernvideo habe nicht die Möglichkeit auf das gesamte Vorwissen aller erdenklichen Zielgruppen vollumfänglich einzugehen. Während die Lehrkraft im Unterricht auf ihre Schülerinnen und Schüler reagieren könne, stießen Lernvideos hierbei an ihre Grenzen. Sollte ein Lernvideo auch noch so innovativ gestaltet sein, könne es ausschließlich Vorwissen und Fehlvorstellungen antizipieren, nicht aber auf Unvorhergesehenes reagieren. Umso wichtiger ist Kulgemeyer (2020) zufolge der Gebrauch von Veranschaulichungswerkzeugen wie etwa Beispielen, Analogien oder der Anpassung des Mathematisierungsgrades, um die Verarbeitung neuer Informationen zu erleichtern. Auch die Relevanz des Erklärten sollte deutlich gemacht und besonders wichtige Abschnitte im Video herausgestellt werden. Der Aufbau eines Erklärvideos sollte auf das verfolgte Lernziel abgestimmt sein. Ist es das Ziel, den Lernenden Fachwissen zu vermitteln, biete es sich an, zuerst die zu erlernende Regel aufzuzeigen und diese anschließend anhand eines Beispiels zu verdeutlichen. Soll hingegen eine Routine oder ein Ablauf beigebracht werden, sei es effektiver, die Regel direkt durch ein Beispiel zu erklären. Kulgemeyer unterscheidet folglich zwischen der Regel-Beispiel- und der Beispiel-Regel-Struktur. Obwohl der oben beschriebene Gebrauch von Beispielen, Analogien und ähnlichen Veranschaulichungswerkzeugen wichtig und sehr hilfreich sein kann, müsse darauf geachtet werden nicht zu viele davon zu

verwenden, um die kognitiven Kapazitäten der Lernenden nicht übermäßig zu belasten. Aus dem gleichen Grund sollten auch Exkurse und Synonyme vermieden und auf eine kohärente Sprache inklusive kausaler Konnektoren geachtet werden. Dieses Kriterium ist vergleichbar mit Mayers *Kohärenzprinzip*. Besonders effizient seien Lernvideos, wenn sie komplexe, bisher unbekannte Konzepte und Prinzipien einführen. Um die neuen Informationen aus dem Video zu vertiefen, sollten diese in den Unterricht eingebettet und den Lernenden im Anschluss die Möglichkeit gegeben werden, diese mithilfe von Aufgaben zu vertiefen (Kulgemeyer, 2020). Diese Kriterien wurden von Kulgemeyer in einer Studie überprüft (2018) und zeigten deutliche Vorteile gegenüber Videos, die nicht anhand der Kriterien erstellt wurden.

INTERAKTIVE GAMIFIZIERTE LERNVIDEOS

Diese eben benannten Qualitätskriterien bilden eine solide Grundlage zur Gestaltung guter Lernvideos. Jedoch wird der Einsatz solcher Videos durchaus auch kritisch betrachtet, da die Lernenden dieses Medium oft sehr passiv konsumieren. Um Lernvideos effektiver zu gestalten, schlägt Weinert (2021) vor, interaktive Elemente in die Videos einzubauen. Auf diese Weise könne der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler durch die Fokussierung auf Schlüsselinhalte verbessert und durch die eigenständige Segmentierung der angebotenen Informationen eine zu hohe kognitive Belastung vermieden werden.

Interaktionen – verstanden als Wechselbeziehung zwischen den Lernenden und dem Lernmaterial – teilt Weinert dabei in vier unterschiedliche Aspekte auf. Zum einen könnten Interaktionselemente der Bereitstellung zusätzlicher Informationen dienen, indem diese zum Beispiel eingeblendet werden oder ein Link bereitgestellt wird, der auf eine weiterführende Webseite leitet. Zum anderen bäten Umfragen oder Foren die Chance, den Austausch zwischen den Lernenden zu ermöglichen. Durch Querverweise oder Lesezeichen könne zudem deren Selbstorganisation gefördert werden. Schließlich dienten Interaktionselemente wie beispielsweise ein Quiz dazu, die gelernten Informationen zu wiederholen und zu überprüfen (Weinert, 2021).

Um den größtmöglichen Nutzen aus solchen interaktiven Elementen ziehen zu können, ist es Weinert (2021) zufolge notwendig, die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass diese von den Lernenden auch sinnbringend benutzt werden. Dafür eigne sich der Einsatz sogenannter Gamifizierungs-Elemente. Die Motivation der Schülerinnen und Schüler, die angebotenen Interaktionen tatsächlich zu nutzen, lasse sich durch die Verwendung von Spielelementen in einem nicht-spielbasierten Kontext effektiv steigern (Weinert, 2021).

Durch die Kombination aus interaktivem Design und Gamifizierung lasse sich demnach die Motivation und das Engagement der Lernenden steigern und ihre kognitive Last verringern, was schließlich zu besseren Lernergebnissen führe. Solche interaktiven gamifizierten Lernvideos müssten dabei so

gestaltet sein, dass die Interaktionen den Lernprozess sinnvoll unterstützen, ohne dabei unnötig abzulenken. Lernziele könnten dabei helfen, festzulegen, an welcher Stelle ein interaktives Element eingebaut werden sollte (Weinert, 2021).

Es gibt aber auch kritische Stimmen, die die Gamifizierung von Unterricht und Schule als problematisch erachten. Sie sehen in der implementierten Spielebene nicht die Chance einer zusätzlichen extrinsischen Motivation, sondern eher die Gefahr, dadurch die intrinsische Motivation der Schülerinnen und Schüler zu ersetzen (Raczkowski & Schrape, 2017). Gamifizierung wird weniger als motivierender, denn als manipulativer Faktor angesehen. Häufig wird in Verbindung mit einer skeptischen Haltung zur Reformpädagogik ein dystopisches Bild von Schule gezeichnet, in welchem Gamification den Unterricht nicht ergänzt, sondern ablöst und den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit nimmt, sich wahrhaft zu bilden (Buck, 2017).

FORSCHUNGSFRAGE & -DESIGN

FORSCHUNGSFRAGEN

Ausgehend von diesen aus der Literatur gewonnenen Erkenntnissen wird das Potential deutlich, das Lernvideos für den Kontext Schule bieten. Möglicherweise kann durch die duale Kodierung und die gleichzeitige Verarbeitung bildlicher und sprachlicher Informationen im Arbeitsgedächtnis der Lernprozess effektiver gestaltet und eine Überlastung der kognitiven Kapazitäten verhindert werden. Qualitätskriterien für die Gestaltung guter Lernvideos zielen auf ein aktives Mitdenken von Seiten der Schülerinnen und Schüler ab. Gamification und Interaktionselemente steigern potenziell die Motivation und das Engagement der Lernenden. All diese Aspekte zielen darauf ab, den Lernerfolg der Rezipienten zu verbessern. Ob der messbare Lernerfolg der Schülerinnen und Schülern beim Schauen eines Lernvideos aber tatsächlich höher ist als beim Lesen eines Textes, soll in dieser Arbeit überprüft werden. Deswegen wird im weiteren Verlauf der Arbeit auf folgende Forschungsfragen eingegangen:

Forschungsfrage A:

Steigert die aktive Teilnahme an der EduChallenge: Modellbildung das Verständnis der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf numerische Simulationen?

Forschungsfrage B:

Unterscheidet sich der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes?

Forschungsfrage C:

Unterscheidet sich die Wahrnehmung des Schwierigkeitsgrads, des eigenen Verständnisses und der Motivation und die auf das Medium bezogene Vorliebe der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes?

Bei der Beantwortung dieser Fragen sollen verschiedene Teilaspekte genauer betrachtet werden. So wird das Verständnis und der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler an drei bzw. fünf offen gestellten Verständnisfragen gemessen, die im Kapitel

DATENERHEBUNG

noch genauer erläutert werden.

FORSCHUNGSDESIGN

Die ECMB wurde als Design-Based Research Projekt konzipiert (Heysel et al, 2022). Dieser theorieorientierte Forschungsansatz zielt auf die Lösung eines praktischen Problems ab, indem eine Interventionsmaßnahme durchgeführt, analysiert und ihr Design zyklisch überarbeitet wird. Zur Überprüfung des erreichten Effekts müssen die Voraussetzungen vor und das Ergebnis nach der Intervention durch einen Pre- und einen Posttest festgehalten werden (Wilhelm & Hopf, 2014). Diese Fragestellung wird vorwiegend unter der hier gestellten Forschungsfrage A berücksichtigt. Die beiden anderen Forschungsfragen B und C werden mithilfe eines statistischen Hypothesentest (Hedderich & Sachs, 2020) untersucht. Die zu überprüfenden Hypothesen und eingesetzten Tests werden im Kapitel AUSWERTUNG ausführlich beschreiben.

EINORDNUNG IN DEN KONTEXT VORLIEGENDER STUDIEN

Tatsächlich wurden in diesem Forschungsgebiet in den letzten Jahren schon einige Studien durchgeführt, die jedoch zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen gekommen sind. Merkt, Weigand, Heier und Schwan (2011) kamen zu dem Schluss, dass Videos mindestens vergleichbar mit textbasiertem Lernen sind, sofern die Videos interaktive Elemente beinhalten. Lee und List (2018) fanden hingegen heraus, dass ein herkömmlicher Text einem Video überlegen ist. List und Ballenger (2019) sowie Kulgemeyer, Hörnlein und Sterzing (2022) konnten wiederum keinen klaren Unterschied des Lernerfolgs in Abhängigkeit von Text oder Video feststellen.

Aufgrund dieser widersprüchlichen Studienlagen wird in dieser Arbeit eine neue Studie durchgeführt, um den Lernerfolg in Abhängigkeit der Nutzung von Lernvideos und Erklärtexten zu untersuchen. Hierbei hebt sich die Herangehensweise dieser Studie in mehreren Punkten entscheidend von dem Aufbau vorheriger Studien ab.

Als größte Unterschiede zeichnen sich die verwendeten Lernvideos und Texte ab. Während beispielsweise die Videos aus den Studien von List und Ballenger (2019) oder Kulgemeyer, Hörnlein und Sterzing (2022) zwar zum Teil im Sinne der Qualitätskriterien guter Erklärvideos produziert wurden, beinhalten sie jedoch keine interaktiven Elemente. Die Intention dieser Arbeit war es hingegen, das vorhandene Potential von Lernvideos optimal auszunutzen. Zu diesem Zweck wurde ein interaktives gamifiziertes Lernvideos mithilfe der Qualitätskriterien so gestaltet, dass seine theoretischen Stärken bestmöglich genutzt werden konnten. Mit einer Dauer von 12:22 Minuten ist dieses mehr als doppelt so lang, als das längste Video aus anderen Studien. Dies ist mit der Komplexität des behandelten Themas, der numerischen Simulation, zu erklären. Um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Medien zu garantieren, wurde sich in den vorausgegangenen Studien dazu entschieden, schlicht das Skript mit einzelnen Standbildern aus den Videos als Textmedium zu verwenden (z.B. Kulgemeyer & Hörnlein & Sterzing, 2022). Dass jedoch das bloße Skript eines Lernvideos nicht auf die Stärken des Textformats ausgelegt ist, da es zusammen mit dynamischen bildlichen Informationen konzipiert wurde, liegt auf der Hand. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung, in dieser Studie das Skript zwar auch als Grundlage für den zu untersuchenden Text zu nehmen, diesen jedoch so umzuformulieren und zusätzlich geeignete Darstellungen einzufügen, dass die Vorteile eines Textes ausgespielt werden. Es wurde darauf geachtet, den Informationsgehalt der beiden Medien so identisch wie möglich abzustimmen. Auf diese Weise musste nicht ein gutes Lernvideo mit einem höchstens mittelmäßigen Text verglichen werden, sondern es wurde Wert darauf gelegt, die zwei Medien nach ihren jeweiligen Stärken zu gestalten, um eine Vergleichbarkeit der Beiden zu gewährleisten.

METHODIK

RAHMENBEDINGUNGEN

Die Studie zur Überprüfung der Lernwirksamkeit von Lernvideos im Vergleich zu einem entsprechenden Text wurde im Rahmen der ECMB durchgeführt. Diese ist das Promotionsprojekt von Jan Heysel und befasst sich vor allem mit dem Konzept von *Nature of Science* (Heysel et al, 2022 bzw. Heysel & Bertoldi, 2020). Die Schülerinnen und Schüler sollen – nicht, wie sonst üblich, nebenbei beim Experimentieren – sondern sowohl explizit als auch praktisch angewandt lernen, wie Wissenschaft funktioniert. Dafür wurde sich am Beispiel des schiefen Wurfs explizit auf die Bildung wissenschaftlicher Modelle, die Durchführung einer numerischen Simulation und das Peer-Review-Verfahren konzentriert, um an diesen Kernpunkten wissenschaftliches Arbeiten zu verdeutlichen. Die Schülerinnen und Schüler sollten zuerst eine Wurfbewegung auf Video festhalten und sich dann mit den Konzepten des wissenschaftlichen Modells und der numerischen Simulation auseinandersetzen. Im Anschluss sollten sie ihr neu erworbenes Wissen dafür einsetzen, um in einer vorprogrammierten Python-Umgebung eigenständig eine numerische Simulation durchzuführen und diese mit der Aufnahme ihrer Wurfbewegung

zu vergleichen. Ihre Ergebnisse sollten sie dann in Form eines wissenschaftlichen Artikels festhalten, der innerhalb der Klasse ein Peer-Review-Verfahren durchlaufen musste. So mussten die Schülerinnen und Schüler sowohl die Rolle der Autorinnen und Autoren als auch die Rolle der Gutachtenden einnehmen. Die fertigen Artikel wurden dann auf einer Website¹ der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn veröffentlicht.

Diese Unterrichtseinheit wurde von den jeweiligen Lehrkräften über vier bis sechs Wochen eigenständig durchgeführt, wobei an verschiedenen Punkten im Ablauf Vertreterinnen und Vertreter der Universität vor Ort an den Schulen waren, um beispielsweise den Schülerinnen und Schülern die Herausforderung von universitärer Seite aus offiziell zu stellen, bei Problemen zu helfen oder um Umfragen oder Interviews zur Datenerhebung durchzuführen. Zur Unterstützung der Lehrkräfte und um die Vergleichbarkeit der Unterrichtseinheiten sicherzustellen, wurde den Schulen Material für ein hybrides Lernarrangement zur Verfügung gestellt, anhand dessen die Schülerinnen und Schüler zum eigenständigen Lernen angeleitet wurden. Das in Vorbereitung auf die ECMB erstellte Arbeitsheft² besteht aus Informationstexten sowie verschiedensten Vertiefungs- und Sicherungsaufgaben, die mit einer Musterlösung verglichen werden können. Außerdem beinhaltet das Arbeitsheft QR-Codes, mit denen die Schülerinnen und Schüler zu den Umfragen für die Datenerhebung oder zu der Internetseite der ECMB geleitet wurden, auf der sie neben weiteren kurzen Informationstexten vor allem die ebenfalls selbstproduzierten Lernvideos finden konnten. Auch die Python-Umgebung für die numerische Simulation wurde eigens für die ECMB programmiert und den Schulen zum Herunterladen bereitgestellt.

Die ECMB umfasst eine Vielzahl von Aspekten und es lassen sich zahlreiche Forschungsfragen zu den unterschiedlichen Themengebieten stellen. Für die vorliegende Masterarbeit wurde sich jedoch ausschließlich auf das Thema der numerischen Simulation fokussiert, wobei die oben eingeführten Forschungsfragen untersucht werden.

Insgesamt wurde die ECMB an 8 Schulen mit 208 Schülerinnen und Schülern der Einführungsphase durchgeführt. Aufgrund einer vorherigen Absprache mit den Lehrkräften und da ein Verständnis numerischer Simulationen - trotz seiner Exemplarität, Anwendbarkeit, sowie Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung (Heysel et al, 2022) – nicht im Kernlehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe in Nordrhein-Westfalen auftaucht (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2014), ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler vor der Unterrichtseinheit noch über wenig bis gar kein Vorwissen zu numerischen Simulationen verfügten.

¹ <https://didaktik.physik.uni-bonn.de/ecmb12-onlinejournal/>

² <https://uni-bonn.sciebo.de/s/c7BQzF6VK3MA3uA>

Die teilnehmenden Kurse wurden zufällig einer von zwei Gruppen ganzheitlich zugeordnet, sodass sich die Schülerinnen und Schüler eines Kurses garantiert in derselben Gruppe befanden. Da aus verschiedenen Gründen nicht von allen Teilnehmenden die Daten der für diese Studie grundlegenden Zwischenumfrage vorliegen, umfasst die Stichprobe der Studie $n_{\text{Video}} = 51$ Personen in der Videogruppe und $n_{\text{Text}} = 62$ Personen in der Textgruppe. Der Videogruppe wurde nach den ersten beiden Lernvideos und der Bearbeitung der Aufgaben zum Thema Modellbildung ein weiteres Lernvideo über den QR-Code im Arbeitsheft zur Verfügung gestellt. Dieses behandelt das Thema numerische Simulation. Im Arbeitsheft der Textgruppe befand sich anstelle des QR-Codes ein Text zum gleichen Thema. Diese beiden Medien dienten als Informationsbasis, auf deren Grundlage die für beide Gruppen identischen Aufgaben im Arbeitsheft bearbeitet werden konnten.

GESTALTUNG LERNVIDEO & TEXT

Sowohl das Lernvideo³ als auch der Erklärtext⁴ fungierten als Einführung in das Thema numerische Simulation. Zuvor hatten die Schülerinnen und Schüler schon zwei Lernvideos zu naturwissenschaftlichen Modellen geschaut und die entsprechenden Aufgaben im Arbeitsheft dazu bearbeitet. An diesem Punkt sollten die Lernenden neben den Grundlagen des schiefen Wurfs demnach verstanden haben, dass naturwissenschaftliche Modelle vorläufige und von Menschen erdachte Repräsentationen der Natur sind, um potenzielle Erklärungen für beobachtbare Phänomene zu liefern. Um ein Modell zu überprüfen, müssen die daraus abgeleiteten Prognosen mit den realen Beobachtungen und Messwerten verglichen werden. Wie genau jedoch aus einem Modell heraus eine Prognose entwickelt werden kann, wurde den Schülerinnen und Schülern noch nicht erklärt. An dieser Stelle setzen nun das Lernvideo und der Text zu numerischer Simulation ein.

Der grundsätzliche Ansatz der Erklärung ist für beide Medien identisch. Die numerische Simulation wird mithilfe einer Analogie zu einem Spiel beschrieben. Dieses Spiel besitzt festgelegte Spielregeln und wird von einem Computer rundenweise gespielt. Ziel des Spiels ist es, in jeder Runde alle Variablen, die es in dem zu überprüfenden Modell gibt, zu berechnen. Dafür wird erstens ein Modell benötigt, das Zusammenhänge zwischen mehreren Variablen beschreibt. Zweitens muss die Zeit in einzelne Runden diskretisiert werden und drittens müssen die Anfangs- und Randwerte bekannt sein. Im vierten und anspruchsvollsten Schritt wird das Spiel Runde für Runde anhand der Spielregeln durchlaufen, die aber zuerst noch mithilfe des expliziten Euler-Verfahrens (Friedrich & Pietschmann, 2020) ermittelt werden müssen. Als fünfter und letzter Schritt müssen die so gewonnenen Prognosen dargestellt und mit den realen Messwerten verglichen werden. Im Lernvideo wie im Text werden die Schülerinnen und

³ <https://didaktik.physik.uni-bonn.de/ecmb05-simulation/>

⁴ s. ANHANG

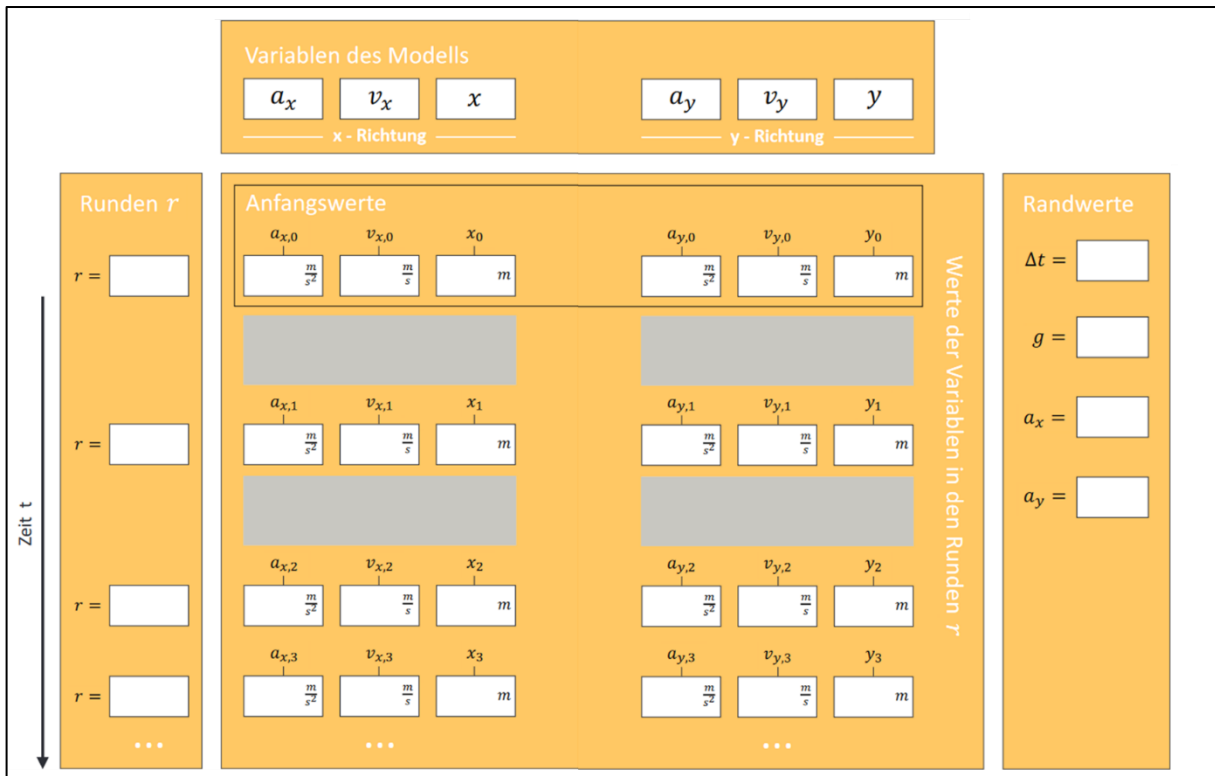


Abbildung 3 – Spielplan aus dem Arbeitsheft der ECMB

Schüler an mehreren Stellen dazu aufgefordert parallel zur Erklärung einen im Arbeitsheft abgedruckten Spielplan mit Beispielwerten zu vervollständigen (Abbildung 3).

GESTALTUNG LERNVIDEO

Das Lernvideo wurde nach den Prinzipien von Mayers *Kognitiver Theorie Multimedialen Lernens* (2014) und mithilfe von Kulgemeyers *Kriterienkatalog für gute Erklärvideos* (2018) als animiertes und interaktives gamifiziertes Lernvideo gestaltet. Bei der Zusammenführung des Skripts und der Animationen wurde im Sinne des Kontiguitätsprinzips darauf geachtet, die gesprochenen Informationen gleichzeitig mit den zugehörigen dynamischen Abbildungen darzubieten. Die Verwendung der Spiel-Analogie zur Erklärung von numerischen Simulationen und der Einsatz von Beispielwerten stimmen mit Kulgemeyers Beispiel-Regel-Struktur überein, da die Intention verfolgt wird, den schrittweisen Ablauf einer numerischen Simulation zu vermitteln. Weiterhin wurde der Mathematisierungsgrad für die einigermaßen anspruchsvolle Herleitung der Spielregeln so angepasst, dass auf das erwartbare mathematische Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zurückgegriffen werden konnte. Das Signalisierungsprinzip wird häufig sowohl visuell als auch sprachlich genutzt, um wichtige Informationen in den Vordergrund zu rücken. Der Inhalt des Videos wurde auf die wesentlichsten Gesichtspunkte reduziert, wodurch auf die Einhaltung des Kohärenzprinzips geachtet wird. Die Videos wurden auf der Videoplattform YouTube hochgeladen und über die Software H5P in eine WordPress-Umgebung eingebunden. Dies ermöglichte den Einsatz von Navigationselementen, wie etwa einer Pause-Taste, einer Zeitleiste oder einem Lautstärke- und Geschwindigkeitsregler, und die Implementierung von gamifizierten

Interaktionselementen. Als Interaktionselemente im Video zur numerischen Simulation kommen Le-sezeichen, ein Multiple-Choice-Test, Rechenaufgaben in Form von Lückentexten und Aufforderungen zur Übertragung von Werten aus dem Video in den Spielplan zum Einsatz. Der Multiple-Choice-Test und die Lückentexte sind insofern gamifiziert, dass nach Beantwortung der Aufgabe eine ergebnisabhängige Rückmeldung und die erreichte Punktzahl in Form von Sternchen eingeblendet wurden. Dieses niederschwellige Belohnungssystem soll die Schülerinnen und Schüler zusätzlich motivieren die angebotenen Interaktionsmöglichkeiten zu nutzen, da diese ausschließlich auf Freiwilligkeit basieren. Das Video wird beim Erreichen des jeweiligen Zeitstempels zwar gestoppt, eine (korrekte) Beantwortung der Fragen ist aber nicht nötig, um das Video fortzusetzen. Hierbei die Gamifizierung, wie von einigen Kritikern befürchtet, als einer Manipulation der Schülerinnen und Schüler zu bezeichnen, ist eindeutig nicht gerechtfertigt.

Die Erstellung dieses Lernvideos durchlief, wie auch die Produktion der anderen Videos, einen iterativen und arbeitsteiligen Prozess innerhalb ECMB-Arbeitsgruppe. Beginnend mit einer inhaltlichen Fokussierung wurde sich erst in den darauffolgenden Schritten mit der Gestaltung und Umsetzung der Kriterien für gute Lernvideos befasst. Mit dem finalen Skript und einem visuellen Konzept wurden anschließend separat die Audiospur aufgenommen und die benötigten Illustrationen erstellt. Beides wurde dann im Schnitt als animiertes Video zusammengesetzt. Schließlich konnten nach Fertigstellung des eigentlichen Videos die interaktiven Elemente hinzugefügt werden.

GESTALTUNG TEXT

Im Gegensatz zum über zwölfminütigen Lernvideo sollte sich der Text auf maximal drei Seiten beschränken. Dies lag zum einen an organisatorischen Gründen, die mit dem Druck des Arbeitsheftes zusammenhingen, und zum anderen sollten die Schülerinnen und Schüler der Textgruppe nicht gleich von Beginn an durch den schieren Umfang des Textes überfordert und demotiviert werden. Auf Grundlage des Videoskripts wurde der Text beispielsweise durch das Weglassen umgangssprachlicher Formulierungen oder Wiederholungen gekürzt. Einige Abschnitte wurde im Vergleich zum Video auch geringfügig neustrukturiert. Zusätzlich wurden eigens für den Text angefertigte Abbildungen hinzugefügt. Der im Blocksatz geschriebene Text mit 1,5-fachem Zeilenabstand ist zweispaltig formatiert und arbeitet mit Absätzen und Unterüberschriften für eine übersichtliche Orientierung. Wichtige Begriffe werden fett gedruckt hervorgehoben. Wichtige Symbole werden im Text und in den Rechnungen farbig so markiert, dass sie mit den entsprechenden Symbolen in den Abbildungen farblich übereinstimmen. Die Aufgaben sind aus Platzgründen gebündelter als im Video und durch eine graue Umrandung gekennzeichnet. Die Schülerinnen und Schüler wurden zu Beginn des Textes dazu aufgefordert relevante Stellen im Text zu markieren und die Aufgaben zu bearbeiten.

DATENERHEBUNG

Die Datenerhebung fand an verschiedensten Stellen im Ablauf der ECMB statt. Um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu überprüfen, wurde in der Schule noch vor Beginn der eigentlichen Unterrichtseinheit ein digitaler Pretest durchgeführt. Dieser beinhaltet offene Konzeptverständnisfragen mit Satzanfängen zu den drei Themengebieten Modellbildung, numerische Simulation und Peer-Review-Verfahren und Fragen zur allgemeinen Selbsteinschätzung. Für die vorliegende Studie sind ausschließlich die Freitextantworten zu den Fragen der numerischen Simulation relevant. Die drei Konzeptverständnisfragen lauten wie folgt:

Was ist eine numerische Simulation?

Eine numerische Simulation ist...

Wozu nutzt man numerische Simulationen?

Numerische Simulationen setzt man allgemein ein, um...

Welche Grundschritte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen?

Um eine numerische Simulation durchzuführen, macht man folgende Schritte: ...

Wichtig für diese Studie ist zudem die online Zwischenumfrage, die nach dem oben besprochenen Lernvideo oder dem Text, aber noch vor der eigentlichen Durchführung einer numerischen Simulation stattfand. Mithilfe dieses Intertests soll unter anderem die Lernwirksamkeit des Lernvideos im Vergleich zur Lernwirksamkeit des Textes bestimmt werden. Dafür ist eine Datenerhebung unmittelbare nach dem Schauen des Videos bzw. nach dem Lesen des Textes extrem wichtig. Da die beiden Medien jedoch Hand in Hand mit der Bearbeitung des Arbeitshefts gingen, wurde der Intertest erst am Ende der durch das Video oder den Text eingeleiteten Arbeitsphase durchgeführt. Neben den schon bekannten Konzeptverständnisfragen sollten die Schülerinnen und Schüler in diesem Intertest unter anderem auch ein Formelsymbol erläutern und anhand von gegebenen Anfangs- und Randwerten und festgelegten Spielregeln einen gesuchten Wert berechnen:

Beschreibe mit wenigen Worten: was bedeutet das Formelsymbol, das hier zu sehen ist $[v_{y,2}]$?

In dem Erklärvideo und den zugehörigen Aufgaben hast du Spielregeln für eine Simulation kennen gelernt. Berechne mit diesen Spielregeln und den hier angezeigten Anfangswerten $[a_{y,0} = -10 \frac{m}{s^2}, v_{y,0} = 3 \frac{m}{s}, y_0 = 1m, \Delta t = 0, 1s]$ den gesuchten Wert $[v_{y,1}]$. Du darfst dein Laborbuch dazu nutzen, wenn du möchtest.

Auch diese beiden Fragen wurden offen gestellt. Zusammen mit den drei oben genannten Konzeptverständnisfragen bilden sie ein Maß zur Bestimmung des Lernerfolgs der Schülerinnen und Schüler.

Außerdem wurde ihre individuelle Wahrnehmung mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr*) erfasst. Gefragt wurde nach ihrer persönlichen Einschätzung, wie gut das Lernvideo oder der Text verstanden wurde (*Wie gut hast du [den Erklärtext/ das Erklärvideo] verstanden?*). Auch der empfundene Schwierigkeitsgrad (*Wie schwierig fandest du [den Erklärtext/ das Erklärvideo] zu numerischen Simulationen?*), die Motivation (*Wie motiviert fühlst du dich gerade mit Bezug auf die Edu-Challenge?*) und die persönliche Vorliebe (*Wie sehr hättest du lieber mit [einem Erklärvideo/ einem Erklärtext] statt einem [Text/ Video] gearbeitet?*) waren Teil dieser Abfrage.

Der Posttest fand nach Beendigung der ECMB ebenfalls in Form einer online Umfrage statt. Diese ist in weiten Teilen mit dem Pretest identisch und hat zusätzlich noch einen kurzen Abschnitt für Feedback und Anmerkungen. Mit dem Posttest soll überprüft werden, inwiefern die gesetzten Lernziele der ECMB erreicht wurden.

Zur Validierung der offenen Fragen im Pre- und Posttest wurden nach der Beantwortung der Abschlussumfrage mit einigen Schülerinnen und Schülern zudem stichprobenartig Interviews durchgeführt. Dabei hatten die Lernenden die Möglichkeit die offenen Fragen noch einmal mündlich zu beantworten.

AUSWERTUNGSINSTRUMENTE

Die Schülerinnen und Schüler mussten bei der Beantwortung eines jeden Fragebogens und bei der Teilnahme am Interview eine individuell auf sie angepasste Kombination aus Zahlen und Buchstaben angeben. Der erste Schritt der Datenauswertung war dementsprechend zu überprüfen, welche Schülerinnen und Schüler sowohl am Pretest als auch am Inter- oder Posttest teilgenommen hatten. Anstatt des individuellen Codes wurde diesen Fragebögen dann eine anonyme Nummer zugeteilt. Für die weitere Auswertung wurden nur die Fragebögen der Teilnehmenden verwendet, die den Pre- und den Posttest und bzw. oder den Pre- und den Intertest bearbeitet hatten, um eine eindeutige Zuordnung der individuellen Entwicklung zu gewährleisten.

Um die Freitextantworten sinnvoll auswerten zu können, musste zunächst ein Kategoriensystem entwickelt werden, sodass die Antworten in inhaltliche Kategorien eingeordnet werden konnten (s. ANHANG). Diese Einteilung geschah auf Basis von festgelegten Schlüsselwörtern und dem kontextbezogenen Verständnis der Antworten. Die inhaltlichen Kategorien wurden zunächst deduktiv auf Grundlage der Musterlösung entwickelt und bei Probekodierungen induktiv ergänzt. Eine eindeutige Zuweisung zu genau einer Kategorie war nicht notwendig, sodass eine Antwort mehreren Kategorien angehören konnte. Jede Antwort wurde mindestens einer Kategorie zugeordnet. Die Kategorisierung der Daten wurde mithilfe der Software MAXQDA durchgeführt.

Ziel war es die Antworten der Schülerinnen und Schüler einem Verständnisniveau zuzuordnen zu können. Dafür wurde ein Schlüssel entworfen, der die inhaltlichen Kategorien in ihrer Wertigkeit gewichtet und

die Niveaugrenzen festlegt (s. ANHANG). Abhängig von der so erreichten Punktzahl konnten die Freitextantworten einem von vier Niveaus zugeordnet werden. Unterschieden wurde dabei zwischen einem differenzierten (N3), einem mittleren (N2), einem naiven (N1) und keinem Verständnis (N0). Antworten die diesen Niveaus nicht zugeordnet werden konnten, wurden einer Kategorie „nicht zuordbar“ zugeteilt.

AUSWERTUNG

Nach der Erhebung und Kategorisierung der Daten wurden die gemeinsam erarbeitete und oben beschriebene Berechnung der Niveaus aus den inhaltlichen Kategorien, die Darstellung der Ergebnisse in Grafiken und die gemeinsam geplante Berechnung der statistischen Maße von Jan Heysel als Teil seiner Dissertation in der Programmiersprache Python implementiert. Bei der Zuordnung der in dieser Masterarbeit verwendeten Kategorien unterstützte uns außerdem eine wissenschaftliche Hilfskraft. Für die weitere Auswertung werden diese aufbereiteten Daten verwendet.

GÜTEKRITERIEN

Um die Validität des Testverfahrens und vor allem der offenen Fragen zu gewährleisten, wurden diese so präzise wie möglich formuliert und klare Satzanfänge vorgegeben. In einem Probedurchlauf mit einer kleinen Anzahl freiwilliger Schülerinnen und Schüler wurde noch einmal überprüft, ob die einzelnen Fragen eindeutig zu interpretieren waren. Zudem wurden nach der Bearbeitung des Posttests stichprobenartig Interviews mit einigen Schülerinnen und Schülern durchgeführt, um die im Interview gegebenen Antworten mit den Freitextantworten, die sie im Posttest gegeben hatten, zu vergleichen. Die Überprüfung der Validität des Fragebogens geht über den Rahmen dieser Masterarbeit hinaus und wird später im Projekt von Jan Heysel untersucht. Aufgrund der vorausgegangenen Probeläufe kann jedoch vorläufig angenommen werden, dass das Testinstrument valide ist.

Die Reliabilität der Datenauswertung wurde vor der Kodierung der Fragebögen mit einer Interkoder-Reliabilitätsprüfung getestet. Dafür wurde von zwei unterschiedlichen Personen ein identischer Teilabschnitt der vorhandenen Daten kodiert und miteinander verglichen. Dafür wurde mit der Software MAXQDA der Wert Kappa κ nach Brennan & Prediger (1981) berechnet. Dies ist die statistisch bereinigte Übereinstimmung der beiden Kodierenden. Für das Teilkategoriensystem zur Frage *Was ist eine numerische Simulation?* ergab sich dabei ein Kappa von $\kappa = 0,93$ (s. ANHANG). Für das Teilkategoriensystem zur Frage *Wozu nutzt man eine numerische Simulation?* ergab sich ein Kappa von $\kappa = 0,91$ (s. ANHANG). Und Für das Teilkategoriensystem zur Frage *Welche Grundschritte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen?* ergab sich ein Kappa von $\kappa = 0,93$ (s. ANHANG). Es ist zu beachten, dass ein Wert von $\kappa = 0$ einer ausschließlich zufälligen Übereinstimmung und $\kappa = 1$ einer vollständigen Übereinstimmung der beiden Kodierenden entspricht (Rädiker & Kuckartz, 2018). Daher

ist in diesem Fall für alle drei Fragen von einer sehr hohen Reliabilität auszugehen. Auch die Auswertung der beiden Fragen nach der Bedeutung des Formelsymbols und der Berechnung eines neuen Wertes kann als reliabel angesehen werden, da die Antworten nach klaren Schlüsselwörtern oder exakten Zahlenwerten kategorisiert wurden. Eine fehlerhafte Zuordnung ist somit sehr unwahrscheinlich.

Durch die Anonymisierung der erhobenen Daten und die Auswertung durch mehrere Personen wurde die Interpretationsobjektivität des Testverfahrens sichergestellt. Dadurch, dass alle Mitglieder der Videogruppe das gleiche Lernvideo schauen und alle Mitglieder der Textgruppe den gleichen Text lesen mussten, wurde die Durchführungsobjektivität erhöht. Auf diese Weise sollten die nicht zu kontrollierenden Faktoren, wie etwa die Unterrichtsumgebung oder das Verhalten der Lehrkraft und der Mitschülerinnen und Mitschüler, einen kleineren Einfluss auf das Testergebnis ausüben.

ALLGEMEINER LERNERFOLG

VORGEHENSWEISE

Zur Beantwortung von Forschungsfrage A: *Steigert die aktive Teilnahme an der EduChallenge: Modellbildung das Verständnis der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf numerische Simulationen?* werden folgende Hypothesen aufgestellt:

Hypothese A.1:

Die aktive Teilnahme an der EduChallenge: Modellbildung steigert das Verständnis der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf numerische Simulationen.

Hypothese A.0:

Die aktive Teilnahme an der EduChallenge: Modellbildung steigert das Verständnis der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf numerische Simulationen nicht.

Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurde zum einen ein Vergleich zwischen den Antworten des allgemeinen Pre- und Posttests in Bezug auf die Fragen *Was ist eine numerische Simulation? (S1)*, *Wozu nutzt man eine numerische Simulation? (S2)* und *Welche Grundschrirte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen? (S3)* durchgeführt. Zusätzlich wurden der Pretest der Videogruppe und der Pretest der Textgruppe noch einmal gesondert mit den jeweiligen Intertests in Bezug auf die oben gelisteten Fragen verglichen.

Als statistisches Auswertungsinstrument wurde ein einseitiger Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt. Ein standardmäßiger t-Test für abhängige Stichproben konnte in diesem Fall nicht eingesetzt werden, da die auszuwertenden Daten in Form des ordinalskalierten Verständnisniveaus vorlagen. Um einen t-Test durchführen zu können, müssten die entsprechenden Daten metrisch skaliert sein. Der

Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test überprüft, ob sich die zentralen Tendenzen zweier abhängiger Stichproben signifikant voneinander unterscheiden (Bortz & Schuster, 2010).

ERGEBNISSE

Beim Vergleich der Antworten des allgemeinen Pre- und Posttests lässt sich in Bezug auf alle drei Fragen eine höchstsignifikante Steigerung (Irrtumswahrscheinlichkeit: $p < 0,1\%$) des Verständnisses der Schülerinnen und Schüler feststellen. Auch die Antworten in den Pre- und Intertests der Video- und der Textgruppe lassen auf solch eine höchstsignifikante Steigerung schließen. Dabei sind der Pretest der Videogruppe und der Pretest der Textgruppe Teilmengen des allgemeinen Pretests. Diese Ergebnisse sind in reduzierter Form in Tabelle 1 dargestellt. Weiterführende Histogramme zu den einzelnen Fragen und Tests können im ANHANG gefunden werden.

Frage	Test/ Gruppe	Verständnisniveau				p (Wilcoxon)
		N0	N1	N2	N3	
S1	Pre	77,54%	18,12%	4,35%	0,00%	$2,237 \cdot 10^{-18}$
	Post	18,84%	27,54%	51,45%	2,17%	
	PreVideo	73,58%	18,87%	7,55%	0,00%	$3,523 \cdot 10^{-8}$
	InterVideo	17,65%	19,61%	52,94%	9,80%	
	PreText	83,61%	14,75%	1,64%	0,00%	$3,421 \cdot 10^{-8}$
	InterText	27,42%	51,61%	17,74%	3,23%	
S2	Pre	68,31%	25,35%	5,63%	0,70%	$2,163 \cdot 10^{-13}$
	Post	23,24%	42,25%	21,83%	12,68%	
	PreVideo	71,70%	22,64%	5,66%	0,00%	$6,188 \cdot 10^{-9}$
	InterVideo	7,41%	59,26%	16,67%	16,67%	
	PreText	68,25%	23,81%	4,76%	3,17%	$7,939 \cdot 10^{-10}$
	InterText	16,92%	21,54%	30,77%	30,77%	
S3	Pre	91,49%	7,80%	0,71%	0,00%	$1,581 \cdot 10^{-14}$
	Post	23,24%	42,25%	21,83%	12,68%	
	PreVideo	43,26%	12,77%	24,11%	19,86%	$2,326 \cdot 10^{-4}$
	InterVideo	34,48%	17,24%	24,14%	24,14%	
	PreText	90,48%	9,52%	0,00%	0,00%	$1,132 \cdot 10^{-5}$
	InterText	41,46%	14,63%	17,07%	26,83%	

Tabelle 1 – Untersuchte Fragen: S1, S2, S3. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Pretest – Posttest (allgemein), Vergleich Pretest - Intertest (Videogruppe), Vergleich Pretest - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisebenen. Signifikanzniveau: p-Wert nach Wilcoxon

DISKUSSION

Es lässt sich eindeutig ein allgemeiner Lernerfolg in Bezug auf das Thema numerische Simulation im Verlauf der ECMB feststellen. Während im Pretest noch der Großteil der Antworten auf ein nicht vorhandenes Vorwissen schließen lässt, zeigt sich im Posttest eine auffallende Steigerung des Verständnisses der Schülerinnen und Schüler. Dass nur ein kleiner Anteil der Lernenden die Fragen im Posttest auf einem differenzierten Verständnisebene (N3) beantworten konnte, ist nicht weiter verwunderlich

und lässt sich mit der Komplexität des behandelten Themas begründen. Der Anteil der Antworten, die auf ein fehlendes Verständnis (N0) schließen lassen, konnte im Vergleich zum Pretest enorm reduziert werden. Die ECMB als ganzheitliche Interventionsmaßnahme führt demnach zu einem höchstsignifikanten Wissenszuwachs und einem verbesserten Verständnis von numerischen Simulationen.

Schaut man sich den Pretest, aufgeteilt in die Video- und in die Textgruppe, genauer an, stellt sich auch hier heraus, dass die anfangs getroffene Annahme, die Schülerinnen und Schüler würden wenig bis kein Vorwissen zu numerischen Simulationen mitbringen, eindeutig zutrifft. Beim Vergleich mit den jeweiligen Intertests konnte demnach in beiden Gruppen ein höchstsignifikanter Lernerfolg gemessen werden.

Da in Bezug auf alle drei Teilfragen (S1, S2, S3), mit denen das Verständnis zu numerischen Simulationen im Pre- und Posttest überprüft wurde, die Nullhypothese, dass kein Verständnisszuwachs erfolgt, jeweils höchstsignifikant zurückgewiesen werden konnte, kann auch die Nullhypothese A.0, die sich auf die Kombination dieser Teilfragen bezieht, abgelehnt und Hypothese A.1 angenommen werden. Die aktive Teilnahme an der ECMB steigert tatsächlich das Verständnis der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf numerische Simulationen.

Ob sich dieser gemessene Lernerfolg zwischen der Video- und der Textgruppe signifikant voneinander unterscheidet, kann überprüft werden, indem man die Umfragen der beiden Gruppen miteinander vergleicht.

VERGLEICH LERNERFOLG

VORGEHENSWEISE

Für die Beantwortung von Forschungsfrage B: *Unterscheidet sich der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes?* werden folgende Hypothesen aufgestellt:

Hypothese B.1:

Es gibt einen Unterschied im Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes.

Hypothese B.0:

Es gibt keinen Unterschied im Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes.

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde zum einen ein Vergleich zwischen den Pretest-Antworten der Videogruppe und den Pretest-Antworten der Textgruppe in Bezug auf die Fragen *Was ist eine numerische Simulation?* (S1), *Wozu nutzt man eine numerische Simulation?* (S2) und *Welche*

Grundschritte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen? (S3) durchgeführt. Zum anderen wurden die Intertests der Video- und Textgruppe in Bezug auf die oben gelisteten und den zwei zusätzlichen Fragen zur Erläuterung eines Formelsymbols und der Berechnung eines gesuchten Werts verglichen. Auch die Posttests der beiden Gruppen wurden in Bezug auf die Fragen S1, S2 und S3 miteinander verglichen.

Um all diese Tests miteinander vergleichen zu können, wurde der Mann-Whitney-U-Test als nicht-parametrisches Äquivalent zum t-Test für unabhängige Stichproben angewendet, da auch für diese Forschungsfrage die Daten nur ordinalskaliert vorliegen. Der Mann-Whitney-U-Test überprüft, ob sich die zentralen Tendenzen zweier unabhängiger Stichproben signifikant voneinander unterscheiden (Bortz & Schuster, 2010). Als Lage- und Streuungsmaße wurden der Median (\tilde{x}) und der Interquartilsabstand (IQD) in Einheiten von Niveaustufen verwendet (Bortz & Schuster, 2010).

ERGEBNISSE: PRETEST-VERGLEICH

Beim Vergleich zwischen den Antworten der Videogruppe im Pretest mit den Antworten der Textgruppe lässt sich weder in Bezug auf die Frage S1 ($p = 0,162$, $n_{video} = 53$, $n_{Text} = 61$), noch in Bezug auf die Frage S2 ($p = 0,642$, $n_{video} = 53$, $n_{Text} = 63$) oder in Bezug auf die Frage S3 ($p = 0,516$, $n_{video} = 53$, $n_{Text} = 63$) ein signifikanter Unterschied feststellen. Diese Ergebnisse sind in reduzierter Form in Tabelle 2 dargestellt. Weiterführende Histogramme zu den einzelnen Fragen und Tests können im ANHANG gefunden werden.

Frage	Test/ Gruppe	Verständnisniveau				p (Mann-Whitney-U)
		N0	N1	N2	N3	
S1	PreVideo	73,58%	18,87%	7,55%	0,00%	0,162
	PreText	83,61%	14,75%	1,64%	0,00%	
S2	PreVideo	71,70%	22,64%	5,66%	0,00%	0,642
	PreText	68,25%	23,81%	4,76%	3,17%	
S3	PreVideo	86,79%	11,32%	1,89%	0,00%	0,516
	PreText	90,48%	9,52%	0,00%	0,00%	

Tabelle 2 – Untersuchte Fragen: S1, S2, S3. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Pretest (Videogruppe) - Pretest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisniveaus. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

Was ist eine numerische Simulation? (S1)

Vergleicht man den Intertest der Videogruppe ($\tilde{x}_{video} = N2, IQD_{video} = 1$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\tilde{x}_{text} = N1, IQD_{text} = 1$) in Bezug auf die Frage *Was ist eine numerische Simulation?*, lässt sich ein höchstsignifikanter Unterschied feststellen ($p = 2,505 \cdot 10^{-4}, n_{video} = 51, n_{text} = 62$). Wie in Abbildung 4 zu sehen, können die Antworten der Videogruppe hauptsächlich einem mittleren und die Antworten der Textgruppe hauptsächlich einem naivem bis nicht vorhandenen Verständnisniveaus zugeordnet werden.

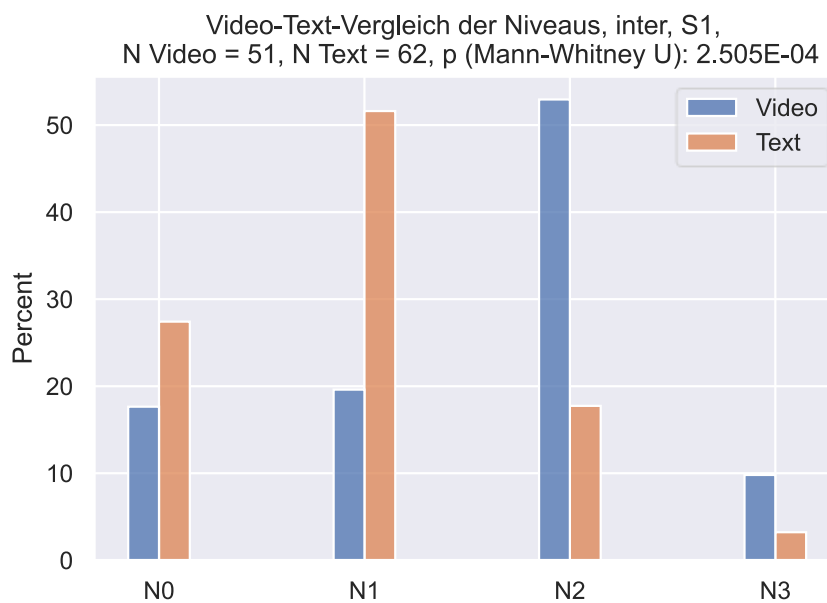


Abbildung 4 – Untersuchte Frage: S1. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisniveaus. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

Wozu nutzt man numerische Simulationen? (S2)

Wie in Abbildung 5 zu sehen, werden beim Vergleich des Intertests der Videogruppe ($\tilde{x}_{Video} = N1$, $IQD_{Video} = 1$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\tilde{x}_{Text} = N2$, $IQD_{Text} = 2$) in Bezug auf die Frage *Wozu nutzt man eine numerische Simulation?* die Antworten der Videogruppe hauptsächlich einem naiven und die Antworten der Textgruppe hauptsächlich einem mittleren bis differenzierten Verständnisniveau zugeordnet. Dieser Unterschied verfehlt jedoch knapp das Signifikanzniveau von 5%, weshalb dieser höchstens als schwach signifikant angesehen werden kann ($p = 0,053$, $n_{Video} = 54$, $n_{Text} = 65$).

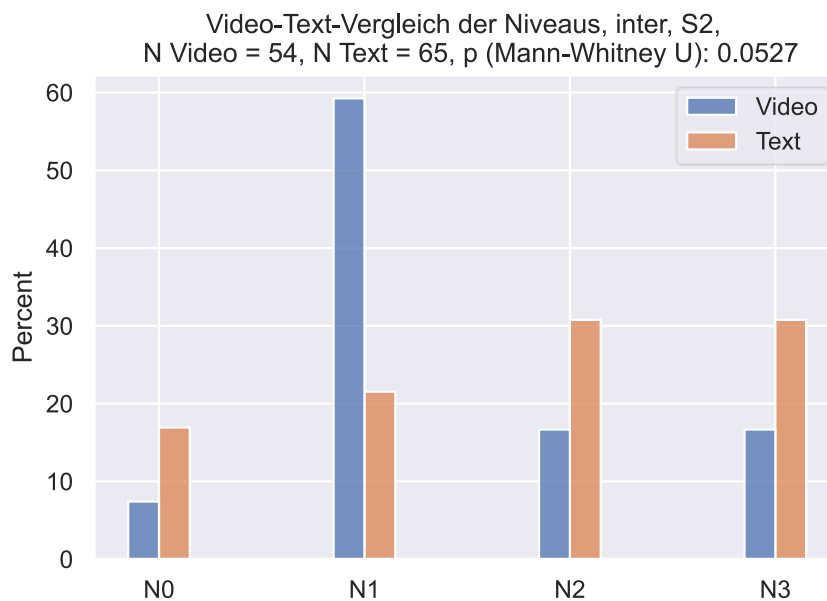


Abbildung 5 – Untersuchte Frage: S2. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisniveau. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

Welche Grundschritte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen? (S3)

Aus dem Vergleich der Intertests der Videogruppe ($\tilde{x}_{Video} = N1$, $IQD_{Video} = 2$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\tilde{x}_{Text} = N1$, $IQD_{Text} = 3$) in Bezug auf die Frage *Welche Grundschritte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen?* lässt sich schließen, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vorliegt ($p = 0,765$, $n_{Video} = 29$, $n_{Text} = 41$). Wie in Abbildung 6 zu sehen, ähneln sich die Verteilungen beider Gruppen sehr, wobei zu beachten ist, dass ein nicht unerheblicher Teil der Antworten auf ein nicht vorhandenes Verständnis von Seiten der Schülerinnen und Schüler schließen lässt.

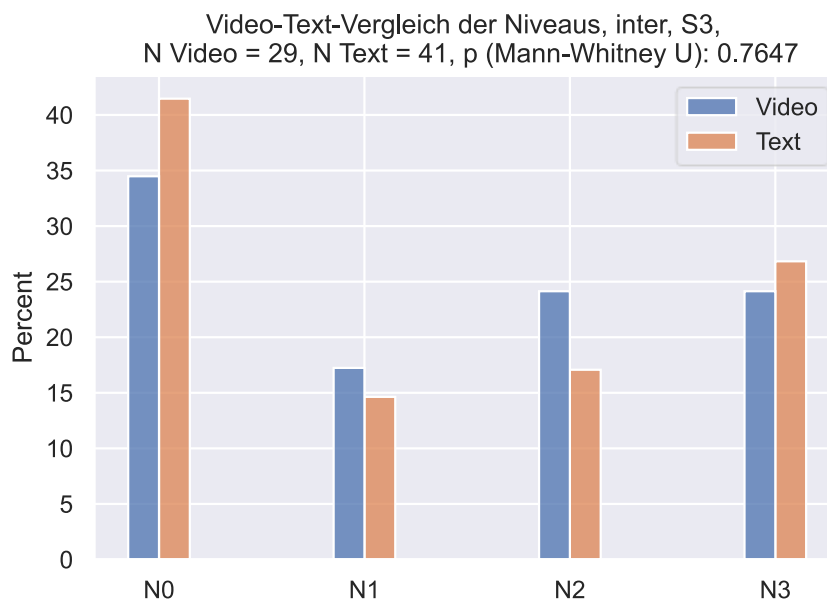


Abbildung 6 – Untersuchte Frage: S3. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisebenen. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

Formelsymbol

Beim Vergleich des Intertests der Videogruppe ($\tilde{x}_{Video} = N2, IQD_{Video} = 2$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\tilde{x}_{Text} = N2, IQD_{Text} = 2$) in Bezug auf die Frage nach der Bedeutung des Formelsymbols $v_{y,2}$ lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen ($p = 0,689, n_{Video} = 54, n_{Text} = 65$). Wie in Abbildung 7 zu sehen, erreichen über 60% der Antworten beider Gruppen ein mittleres bis differenziertes Verständnisniveau.

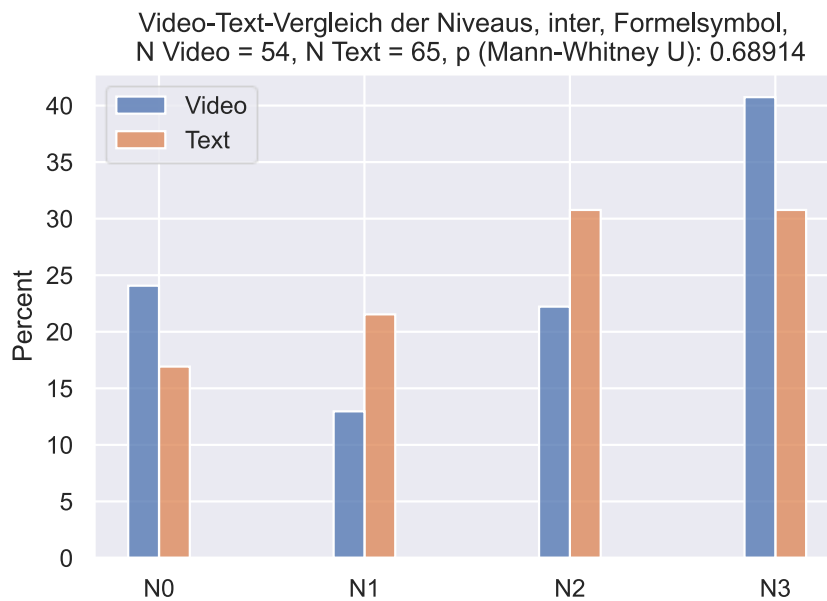


Abbildung 7 – Untersuchte Frage: Formelsymbol. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisniveau. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

Spielregeln

Beim Vergleich des Intertests der Videogruppe ($\tilde{x}_{Video} = N3$, $IQD_{Video} = 2$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\tilde{x}_{Text} = N2$, $IQD_{Text} = 3$) in Bezug auf die Frage nach der Berechnung eines neuen Werts anhand der festgelegten Spielregeln lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen ($p = 0,079$, $n_{Video} = 54$, $n_{Text} = 65$). Wie in Abbildung 8 zu sehen, lassen ein Großteil der Antworten beider Gruppen auf ein differenziertes Verständnissniveau schließen. Jedoch liegt dabei die Videogruppe mit knapp 20 Prozentpunkten vor der Textgruppe.

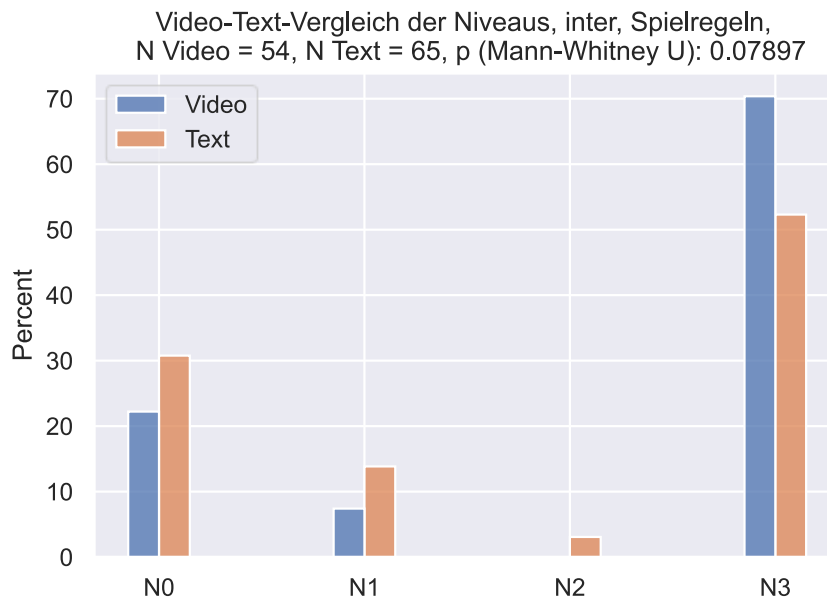


Abbildung 8 – Untersuchte Frage: Spielregeln. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnissniveaus. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

ERGEBNISSE: POSTTEST-VERGLEICH

Beim Vergleich zwischen den Antworten der Videogruppe im Posttest mit den Antworten der Textgruppe lässt sich weder in Bezug auf die Frage S1 ($p = 0,386$, $n_{Video} = 41$, $n_{Text} = 51$), noch in Bezug auf die Frage S3 ($p = 0,445$, $n_{Video} = 41$, $n_{Text} = 51$) ein signifikanter Unterschied feststellen. Solch ein signifikanter Unterschied lässt sich jedoch in Bezug auf die Frage S2 ($p = 0,018$, $n_{Video} = 41$, $n_{Text} = 52$) feststellen. Wie in Abbildung 9 zu sehen, lässt ein Großteil der Antworten der Videogruppe ($\tilde{x}_{Video} = N1$, $IQD_{Video} = 1$) auf kein oder ein naives Verständnisniveau schließen. Die Hälfte der Antworten der Textgruppe ($\tilde{x}_{Text} = \text{zwischen } N1 \text{ und } N2$, $IQD_{Text} = 0 \text{ bis } 2$) lassen sich hingegen einem mittleren bis differenzierten Verständnisniveau zuordnen. Diese Ergebnisse sind in reduzierter Form in Tabelle 3 dargestellt. Weiterführende Histogramme zu den einzelnen Fragen und Tests können im ANHANG gefunden werden.

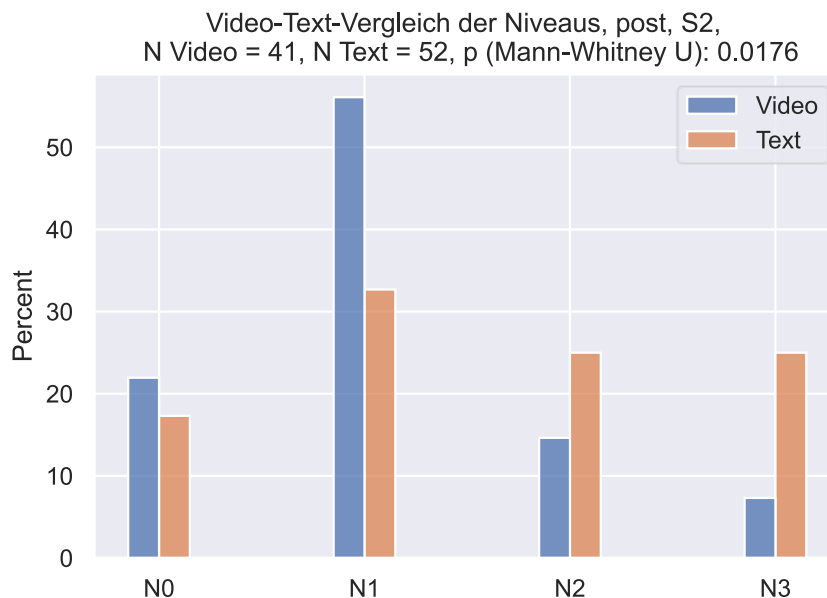


Abbildung 9 – Untersuchte Frage: S2. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Posttest (Videogruppe) - Posttest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisniveaus. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

Frage	Test/ Gruppe	Verständnisniveau				p (Mann-Whitney-U)
		N0	N1	N2	N3	
S1	PostVideo	14,63%	24,39%	58,54%	2,44%	0,386
	PostText	19,61%	31,37%	43,14%	5,88%	
S2	PostVideo	21,95%	56,10%	14,63%	7,32%	0,018
	PostText	17,31%	32,69%	25,00%	25,00%	
S3	PostVideo	39,02%	9,76%	14,63%	36,59%	0,445
	PostText	35,29%	13,73%	35,29%	15,69%	

Tabelle 3 – Untersuchte Frage: S1, S2, S3. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Posttest (Videogruppe) - Posttest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten zu Verständnisniveaus. Signifikanzniveau: p-Wert (Mann-Whitney-U)

DISKUSSION

Die Antworten in den Pretests der Video- und der Textgruppe wurden miteinander verglichen, um zu überprüfen, ob eine der beiden Gruppen schon vor der Intervention ein im Mittel höheres Verständnisniveau aufweist als die andere. Bei keiner der untersuchten Fragen konnte jedoch ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Somit ist die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen gewährleistet. Der im Kontext von Forschungsfrage A gemessene Lernerfolg kann dementsprechend in Abhängigkeit der zwei verschiedenen Medien weitergehend untersucht werden.

Vergleicht man also die Intertest der Video- und der Textgruppe, lässt sich tatsächlich schon bei der ersten Frage *Was ist eine numerische Simulation?* ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellen. Die Videogruppe liegt anteilig sowohl bei den Antworten vorne, die einem differenzierten Verständnisniveau (N3) zugeordnet werden können, und kann zusätzlich im Vergleich zur Textgruppe mit einem fast dreimal so großen Anteil an Antworten aufwarten, die auf ein mittleres Verständnis (N2) schließen lassen. Die Antworten der Textgruppe werden überwiegend einem nicht vorhandenen (N0) bis naivem Verständnisniveau (N1) zugeordnet. Würde man sich diese Frage isoliert anschauen, könnte man demnach davon ausgehen, dass die Hypothese B.1 zutreffen und das Lernvideo dem Erklärtext überlegen sein müsste. Bevor das Ergebnis dieser einzelnen Frage jedoch interpretiert werden kann, sollten zuvor noch die vier anderen Verständnisfragen untersucht werden, da sie gemeinsam ein Maß für den Lernerfolg bilden.

Ein Blick auf die Intertest-Daten zur Frage *Wozu nutzt man eine numerische Simulation?* unterstützt diese Vorgehensweise. War die Verteilung der Antworten bei der letzten Frage noch zugunsten der Videogruppe verschoben, so lässt sich bei dieser Frage ein Unterschied zum Vorteil der Textgruppe feststellen. Es ist jedoch anzumerken, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit, hierbei fälschlicherweise von einem überzufälligen Unterschied auszugehen, mit einem p-Wert von $p = 0,053$ zwar nur knapp aber nichtsdestotrotz über 5% liegt. Auffällig ist vor allem die große Häufung von Antworten der Videogruppe, die einem naiven Verständnisniveau (N1) zugeordnet wurden. Im Gegensatz dazu lässt der Großteil der Antworten der Textgruppe auf ein mittleres (N2) bis differenziertes Verständnisniveau (N3) schließen.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Antworten der Video- und der Textgruppe im Intertest ist in Bezug auf die Frage *Welche Grundschritte muss man machen, um eine numerische Simulation durchzuführen?* nicht zu finden. Auffallend ist jedoch, dass viele Schülerinnen und Schüler immer noch die Grundschritte einer numerischen Simulation nicht verstanden zu haben scheinen (N0). Eine mögliche Erklärung hierfür liegt an der großen Anzahl von nicht zuordbaren Antworten auf diese Frage, die auch für die geringe Stichprobengröße verantwortlich ist. Bei der Aufbereitung der Daten fiel auf, dass ungewöhnlich viele Antworten dem exakt gleichen Wortlaut der Musterlösung folgten. Es wurde klar,

dass bei der Konzipierung des Arbeitshefts, die Sicherungsaufgaben zur numerischen Simulation unglücklicherweise so platziert worden waren, dass sie noch vor der Zwischenumfrage von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet wurden. Teil dieser Sicherung war auch eine Checkliste für eine numerische Simulation inklusive eines Wortspeichers, der eine ungeordnete Musterlösung enthielt. Es wurde sich dazu entschieden alle Antworten, die mit dem exakten Wortlaut der Musterlösung übereinstimmten, für die Auswertung der Daten nicht weiter zu beachten, da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass diese aus dem Arbeitsheft abgeschrieben worden sind. Insgesamt mussten auf diese Weise 49 eigentlich komplett richtige Antworten aussortiert werden. Es ist denkbar, dass die Schülerinnen und Schüler, die so testfähig waren, die Sicherungsaufgabe abzuschreiben, zu einem Großteil die Frage auch ohne Musterlösung richtig beantworten hätten können. Um einen solchen Fehler in Zukunft zu vermeiden, ist es wichtig, die Umfrage zeitlich so nah wie möglich nach dem Schauen des Lernvideos oder dem Lesen des Erklärtextes einzuplanen.

Weder bei der Frage nach der Bedeutung des Formelsymbols noch bei der Berechnung eines neuen Werts anhand von festgelegten Spielregeln und Anfangs- und Randbedingungen lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Antworten aus dem Intertest der Videogruppe und den Antworten aus dem Intertest der Textgruppe feststellen.

Beim Vergleich der Posttest-Antworten lässt sich ausschließlich für die Frage *Wozu nutzt man eine numerische Simulation?* auf einen signifikanten Unterschied zugunsten der Textgruppe schließen. Während ein Großteil der Antworten der Videogruppe einem nicht vorhandenen (N0) oder einem naiven Verständnisniveau (N1) zugeordnet wurden, lassen hingegen genau die Hälfte der Antworten der Textgruppe auf ein mittleres (N2) bis differenziertes Verständnisniveau (N3) schließen.

Es ergibt sich also ein sehr uneindeutiges Resultat. Zum einen scheint die Videogruppe zumindest im Intertest in Bezug auf die Frage *Was ist eine numerische Simulation?* ein besseres Verständnis entwickelt zu haben. Zum anderen scheint die Textgruppe im Intertest in Bezug auf die Frage *Wozu nutzt man eine numerische Simulation?* möglicherweise einen besseren kurzfristigen Lernerfolg verzeichnen zu können. Langfristig – beim Vergleich der Posttests – ist dieser Unterschied im Lernerfolg jedenfalls messbar. In Bezug auf die restlichen bisher untersuchten Fragen kann über alle Tests hinweg kein Unterschied zwischen den beiden Medien festgestellt werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnis muss die Hypothese B.1 abgelehnt und die Hypothese B.0 angenommen werden. Es kann kein eindeutiger Unterschied im Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes festgestellt werden. Die *duale Kodierung* (Paivio, 1986) beim Schauen eines Videos und die gleichzeitige Verarbeitung der Informationen im Arbeitsgedächtnis (Mayer, 2014) konnten dem interaktiven gamifizierten Lernvideo trotz Beachtung des *Kriterienkatalogs für*

gute Lernvideos nach Kulgemeyer (2020) also keinen messbaren Vorteil gegenüber dem Textmedium verschaffen.

VERGLEICH WAHRNEHMUNG

VORGEHENSWEISE

Um Forschungsfrage C: *Unterscheidet sich die Wahrnehmung des Schwierigkeitsgrads, des eigenen Verständnisses und der Motivation und die auf das Medium bezogene Vorliebe der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes?* zu beantworten, werden folgende Hypothesen aufgestellt:

Hypothese C.1:

Es gibt einen Unterschied in der Wahrnehmung des Schwierigkeitsgrads der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes.

Hypothese C.2:

Es gibt einen Unterschied in der Wahrnehmung des eigenen Verständnisses der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes.

Hypothese C.3:

Es gibt einen Unterschied in der Wahrnehmung der Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes.

Hypothese C.4:

Es gibt einen Unterschied in der auf das Medium bezogenen Vorliebe der Schülerinnen und Schüler bei der Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines herkömmlichen Textes.

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde ein Vergleich zwischen den Antworten der Videogruppe zum Intertest und den Antworten der Textgruppe zum Intertest in Bezug auf die Fragen *Wie schwierig fandest du [den Erklärtext/ das Erklärvideo] zu numerischen Simulationen?*, *Wie gut hast du [den Erklärtext/ das Erklärvideo] zu numerischen Simulationen verstanden?*, *Wie motiviert fühlst du dich gerade mit Bezug auf die EduChallenge?* und *Wie sehr hättest du lieber mit einem [Erklärvideo/ Erklärtext] zu Simulationen statt mit einem [Text/ Video] gearbeitet?* durchgeführt. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 (*gar nicht*) bis 5 (*sehr*) erfasst.

Da die Messwerte der Likert-Skala als metrisch skaliert angenommen werden (Mittag & Schüller, 2020), konnte beim Vergleich der beiden Testgruppen standardmäßig ein t-Test für unabhängige

Stichproben angewendet werden (Bortz & Schuster, 2010). Zur Berechnung der Effektstärke wurde Cohens d bestimmt, das den mittleren Abstand zweier Verteilungen im Verhältnis zur durchschnittlichen Streuung misst (Cohen, 1992). Als Lage- und Streuungsmaße wurden der Mittelwert (\bar{x}) und die Standardabweichung (s) verwendet (Bortz & Schuster, 2010).

ERGEBNISSE: SCHWIERIGKEITSGRAD

Vergleicht man die Intertests der Videogruppe ($\bar{x}_{Video} = 2,52$, $s_{Video} = 1,14$) und der Textgruppe ($\bar{x}_{Text} = 2,91$, $s_{Text} = 0,95$) in Bezug auf die Frage *Wie schwierig fandest du [den Erklärtext/ das Erklärvideo] zu numerischen Simulationen?*, lässt sich ein signifikanter Unterschied mit kleiner Effektstärke zwischen den beiden Gruppen feststellen ($p = 0,024$, $n_{Video} = 66$, $n_{Text} = 79$, $d = -0,38$). Wie in Abbildung 10 zu sehen, gaben über 70% der Schülerinnen und Schüler der Textgruppe an, den Erklärtext mittel bis eher schwierig empfunden zu haben. Über 80% der Teilnehmenden der Videogruppe gaben hingegen an, das Lernvideo gar nicht bis mittel schwierig empfunden zu haben.

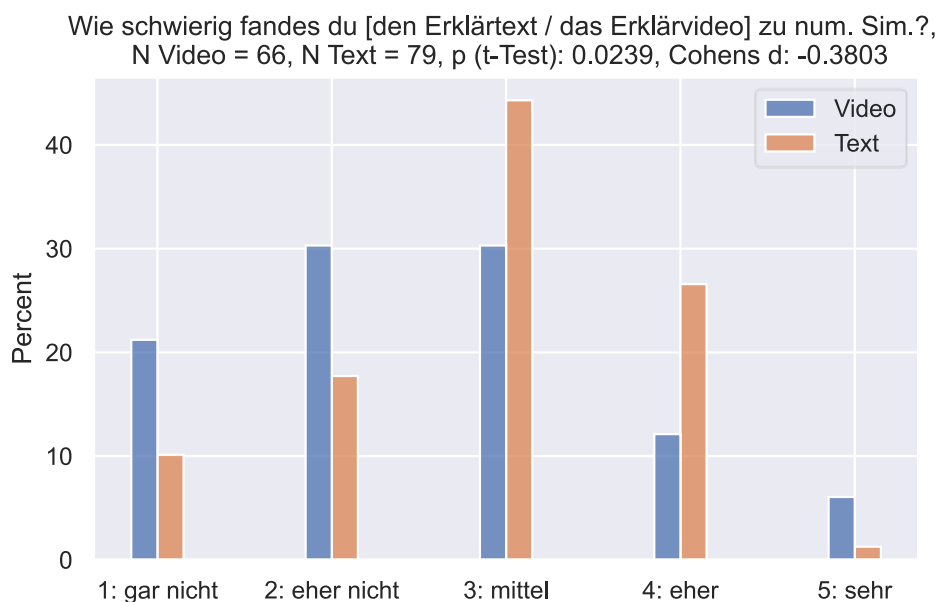


Abbildung 10 – Untersuchte Frage: Schwierigkeitsgrad. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten auf Likert-Skala. Signifikanzniveau: p-Wert (t-Test)

ERGEBNISSE: SELBSTEINSCHÄTZUNG

Beim Vergleich des Intertests der Videogruppe ($\bar{x}_{Video} = 3,58$, $s_{Video} = 0,96$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\bar{x}_{Text} = 3,39$, $s_{Text} = 1,03$) in Bezug auf die Frage *Wie gut hast du [den Erklärtext/ das Erklärvideo] zu numerischen Simulationen verstanden?* lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellen ($p = 0,273$, $d = 0,185$, $n_{Video} = 66$, $n_{Text} = 79$). Wie in Abbildung 11 zu sehen, gaben über 70% der Schülerinnen und Schüler beider Gruppen an, den Erklärtext bzw. das Erklärvideo mittel bis eher gut verstanden zu haben.

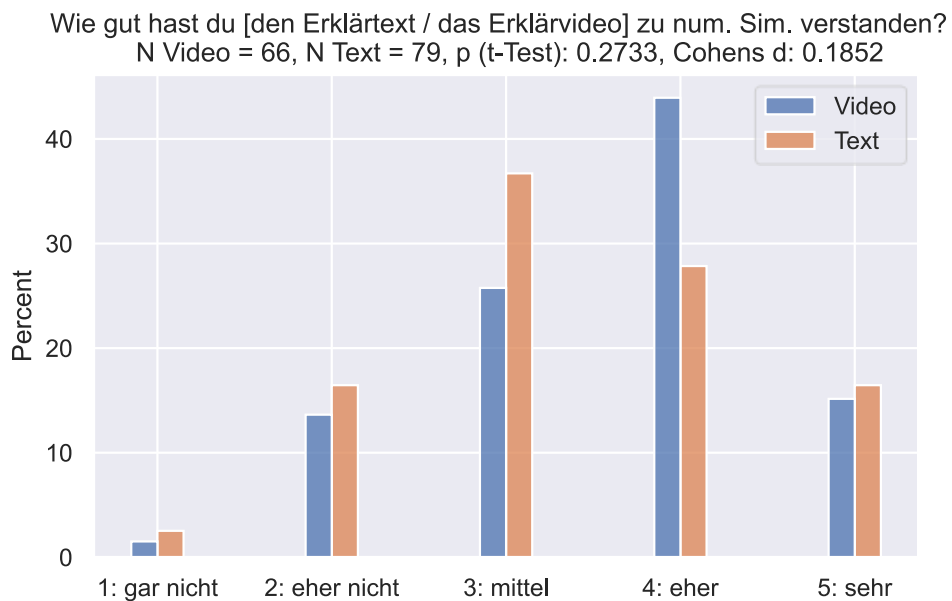


Abbildung 11 – Untersuchte Frage: Selbsteinschätzung. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten auf Likert-Skala. Signifikanzniveau: p-Wert (t-Test)

ERGEBNISSE: MOTIVATION

Aus dem Vergleich des Intertests der Videogruppe ($\bar{x}_{Video} = 3,36$, $s_{Video} = 1,13$) mit dem Intertest der Textgruppe ($\bar{x}_{Text} = 3,24$, $s_{Text} = 1,13$) in Bezug auf die Frage *Wie motiviert fühlst du dich gerade mit Bezug auf die EduChallenge?* lässt sich schließen, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vorliegt ($p = 0,516$, $d = 0,109$, $n_{Video} = 66$, $n_{Text} = 79$). Wie in Abbildung 12 zu sehen, gaben um die 80% der Schülerinnen und Schüler beider Gruppen an, mittel bis sehr motiviert zu sein.

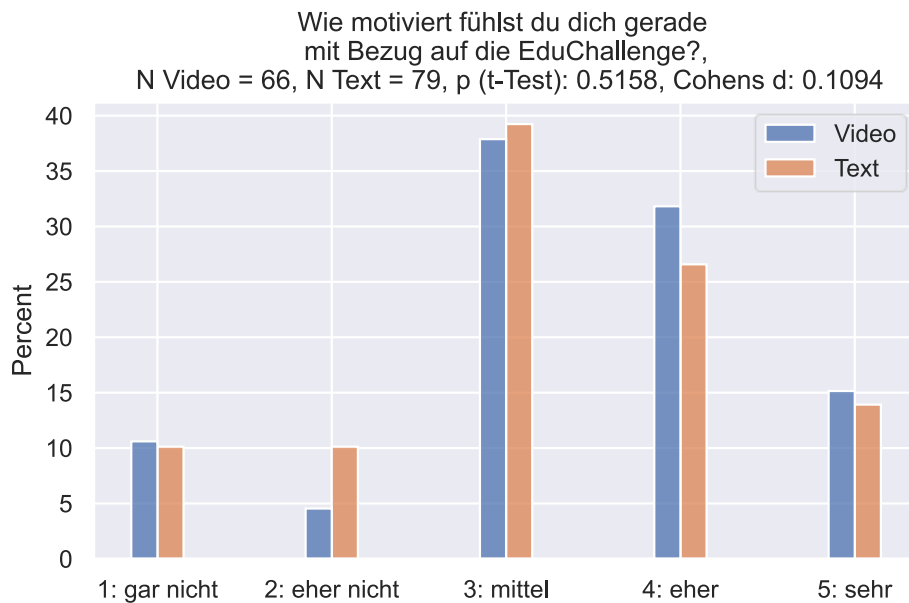


Abbildung 12 – Untersuchte Frage: Motivation. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten auf Likert-Skala. Signifikanzniveau: p-Wert (t-Test)

ERGEBNISSE: VORLIEBE

Vergleicht man die Intertests der Videogruppe ($\bar{x}_{Video} = 2,30$, $s_{Video} = 1,39$) und der Textgruppe ($\bar{x}_{Text} = 3,38$, $s_{Text} = 1,20$) in Bezug auf die Frage *Wie sehr hättest du lieber mit einem [Erklärvideo/ Erklärtext] zu Simulationen statt mit einem [Text/ Video] gearbeitet?*, lässt sich ein höchstsignifikanter Unterschied mit großer Effektstärke zwischen den beiden Gruppen feststellen ($p = 0,166 \times 10^{-5}$, $d = -0,834$, $n_{Video} = 66$, $n_{Text} = 79$). Wie in Abbildung 13 zu sehen, gaben über 60% der Schülerinnen und Schüler der Videogruppe an, lieber gar nicht bis eher nicht mit einem Erklärtext anstelle des Videos gearbeitet zu haben. Über 75% der Teilnehmenden der Textgruppe gaben hingegen an mittel bis sehr viel lieber mit einem Erklärvideo anstelle des Textes gearbeitet zu haben.

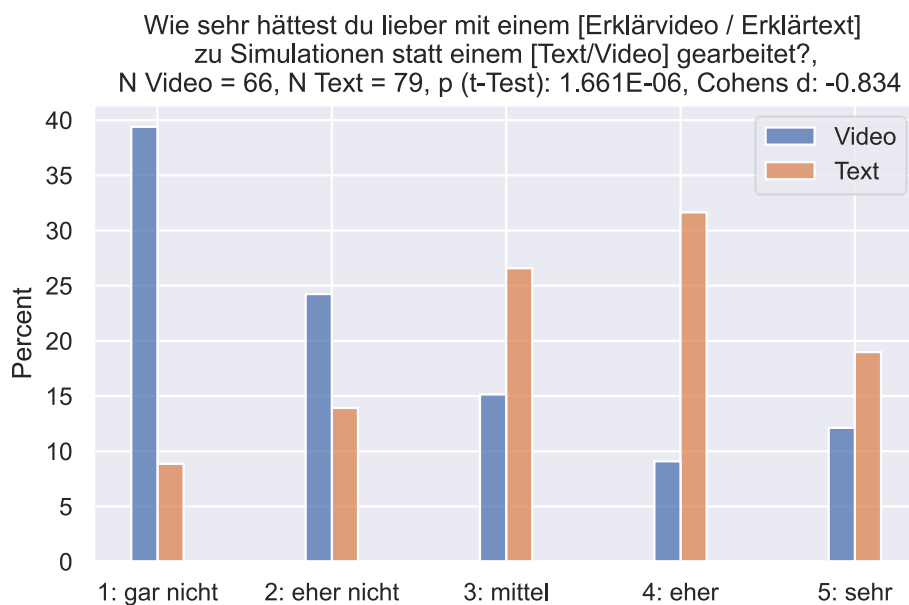


Abbildung 13 – Untersuchte Frage: Vorliebe. Untersuchte Tests/ Gruppen: Vergleich Intertest (Videogruppe) - Intertest (Textgruppe). Dargestellte Daten: relative Verteilung der Antworten auf Likert-Skala. Signifikanzniveau: p-Wert (t-Test)

DISKUSSION

Während beim Vergleich des Lernerfolgs kein eindeutiger Unterschied zugunsten eines der beiden Medien zu erkennen war, lassen die Ergebnisse zur Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler eine deutlichere Schlussfolgerung zu.

Untersucht man den von den Schülerinnen und Schülern empfundenen Schwierigkeitsgrad in Abhängigkeit des Mediums, stellt sich heraus, dass der Erklärtext signifikant als schwieriger eingeschätzt wurde als das Lernvideo. Dieser Unterschied ist jedoch nicht besonders groß, was zumal am geringen Abstand der Mittelwerte als auch an der kleinen Effektstärke liegt. Gleichwohl trägt das Ergebnis dieser Frage zum Vorteil des Lernvideos bei. Die kognitive Belastung beim Schauen eines Videos scheint demnach in Einklang mit der oben beschriebenen Literatur geringer zu sein als beim Lesen eines Textes mit vergleichbarem Informationsgehalt. Grund dafür können die *duale Kodierung* nach Paivio (1986) und die gleichzeitige Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis nach *Mayers Kognitiver Theorie Multimedialen Lernens* (2014) sein.

Die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler, wie gut sie das Video oder den Text verstanden haben, unterscheidet sich in Abhängigkeit ihres jeweils bearbeiteten Mediums nicht signifikant. Ein Großteil gibt an, den Erklärtext oder das Erklärvideo mittel (3) bis eher gut (4) verstanden zu haben. Dass diese Selbsteinschätzung weitestgehend zutreffend sein muss, spiegelt sich auch in dem im Kontext von Forschungsfrage A gemessenen Lernerfolg wider.

Dass sich die Motivation der Schülerinnen und Schüler zwischen der Video- und der Textgruppe ebenfalls nicht signifikant unterscheidet, entspricht nicht den aus der Literatur gewonnenen Erwartungen. Aufgrund der gamifizierten Interaktionselemente der Lernvideos hätte angenommen werden können, dass die Videogruppe motivierter auf den weiteren Verlauf der ECMB blickt. Dies war den Daten zufolge jedoch nicht der Fall.

Das eindeutigste signifikante Ergebnis unter allen untersuchten Fragen findet sich jedoch beim Vergleich der Intertestantworten der Video- und der Textgruppe in Bezug auf die Frage *Wie sehr hättest du lieber mit einem [Erklärvideo/ Erklärtext] zu Simulationen statt mit einem [Text/ Video] gearbeitet?*. Es lässt sich ein höchstsignifikanter Unterschied mit einer großen Effektstärke zwischen den beiden Gruppen feststellen. Die Schülerinnen und Schüler, die sich das Lernvideo geschaut hatten, waren damit überwiegend zufrieden und hätten nicht lieber (1-2) einen Text gelesen, anstatt das Video zu schauen. Der Großteil der Schülerinnen und Schüler der Textgruppe gab hingegen an, mittel (3) bis sehr viel lieber (5) mit einem Lernvideo hätten arbeiten zu wollen, anstelle des ihnen vorgesetzten Erklärtextes.

Es zeichnet sich also ein Bild ab, dass zwar die persönliche Selbsteinschätzung in Bezug auf das eigene Verständnis und die Motivation der Schülerinnen und Schüler nicht durch die unterschiedlichen Medien beeinflusst werden, jedoch im Vergleich zu einem Text der empfundene Schwierigkeitsgrad zumindest teilweise durch die Nutzung eines Lernvideos reduziert werden kann. Vor allem die Vorliebe der befragten Schülerinnen und Schüler für das Medium Video wurde durch die Studie eindeutig festgestellt. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse müssen die Hypothese C.2 und C.3 abgelehnt und die Hypothese C.1 und C.4 können angenommen werden.

ZUSAMMENFASSUNG, AUSBLICK UND FAZIT

Diese Masterarbeit reiht sich ein eine Reihe von Studien ein, die die Nutzung eines Lernvideos im Vergleich zur Nutzung eines Erklärtextes untersucht haben und zu unterschiedlichen Ergebnissen gekommen sind. Ein Lernerfolg konnte sowohl in der Video- als auch in der Textgruppe im Verlauf der ECMB über alle gestellten Fragen gemessen werden – ein einheitlich signifikanter Unterschied im Lernerfolg zwischen den Gruppen hingegen nicht. Zwar variierten die Ergebnisse der beiden Gruppen in Bezug auf einzelne Fragen signifikant voneinander, jedoch war die Verteilung der Antworten in diesen Fällen mal zugunsten der Videogruppe und mal zugunsten der Textgruppe verschoben. Dies lies keine eindeutige Interpretation der Daten zum Vorteil eines der beiden Medien zu. Zukünftige Forschung in diesem Bereich, könnte eine Variable für den gesamten Lernerfolg überprüfen, um ein solches Problem zu vermeiden. Dies dürfte sich aber als anspruchsvolle Aufgabe darstellen, da die Gewichtung der einzelnen Fragen zur Bestimmung eines gesamten Lernerfolgs gut begründet sein muss.

Ein eindeutiges Ergebnis liefert aber der Vergleich der Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit des bearbeiteten Mediums. Schülerinnen und Schüler schauen sich lieber ein Lernvideo an, als einen Erklärtext zu lesen und empfinden dabei eine geringere kognitive Last. Die Wahl des Mediums beeinflusst jedoch nicht ihre Selbsteinschätzung oder ihre Motivation. Weiterführend könnte man in diesem Bereich die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler mit ihrem tatsächlichen Lernerfolg vergleichen, Gründe für die Bevorzugung von Videos erfragen oder verschiedene Interaktions- und Gamifizierungselemente auf ihre motivationale Wirkung untersuchen.

Diese Masterarbeit leistet somit einen wertvollen Beitrag zur wissenschaftlichen Diskussion über den Einsatz verschiedenen Medien im Kontext Schule. Der Medieneinsatz in hybriden Lernarrangements spielt schon jetzt eine immer größer werdende Rolle im Unterricht und wird dies auch in Zukunft vermutlich weiterhin tun. Gerade deshalb sind die Erkenntnisse dieser Masterarbeit so wichtig, um diese Veränderung auf einer empirisch geprüften Faktengrundlage bewerten und zukünftige Lernarrangements gestalten zu können.

DANKSAGUNG

Zuallererst möchte ich mich ganz herzlich bei Jan Heysel und Prof. Dr. Frank Bertoldi für die Möglichkeit bedanken, meine Masterarbeit im Rahmen des Projekts *EduChallenge: ModellBildung* schreiben zu können.

Jan Heysel möchte auch noch einmal gesondert für die tolle Zusammenarbeit und seine großartige Unterstützung bei all meinen vielen Fragen danken. Man hätte sich wirklich keine bessere Betreuung wünschen können und ich bin sehr froh ein Teil dieses Projekts gewesen sein zu dürfen.

Außerdem möchte ich mich bei Inga Woeste für die großartige Zusammenarbeit bei der Erstellung und Gestaltung der Lernvideos und des Arbeitsmaterials für die Schülerinnen und Schülern bedanken. Ein großes Dankeschön gilt auch ihrer Schwester Annemarie Woeste für die wundervollen Illustrationen, die von ihr speziell für die Lernvideos angefertigt wurden.

Auch Greta Wieners möchte ich für die hilfreiche Unterstützung bei der Kodierung der gesammelten Daten danken.

Abschließend möchte ich mich noch einmal bei Prof. Dr. Frank Bertoldi und Christoph Simon für die wertvollen Rückmeldungen und Anmerkungen während des gesamten Prozesses bedanken.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bortz, J./ Schuster, C. (2010). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 7. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 27-32 & S. 130-134
- Brennan, R. L./ Prediger D. J. (1981). Coefficient appa: Some uses, misuses and alternatives. In: Educational and psychological measurement 41, S. 687-699
- Buck, M. F. (2017). Gamification von Unterricht als Destruktion von Schule und Lehrberuf. In: Vierteljahrschrift für wissenschaftliche Pädagogik, 93 (2), S. 268-282. <https://doi.org/10.30965/25890581-093-02-90000005>
- Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. In: Current Directions in Psychological Science, 1(3), S. 98-101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>
- Dorgerloh, S/ Wolf, K. D. (Hrsg.) (2020). Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. Beltz, S. 62-80
- Finkenberg, F. (2018). Flipped Classroom im Physikunterricht. In: Niedderer, H./ Fischler, H./ Sumfleth, E. (Hrsg.) (2018). Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 260, Logos-Verlag, Berlin
- Friedrich, H./ Pietschmann, F. (2020). Numerische Methoden. Ein Lehr- und Übungsbuch. 2. Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston, S. 317-321
- Hasselhorn, M./ Gold, A. (2022). Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren. 5. Auflage, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart
- Hedderich, J./ Sachs, L. (2020). Hypothesentest. In: Angewandte Statistik. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, S. 454-814. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62294-0_7
- Heysel, J. et al (2022). EduChallenge: Perspektiven auf Naturwissenschaften. Entwicklung eines innovativen Unterrichtskonzepts zum Bereich Nature of Science. In: Didaktik der Physik. Frühjahrstagung – virtuell 2022
- Heysel, J./ Bertoldi, F. (2020). Expliziter Unterricht zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Perspektiven auf Naturwissenschaften als Brücke zur Schulpraxis. In: Habig, S. (Hrsg) (2021). Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), 41, S.681-684
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: Nichols, K./ Nielsen W. (Hrsg.) (2020). Research in Science Education 50. Springer Nature B.V., S. 2441-2462

Kulgemeyer, C. (2020). Didaktische Kriterien für gute Erklärvideos. In: Dorgerloh, S/ Wolf, K. D. (Hrsg.) (2020). Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. Beltz, S. 70-75

Kulgemeyer, C./ Hörnlein, M./ Sterzing, F. (2022). Exploring the effect of physics explainer videos and written explanations on declarative knowledge and the illusion of understanding. <https://doi.org/10.31234/osf.io/3cukx>

Lee, H.Y./ List, A. (2018). Processing of texts and videos: A strategy-focused analysis. In: Journal of Computer Assisted Learning 35, S. 268-282. <https://doi.org/10.1111/jcal.12328>

List, A./ Ballenger, E. E. (2019). Comprehension across mediums: the case of text and video. In: Journal of Computing in Higher Education 31, S. 514–535. <https://doi.org/10.1007/s12528-018-09204-9>

Mayer, R.E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: Mayer, R. E. (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. 2. Auflage, Cambridge University Press

Merkt, M./ Weigand, S./ Heier, A./ Schwan, S. (2011). Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features. In: Mason, L. (Hrsg.) (2011). Learning and Instruction 12, S. 687-704. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.03.004>

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik. Düsseldorf

Mittag, H./ Schüller, K. (2020). Statistik, 6. Auflage, Springer Spektrum Berlin, Heidelberg, S. 27. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61912-4>

Paivio, A. (1986). Mental Representations: A Dual Coding Approach. Oxford University Press, New York

Raczkowski, F./ Schrape, N. (2017). Gamification. In: Beil, B./ Hensel, T./ Rauscher, A. (Hrsg.) Game Studies. Film, Fernsehen, Neue Medien. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13498-3_17

Rädiker, S./ Kuckartz U. (2018). Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video. Springer VS, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22095-2>

Schmidt-Borcherding, F. (2020). Zur Lernpsychologie von Erklärvideos: Theoretische Grundlagen. In: Dorgerloh, S/ Wolf, K. D. (Hrsg.) (2020). Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. Beltz, S. 63-70

Sweller, J. (1988), Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. In: Cognitive Science. 12, S. 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Weinert, T./ Benner, D./ Dickhaut E. et al (2021). Unterstützung digitaler Bildungsprozesse durch interaktive gamifizierte Lernvideos – Wie innovative Lernvideos Motivation und Lernerfolg steigern können. In: Knoll, M et al (Hrsg.) (2021). HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 58, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 1483-1503

Wilhelm, T./ Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: Krüger, D./ Parchmann, I./ Schecker, H. (Hrsg.) (2014). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, S. 31-42. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_3

Wolf, K. D./ Kratzer V. (2015). Erklärstrukturen in selbsterstellten Erklärvideos von Kindern. In: Hugger, KU et al (Hrsg.) (2015). Jahrbuch Medienpädagogik 12. Jahrbuch Medienpädagogik. Springer VS, Wiesbaden

ANHANG

ERKLÄRTEXT

Numerische Simulationen

Lest euch den folgenden Text durch, markiert relevante Stellen und bearbeitet die Aufgaben.

Was ist eine numerische Simulation?

Um ein Modell zu überprüfen, leiten wir daraus Prognosen ab, die wir mit Beobachtungen aus der Natur vergleichen können. Doch wie genau können wir Prognosen aus unserem Modell entwickeln?

Eine Möglichkeit ist es, analytisch vorzugehen. Das bedeutet: wir können durch logisches Schließen und äquivalente Umformungen mit Stift und Papier Eigenschaften einer Gleichung bestimmen.

Es gibt aber Fälle, in denen kann man Gleichungen nicht so einfach mit Stift und Papier lösen - nicht, weil das etwa zu kompliziert ist, sondern weil das allgemein nicht geht. In solchen Fällen müssen wir numerisch vorgehen und eine Simulation entwickeln.

Um zu verstehen, wie genau eine numerische Simulation funktioniert, können wir uns diese als ein Spiel vorstellen. Dieses besitzt festgelegte Spielregeln und wird über mehrere Runden gespielt – und zwar nicht etwa von Menschen, sondern von einem Computer. Ziel des Spiels ist es, in jeder Runde alle Variablen, die es in unserem Modell gibt, zu berechnen. Um eine solche Simulation durchzuführen, müssen verschiedene Schritte befolgt werden.

Schritt 1: Modell mit Zusammenhängen

Zunächst braucht man ein Modell, das Zusammenhänge zwischen mehreren Variablen beschreibt.

Unser zweidimensionales Modell zur Wurfbewegung beschreibt folgende Variablen: Beschleunigung a , Geschwindigkeit v und Ort $(x|y)$ des Balls. Weil diese Größen alle eine x - und eine y -Komponente besitzen, erhalten wir die Variablen a_x, a_y, v_x, v_y, x und y . Ziel des Spiels ist es also diese Variablen für den gesamten

Simulationszeitraum herauszufinden, um eine vollständige Wurfbewegung beschreiben zu können.

Außerdem beinhaltet unser Modell Zusammenhänge zwischen den Variablen: die Beschleunigung ist die Änderung der Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit ist die Änderung des Ortes.

Schritt 2: Zeit in Runden

Wie viele andere Spiele wird auch unsere Simulation in Runden gespielt. Begonnen wird mit der Runde zum Zeitpunkt $t = 0$. Die Dauer einer Runde nennen wir Δt [„Delta t“] und ist meistens viel kleiner als eine Sekunde. Solange wir in unserem Spiel sind, denken wir nur noch in Runden. Erst am Ende bei der Auswertung rechnen wir diese dann wieder in „echte“ Zeit zurück: Wenn eine Runde zum Beispiel eine zehntel Sekunde dauert, ist die Zeit nach der 12ten Runde $12 \cdot 0,1s = 1,2s$.

Schritt 3: Anfangs- und Randwerte

Um spielen zu können, müssen wir die Anfangswerte aller Größen kennen. Das sind die Werte der Modellvariablen zu Beginn des Spiels.

Lasst uns nun einmal das Spiel für Übungszwecke mit den Anfangswerten $x_0 = 1m$ und $y_0 = 1,5m$ für den Ort und den Anfangsgeschwindigkeiten $v_{x,0} = 2 \frac{m}{s}$ und $v_{y,0} = 3 \frac{m}{s}$ beginnen.

Neben den Anfangswerten gibt es in unserem Spiel auch Werte, die das ganze Spiel über gleich bleiben. Das ist bei uns in negative y -Richtung die Erdbeschleunigung g . In x -Richtung gibt es keine Beschleunigung, die bleibt also konstant null. Die Runden-dauer $\Delta t = 0,1s$ lassen wir auch immer gleich. Diese Werte werden Randwerte genannt.

Aufgabe Übertrage die Anfangs- und Randwerte in deinen Spielplan.

Schritt 4: Spieldurchlauf mit festen Regeln

Der Kern des ganzen Spiels sind dessen Spielregeln. Die Spielregeln legen fest, wie wir aus den Werten, die wir schon kennen, die Werte berechnen können, die wir noch nicht kennen - aber wissen wollen.

Anhand der Regeln soll der Computer in unserem Beispiel also Runde für Runde die gesuchten Größen für die Geschwindigkeit und den Ort des Balls neu berechnen.

Um auf diese mathematischen Spielregeln zu kommen, schauen wir uns einmal an, wie sich die y-Komponente des Ortes, also die Höhe des Balls, mit der Zeit ändert (Abb. 1).

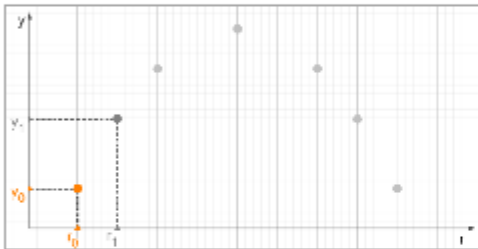


Abbildung 1

Weil wir unser Spiel in Runden spielen, haben wir keine kontinuierliche Linie, sondern eine Reihe von Punkten, die den y-Werten zu den einzelnen Spielrunden entsprechen.

Bisher kennen wir nur den Anfangswert y_0 . Die anderen Werte kennen wir noch nicht. Gesucht ist zunächst der zweite Wert y_1 . Die Idee ist: der Wert y_1 ist der Wert y_0 plus das blaue Stückchen Δy dazwischen (Abb. 2).

$$y_1 = y_0 + \Delta y$$

Um y_1 zu berechnen, müssen wir uns also überlegen, wie groß Δy ist.

Unsere zwei Punkte liegen eigentlich auf einer Kurve. Diese Kurve hat an jedem Punkt eine andere Steigung. Da jedoch zwischen den beiden Punkten y_0 und y_1 nur die Dauer einer Spielrunde vergeht und diese mit $\Delta t = 0,1s$ sehr kurz ist, können wir das Stückchen Kurve zwischen den Punkten ungefähr durch eine gerade Linie annähern (Abb. 3).

Zwei Gedanken sind jetzt wichtig. Zum einen gilt für die Steigung einer solchen Geraden:

$$\frac{\Delta y}{\Delta t}$$

Zum anderen entspricht die Steigung einer Kurve der Änderung der betrachteten Größe. Die Größe, die wir uns hier anschauen ist die y-Komponente des Ortes. Die Änderung des Ortes ist die Geschwindigkeit. Die Änderung der y-Komponente des Ortes in Runde r_0

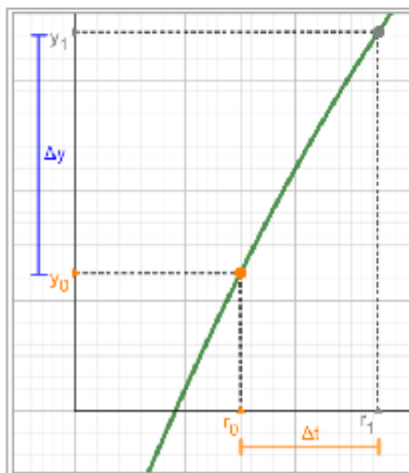


Abbildung 2

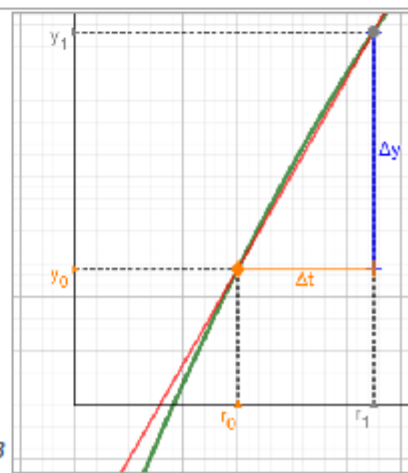


Abbildung 3

ist also die y-Komponente der Geschwindigkeit in Runde r_0 . Das ist unser Anfangswert $v_{y,0}$.

Fasst man diese beiden Punkte zusammen gilt also für die Steigung der Geraden in der ersten Runde:

$$v_{y,0} = \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

Das können wir umstellen:

$$v_{y,0} = \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Leftrightarrow \Delta y = v_{y,0} \cdot \Delta t$$

Und schon haben wir unser gesuchtes blaues Stückchen Δy . Das müssen wir jetzt nur noch in die Formel vom Anfang einsetzen:

$$y_1 = y_0 + \Delta y$$

$$= y_0 + v_{y,0} \cdot \Delta t$$

Diese Formel ist extrem hilfreich, denn für die x-Richtung gilt sie genauso – wir müssen nur das „y“ durch ein „x“ ersetzen.

$$x_1 = x_0 + v_{x,0} \cdot \Delta t$$

Und auch die neuen Geschwindigkeiten können wir auf diese Weise berechnen. Hierbei ist wichtig sich daran zu erinnern, dass die Beschleunigung die Änderung der Geschwindigkeit ist. So erhalten wir:

$$v_{x,1} = v_{x,0} + a_{x,0} \cdot \Delta t$$

$$v_{y,1} = v_{y,0} + a_{y,0} \cdot \Delta t$$

Wir haben nun die Formeln, um die Werte für die Geschwindigkeit und den Ort in der ersten Spielrunde zu berechnen. Da sich die Beschleunigung nie ändert, gilt hierfür:

$$a_{x,1} = a_{x,0}$$

$$a_{y,1} = a_{y,0}$$

Jetzt können wir aus den Werten der ersten Spielrunde – also aus den bekannten Anfangswerten – alle Werte der zweiten Spielrunde berechnen. Diese Formeln können auch graphisch dargestellt werden (Abb. 4).

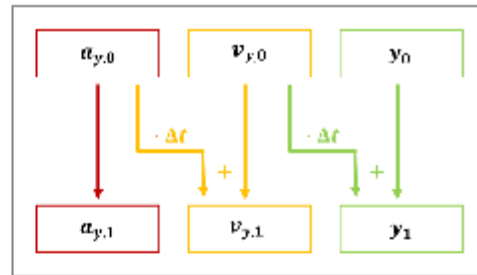


Abbildung 4

Genauso, wie wir die Werte für die zweite Runde, aus denen der ersten Runde berechnet haben, kann man alle weiteren Spielrunden aus der jeweiligen vorherigen Runde berechnen. Am Ende erhalten wir dann den Verlauf der gesuchten Variablen in Form einer Tabelle.

Aufgabe Trage zunächst die Pfeile aus Abb. 4 in die vier grauen Boxen auf deinem Spielplan ein. Berechne dann die Werte aller Variablen für die nächsten zwei Runden.

Schritt 5: Darstellung und Auswertung

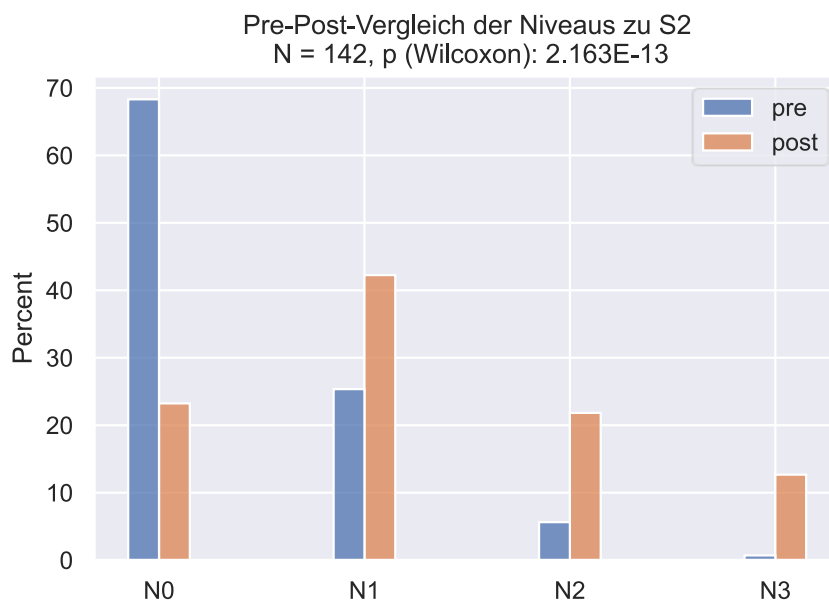
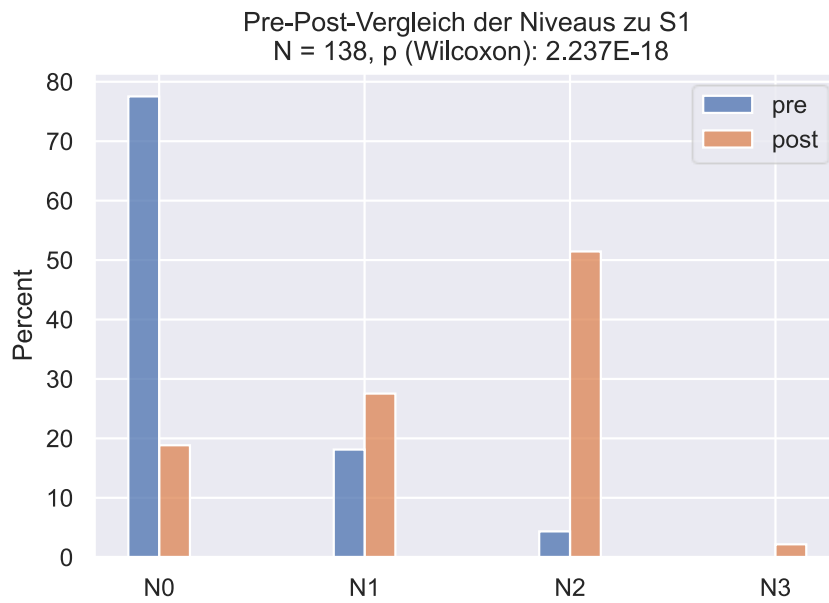
Mit solchen langen Tabellen können wir jedoch meist nicht besonders viel anfangen. Da es viele verschiedene Darstellungsarten der Ergebnisse einer Simulation gibt, bereitet man die Ergebnisse von Simulationen häufig anschaulicher auf. Beispielsweise könnten wir nun die x-y-Position unseres Balls zu jedem Zeitpunkt in einem Koordinatensystem darstellen.

Letztlich können wir die Ergebnisse der Simulation noch auswerten. Dazu kommen wir zu unserer Frage vom Anfang zurück: Wie gut beschreiben die aus den Annahmen des Modells heraus simulierte Werte die tatsächliche Flugbahn unseres Balls?

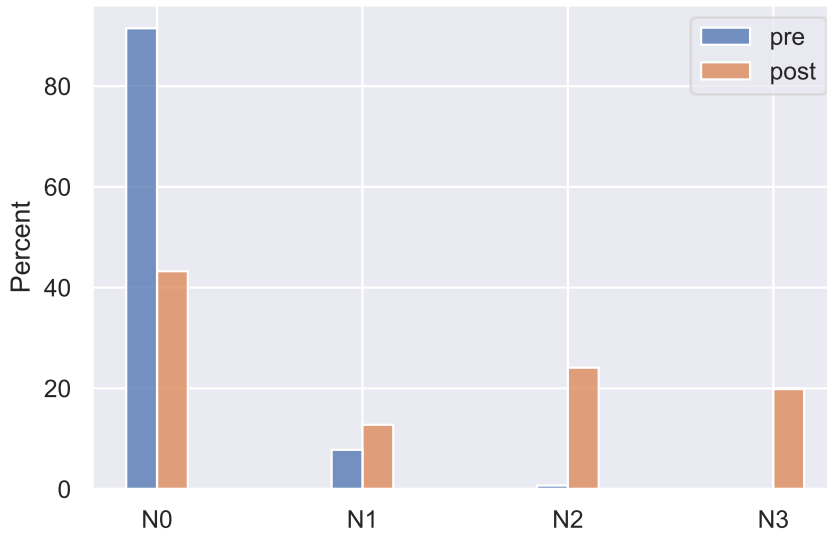
Das können wir kontrollieren, indem wir das Video unserer Wurfbewegung in einzelne Bilder zerlegen, die Position des Balls in jedem Bild markieren und diese Punkte mit den Vorhersagen der Simulation vergleichen.

HISTOGRAMME

PRETEST – POSTTEST (ALLGEMEIN)

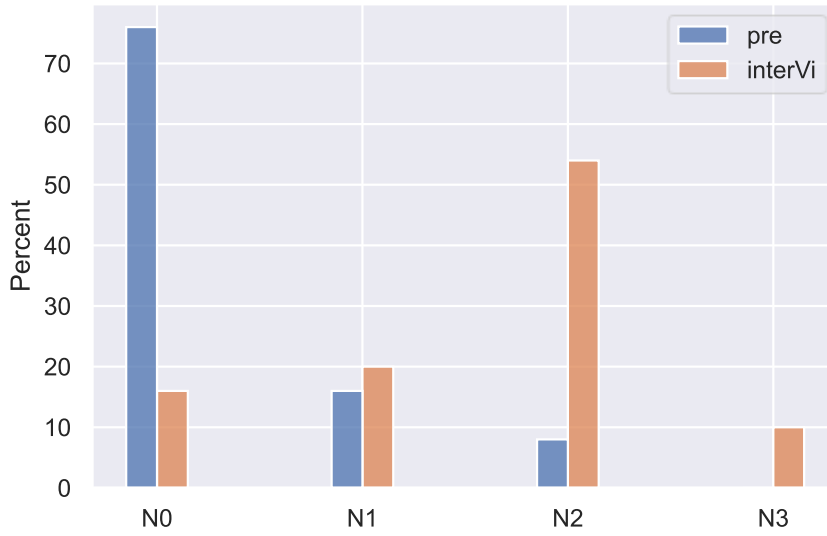


Pre-Post-Vergleich der Niveaus zu S3
N = 141, p (Wilcoxon): 1.581E-14

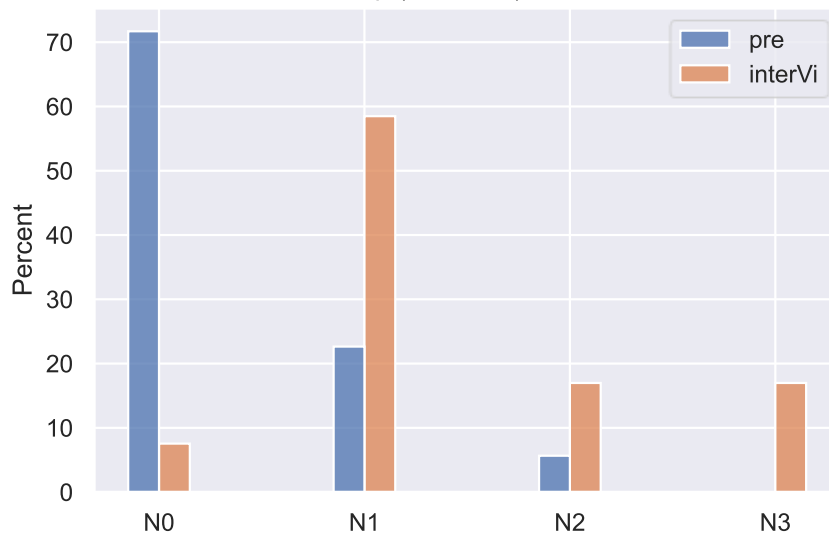


PRETEST – INTERTEST (VIDEOGRUPPE)

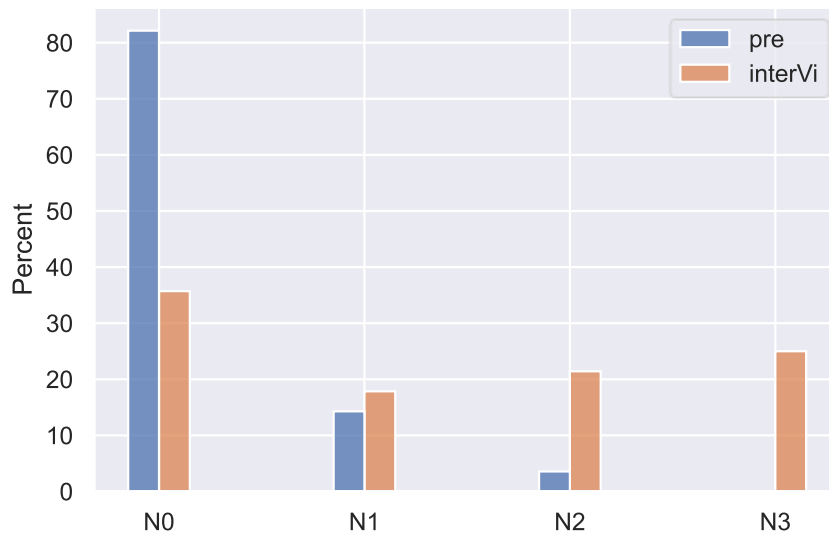
Pre-Inter-Vergleich der Niveaus (Videogruppe) zu S1
N = 50, p (Wilcoxon): 3.523E-08



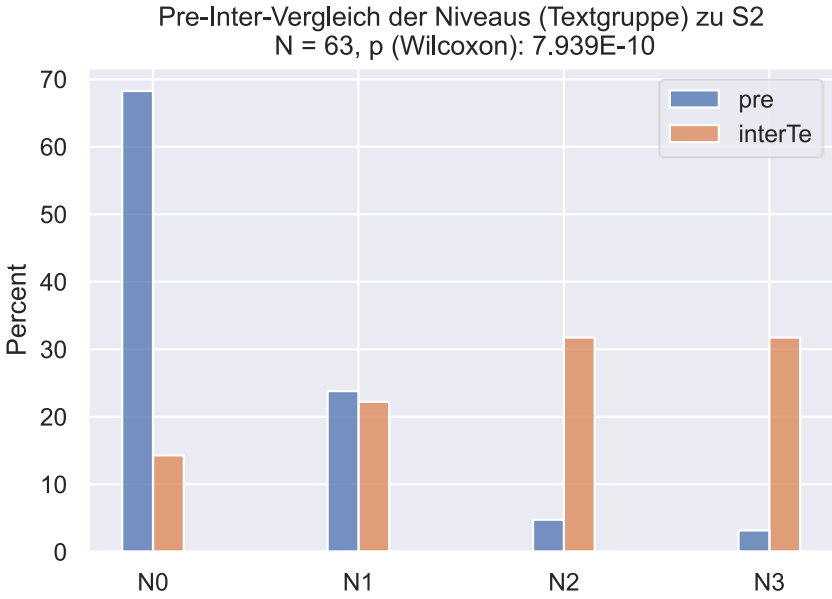
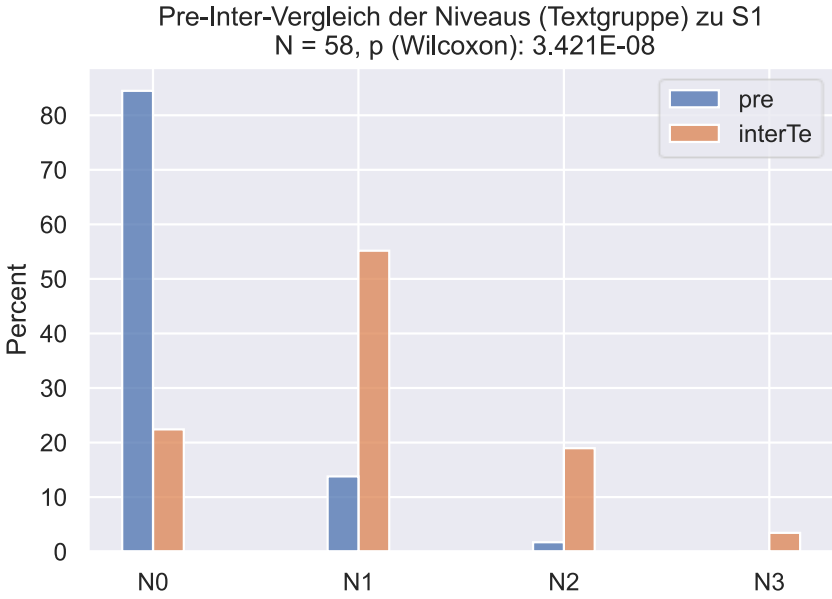
Pre-Inter-Vergleich der Niveaus (Videogruppe) zu S2
N = 53, p (Wilcoxon): 6.188E-09



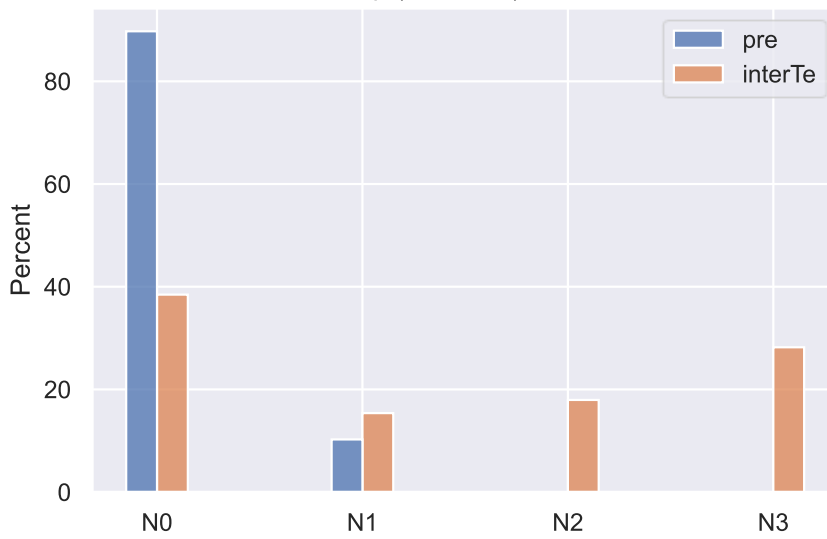
Pre-Inter-Vergleich der Niveaus (Videogruppe) zu S3
N = 28, p (Wilcoxon): 2.326E-04



PRETEST – INTERTEST (TEXTGRUPPE)

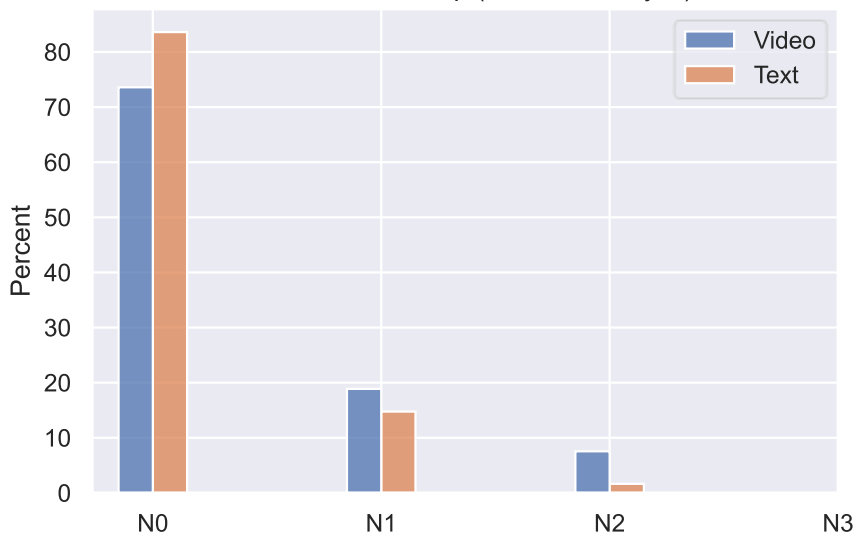


Pre-Inter-Vergleich der Niveaus (Textgruppe) zu S3
 N = 39, p (Wilcoxon): 1.132E-05

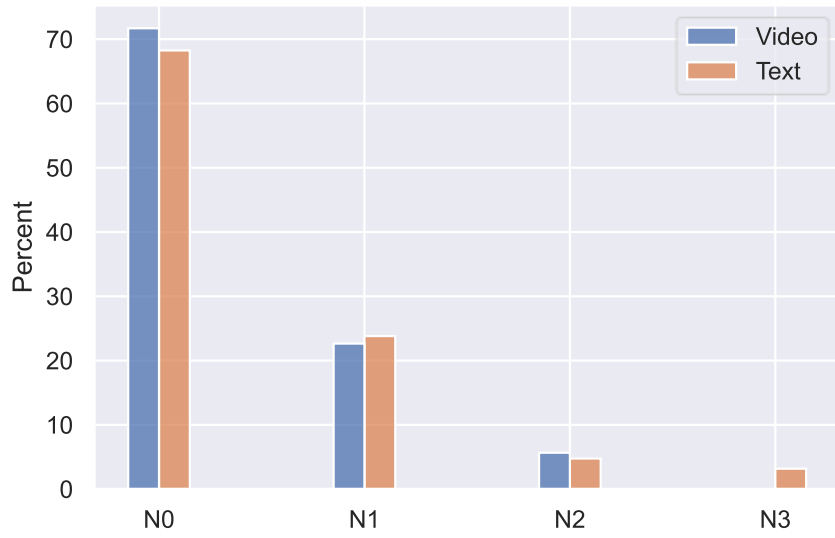


PRETEST (VIDEOGRUPPE) – PRETEST (TEXTGRUPPE)

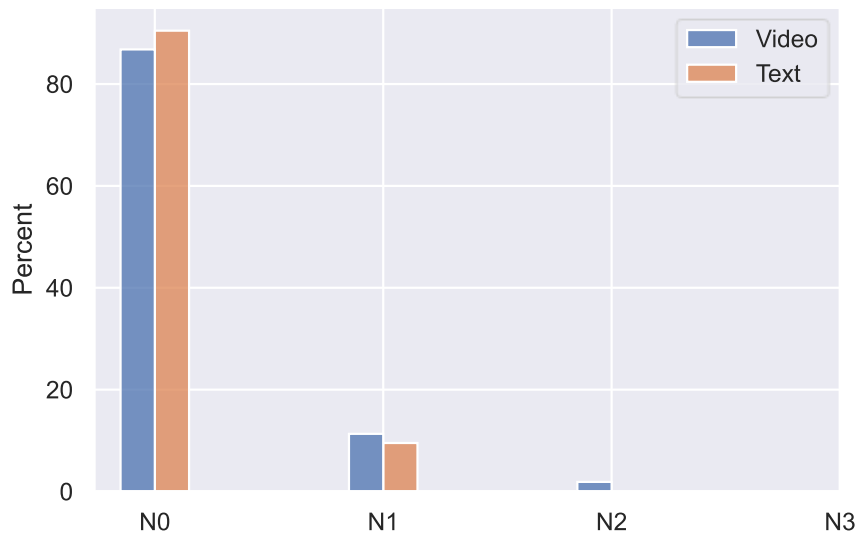
Video-Text-Vergleich der Niveaus, pre, S1,
 N Video = 53, N Text = 61, p (Mann-Whitney U): 0.16228



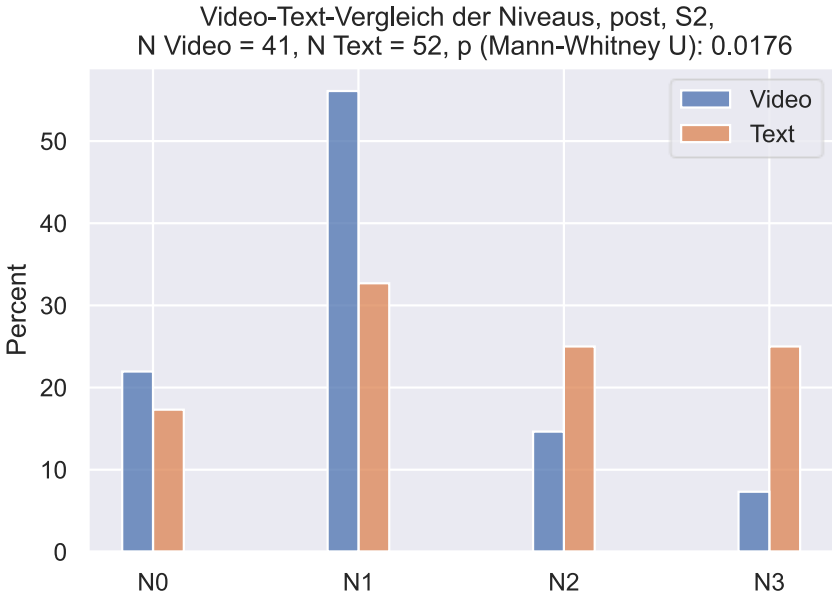
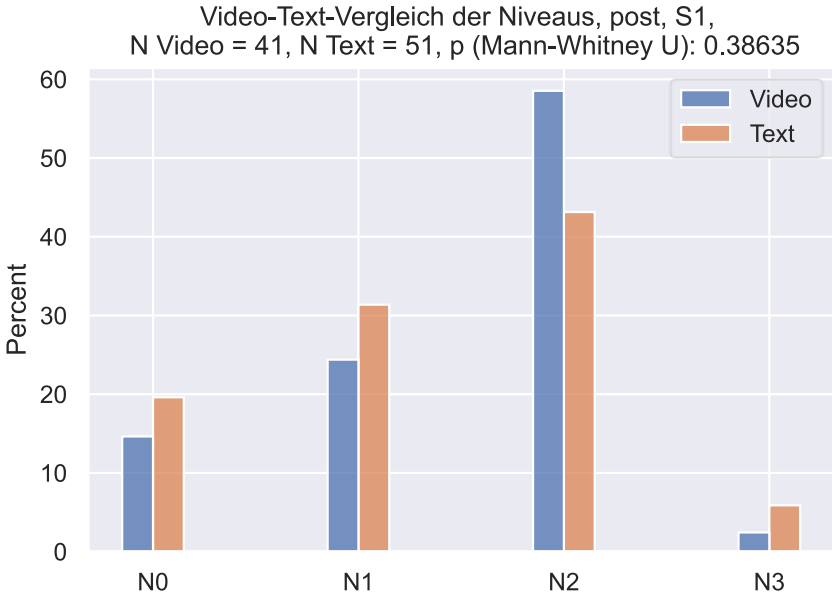
Video-Text-Vergleich der Niveaus, pre, S2,
N Video = 53, N Text = 63, p (Mann-Whitney U): 0.64182



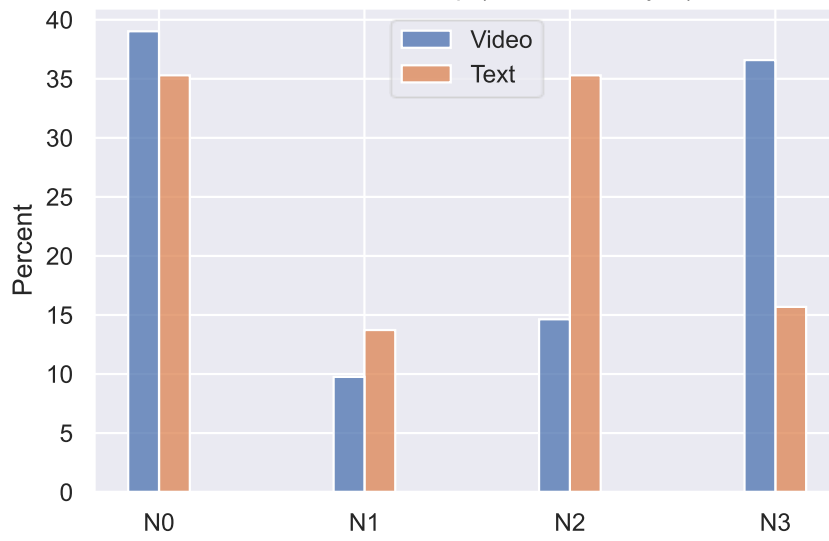
Video-Text-Vergleich der Niveaus, pre, S3,
N Video = 53, N Text = 63, p (Mann-Whitney U): 0.51644



POSTTEST (VIDEOGRUPPE) – POSTTEST (TEXTGRUPPE)



Video-Text-Vergleich der Niveaus, post, S3,
N Video = 41, N Text = 51, p (Mann-Whitney U): 0.44491



KATEGORIENSYSTEM

Das Kategoriensystem zu den jeweils untersuchten Fragen, wird im Folgenden ohne gravierende Veränderungen zum Original dargestellt, um die Nachvollziehbarkeit der Datenauswertung bestmöglich gewährleisten zu können. Es wurden jedoch im Sinne einer besseren Lesbarkeit Änderungen am Layout getätigt. Zudem ist für jede Inhaltskategorie eine Gewichtung angegeben. Der Schlüssel für die Zuordnung zu den einzelnen Verständnisniveaus ist für jede Frage unterhalb der Kategorienliste zu finden.

S1

Unterkategorie	Beschreibung	Gewichtung
Wiki	<p>Wikipedia: Als numerische Simulation bezeichnet man allgemein Computersimulationen, welche mittels numerischer Methoden[1] wie zum Beispiel mit Turbulenzmodellen durchgeführt werden. Bekannte Beispiele sind Wetter- und Klimaprognosen, numerische Strömungssimulation oder Festigkeits- und Steifigkeitsberechnungen.</p> <p>Kappa nur für inhaltliche Kategorien ausgerechnet (stimmt auch nicht ganz: weiß nicht, XXX etc.) Diese Kategorie wurde erst nachträglich hinzugefügt und wird ausschließlich zusätzlich verteilt. Die vorherige inhaltliche Kodierung wird dadurch nicht beeinflusst</p>	-999
iteratives / schrittweises Verfahren / in Runden	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation ein iteratives Verfahren ist.</p> <p>Schlüsselwörter: iterativ, schrittweise, in Runden</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Ein Spiel mit Regeln, das von einem Computer über mehrere Runden hinweg gespielt wird. Das Ziel ist, alle Größen in jeder Runde zu berechnen. (P18, post)</p>	1

Werte / Variablen / Größen	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass bei einer numerische Simulation Variablen verwendet werden.</p> <p>Schlüsselwörter: Werte, Variablen, Größen</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung: Es muss nicht davon gesprochen werden, dass Variablen berechnet werden → Kategorie berechnen Vermutlich fallen alle Antworten, die Werte / Variablen / Größen nennen, AUCH in die Kategorie berechnen. Es werden dann beide Kategorien gesetzt. Werden explizit Anfangs- oder Randwerte erwähnt → Kategorie Anfangs-/ Randwerte</p> <p>Beispiel: Eine numerische Simulation ist eine Simulation in welcher mit Datenwerten in form von Zahlen gerechnet wird. (P19, pre)</p>	1
berechnen	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation etwas berechnet. Schlüsselwörter: rechnen, herausfinden</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung: Es muss nicht davon gesprochen werden, dass Variablen berechnet werden → Kategorie Werte/ Variablen/ Größen Es reicht also eine diffuse Benennung, dass etwas berechnet wird. Es muss nicht davon gesprochen werden, dass etwas nährungsweise berechnet wird → Kategorie nährungsweises Verfahren</p> <p>Beispiel: Eine numerische Simulation ist eine Simulation in welcher mit Datenwerten in form von Zahlen gerechnet wird. (P19, pre)</p>	1

Modell / System / Gleichungssystem / Spielregeln / Formeln	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation auf einem Modell beruht oder etwas anhand von Spielregeln berechnet wird.</p> <p>Schlüsselwörter: Modell, (Gleichungs-)System, Spielregeln, Formeln</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Der Entstehungsprozess einer Prognose durch Spielregeln... Am Ende erhält man mögliche Prognosen (P11post, Pos. 5)</p> <p>die Berechnung eines Modells (P21post, Pos. 6)</p> <p>Spielregeln Der entstehungsprozess einer Prognose durch. (P14, post)</p>	1
Anfangs- / Randwerte	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation auf Anfangs- und/oder Randwerten beruht.</p> <p>Schlüsselwörter: Anfangswerte, Startwerte, Randwerte, Grundvoraussetzungen</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel:</p>	1
näherungsweise Verfahren	<p>Definition:Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation ein näherungsweise Verfahren ist.Schlüsselwörter:näherungsweise, ungefähr, etwaweitere Beschreibung / Abgrenzung:Beispiel:die Berechnung einer Näherungslösung, wenn man keine analytische Lösung herausfinden kann. (P22, post)</p>	1
Beispiele	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort beschreibt ein reales Beispiel für eine numerische Simulation, wie beispielsweise Klimaforschung/ Verlauf von Pandemien/ Astronomie.</p> <p>Schlüsselwörter:</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: zum Beispiel ein Volleyballwurf, der mit dem Computer dargestellt wird (P2, post)</p>	1

Prognose	<p>Definition: Antwort beinhaltet auch die Intention einer Simulation, nämlich das Aufstellen einer Prognose.</p> <p>Beispiel: ein Modell welches durch Beobachtungen und Daten und Prognosen in Messwerten ausgerechnet wird um den Vorgang mathematisch zu beschreiben (P28, post) Spielregeln Der entstehungsprozess einer Prognose durch. (P14, post)</p>	1
Computer	<p>Definition: Antwort beinhaltet eine Assoziation mit dem Computer. Man führt die Simulation mit Hilfe eines Computers durch.</p> <p>Beispiel: Allgemein bezeichnet man sie als COmputersimulation, welche mit Hilde numerischen Methoden durchgeführt werden, (P23, post)</p>	1
andere Assoziation (falsch)		
Verwechslung mit Experiment / Messwerte	<p>Definition:Mindestens ein Teil der Antwort lässt darauf schließen, dass die gedanklichen Konstrukte von Simulation und Experiment oder Messwerten nicht klar von einander getrennt werden können.Schlüsselwörter:weitere Beschreibung / Abgrenzung:Beispiel:ein Experiment, dass digital ausgewertet wird und durch technische Geräte durchgeführt wird. (P16, pre)</p>	-3
Assoziation mit Computerspiel / Film	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort lässt auf eine Assoziation von einer Simulation zu Computerspielen oder animierten Filmen schließen.</p> <p>Schlüsselwörter: nachgespielt</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: eine im Computer nachgespielte Situation die brechenbar ist und animiert/durch eine reale Situation erstellt ist (post, 81)</p>	-2

andere Assoziation (Rest)	<p>Definition:</p> <p>Diese Kategorie umfasst alle Antworten, die inhaltlich keiner anderen Kategorie zugeordnet werden können.</p> <p>Da für alle wahrscheinlichen und erwarteten Assoziationen Kategorien existieren, sind Antworten in dieser Kategorie eher abwegig und treffen nicht die erwarteten Vorstellungen. Je nach Frage kann gesagt werden, dass die Antworten falsch sind.</p> <p>Sollte eine Antwort nicht zuordbar sein, aber sehr differenziert, diese Antwort bitte in der Kategorie „zur Diskussion“ kodieren und später im Team besprechen.</p>	1
Redundanz / Leeraussage	<p>Definition:</p> <p>Die Antwort ist eine Redundanz, sagt also nur das, was schon in der Frage enthalten ist, oder eine andere Aussage ohne Mehrwert (Leeraussage).</p> <p>Beispiel (zur Frage: „Was ist ein Modell?“): „Ein Modell was auf Naturwissenschaften basiert“ (pre, 88??)</p>	0
Selbstauskunft: Weiß nicht	<p>Definition: Die Antwort besteht darin zu sagen, dass man keine Antwort weiß. Die genaue Formulierung ist hier irrelevant, es geht nur um den Inhalt, dass man es nicht weiß. ggf. Schlüsselwörter (können auch schon in der Def stehen): weiß nicht, keine Ahnung, IdK, ?, 🤔 ggf. weitere Beschreibung / Abgrenzung: Diese Kategorie wird gesetzt, wenn explizit gesagt wird, dass man es nicht weiß. Wenn jemand etwas ganz anderes sagt, wird die Antwort in der Kategorie "Antwort, aber nicht zur Frage" kodiert. Beispiel: "Keine Ahnung" (86, post) "Kenne den Begriff nicht" (89, pre)</p>	0
Antwort vorhanden, sagt aber nichts zur Frage	<p>Definition:</p> <p>Die Antwort besteht darin zu sagen, dass man keine Antwort weiß. Die genaue Formulierung ist hier irrelevant, es geht nur um den Inhalt, dass man es nicht weiß.</p> <p>ggf. Schlüsselwörter (können auch schon in der Def stehen): weiß nicht, keine Ahnung, IdK, ?, 🤔</p> <p>ggf. weitere Beschreibung / Abgrenzung: Diese Kategorie wird gesetzt, wenn explizit gesagt wird, dass man es nicht weiß. Wenn jemand etwas ganz anderes sagt, wird die Antwort in der Kategorie "Antwort, aber nicht zur Frage" kodiert.</p> <p>Beispiel: "Keine Ahnung" (86, post) "Kenne den Begriff nicht" (89, pre)</p>	0

XXX (leeres Feld)	<p>Definition: Es wurde kein Text in das Textfeld eingetragen. Um dies in MaxQDA kodieren zu können, wurden leere Textfelder in der Vorbereitung mit dem Eintrag "XXX (leeres Feld)" gekennzeichnet. In diese Kategorie fallen also alle Antworten, die in MaxQDA "XXX (leeres Feld)" lauten.</p> <p>Beispiel: XXX (leeres Feld)</p>	0
--------------------------	--	---

Niveaugrenzen S1

Untergrenze		Niveau		Obergrenze
		keine Zuordnung	≤	-500
-500	<	N0	≤	0
0	<	N1	≤	2
2	<	N2	≤	5
5	<	N3		

S2

Unterkategorie	Beschreibung	Gewichtung
Prognose	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass durch eine numerische Simulation eine Prognose aufgestellt wird.</p> <p>Schlüsselwörter: Prognose, vorhersagen, Hypothese</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Prognosen für mögliche reale Ereignisse zu entwickeln (P11post, Pos. 6) bestimmte Vorgänge zu erfassen oder vorher zu sagen (P4, post) Prognosen und Auswertungen zu überprüfen. (P16, pre) Ein Ergebnis zu simulieren also hervorzusagen. (P29, pre)</p>	3

Modell	<p>Definition: 3 Mindestens ein Teil der Antwort stellt einen Zusammenhang zu Modellen dar.</p> <p>Schlüsselwörter: Modell</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Modelle zu erstellen oder zu überprüfen (P3, post) Numerische Simulationen setzt man primär zur Lösung Mathematischer Modelle ein, welche man analytisch lösen kann. (P19, post) Modelle mathematisch zu beschreiben (P28, post)</p>
analytisch nicht lösbar	<p>Definition: 3 Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation benutzt wird, wenn das Problem analytisch nicht lösbar ist.</p> <p>Schlüsselwörter: analytisch</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung: differenziertes Verständnis von Kategorie zu schwierig</p> <p>Beispiel: Numerische Simulationen setzt man primär zur Lösung Mathematischer Modelle ein, welche man analytisch lösen kann. (P19, post) Weil eine rein analytische Prognose nicht immer möglich ist (P23, post)</p>
zu schwierig (naiv)	<p>Definition: 2 Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation benutzt wird, wenn das Problem ansonsten zu schwierig ist.</p> <p>Schlüsselwörter: schwierig</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung: naives Verständnis von Kategorie analytisch nicht lösbar</p> <p>Beispiel:</p>
iterativ	<p>Definition: 2 Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation ein iteratives Verfahren ist.</p> <p>Schlüsselwörter: iterativ, schrittweise, in Runden</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel:</p>

Gleichungen/ Spielregeln	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass in einer numerische Simulation Gleichungen oder Spielregeln verwendet werden, bzw. Gleichungen gelöst werden.</p> <p>Schlüsselwörter: Gleichungen, Spielregeln</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung: differenziertes Verständnis von Kategorie Werte/ Dinge</p> <p>Beispiel: Um komplexe Gleichungen lösen zu können (P51post, Pos. 6) eine Gleichung zu lösen und eine Simulation zu entwickeln. Es ermöglicht neue Erkenntnisse durch numerische Simulationen zu finden (P6, post)</p>	3
Werte/ Dinge (naiv)	<p>Definition:Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass in einer numerische Simulation Werte oder Dinge verwendet werden.Schlüsselwörter:Werte, Dinge, Sachenweitere Beschreibung / Abgrenzung:naives Verständnis von Kategorie Beispiel:Numerische Simulationen setzt man allgemein ein, um Versuche mit Zahlen zu berechnen. (P19, pre)Werte zu berechnen (P24, pre)Um Dinge Dinge nachzustellen wie schnell diese passiert sind (P27, pre)Werte herauszufinden. (P17, post)</p>	2
Computer	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass in einer numerische Simulation ein Computer verwendet wird.</p> <p>Schlüsselwörter: Computer</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Z.b Wetterprognosen oder ähnliches per Computer darzustellen (P14, pre)</p>	1

überprüfen	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass mit einer numerische Simulation etwas überprüft wird.</p> <p>Schlüsselwörter: überprüfen, untersuchen, analysieren, vergleichen</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung: Es muss hierzu nicht genau dargestellt werden, wie mit einer Simulation etwas überprüft wird, sondern es reicht zu nennen, dass mit einer Simulation etwas überprüft werden kann.</p> <p>Beispiel: Modelle zu erstellen oder zu überprüfen (P3, post) Beobachtungen zu überprüfen (P7, post) Prognosen und Auswertungen zu überprüfen. (P16, pre)</p>	1
herausfinden / forschen	<p>Definition:Die Antwort drückt aus, dass man mit einer Simulation forschen / etwas herausfinden kann. Sie bleibt dabei recht pauschal und naiv. Beispiel:neue erkenntnise (P1post, Pos. 6)in der naturwissenschaft neue Erkenntnisse zu gewinnen (P21post, Pos. 7)Werte herauszufinden. (P17, post)</p>	1
berechnen	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass in einer numerische Simulation etwas berechnet wird.</p> <p>Schlüsselwörter: berechnen, mathematisches Problem / Gleichung lösen</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Numerische Simulationen setzt man allgemein ein, um Versuche mit Zahlen zu berechnen. (P19, pre) Werte zu berechnen (P24, pre)</p>	1

darstellen		<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass mit einer numerische Simulation etwas dargestellt wird.</p> <p>Schlüsselwörter: darstellen, veranschaulichen, Grafik</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Z.b Wetterprognosen oder ähnliches per Computer darzustellen (P14, pre)</p>	1
Beispiele		<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort beschreibt ein reales Beispiel für eine numerische Simulation, wie beispielsweise Klimaforschung/ Verlauf von Pandemien/ Astronomie oder Ablauf EduChallenge.</p> <p>Schlüsselwörter:</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Z.b Wetterprognosen oder ähnliches per Computer darzustellen (P14, pre)</p>	1
weitere Vorstellungen / Assoziationen			
	Verwechslung mit Modell	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort legt nahe, dass eine Verwechslung mit einem Modell (=Vorstellung über die Natur) vorliegt.</p>	-2
	Verwechslung Messwerte und Prognose	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort macht deutlich, dass eine Verwechslung einer Simulation mit Messwerten oder Experimenten vorliegt.</p> <p>Beispiel: Beobachtungen zu überprüfen (P7, post) Numerische Simulationen setzt man allgemein ein, um Versuche mit Zahlen zu berechnen. (P19, pre)</p>	-3
	Zusammenhänge	<p>Definition: Die Antwort beinhaltet den Aspekt, dass durch Simulationen Zusammenhänge erkannt werden können. (falsch)</p> <p>Beispiel: Zusammenhänge erkennen zu können. (P16, post)</p>	2

andere Assoziation (Rest)	<p>Definition:</p> <p>Diese Kategorie umfasst alle Antworten, die inhaltlich keiner anderen Kategorie zugeordnet werden können.</p> <p>Da für alle wahrscheinlichen und erwarteten Assoziationen Kategorien existieren, sind Antworten in dieser Kategorie eher abwegig und treffen nicht die erwarteten Vorstellungen. Je nach Frage kann gesagt werden, dass die Antworten falsch sind.</p> <p>Sollte eine Antwort nicht zuordbar sein, aber sehr differenziert, diese Antwort bitte in der Kategorie „zur Diskussion“ kodieren und später im Team besprechen.</p> <p>Beispiel: um ein Musterergebnis zu erhalten (P2, post)</p>	1
Redundanz / Leeraussage	<p>Definition:</p> <p>Die Antwort ist eine Redundanz, sagt also nur das, was schon in der Frage enthalten ist, oder eine andere Aussage ohne Mehrwert (Leeraussage).</p> <p>Beispiel (zur Frage: „Was ist ein Modell?“): „Ein Modell was auf Naturwissenschaften basiert“ (pre, 88??)</p> <p>zu S2 (Wozu nutzt man eine Simulation?): Um etwas zu semulieren (P51pre, Pos. 6)</p>	0
Selbstauskunft: Weiß nicht	<p>Definition: Die Antwort besteht darin zu sagen, dass man keine Antwort weiß. Die genaue Formulierung ist hier irrelevant, es geht nur um den Inhalt, dass man es nicht weiß. ggf. Schlüsselwörter (können auch schon in der Def stehen): weiß nicht, keine Ahnung, IdK, ?, ☹️ ggf. weitere Beschreibung / Abgrenzung: Diese Kategorie wird gesetzt, wenn explizit gesagt wird, dass man es nicht weiß. Wenn jemand etwas ganz anderes sagt, wird die Antwort in der Kategorie "Antwort, aber nicht zur Frage" kodiert. Beispiel: "Keine Ahnung" (86, post) "Kenne den Begriff nicht" (89, pre)</p>	0

Antwort vorhanden, sagt aber nichts zur Frage	<p>Definition: Die Antwort besteht darin zu sagen, dass man keine Antwort weiß. Die genaue Formulierung ist hier irrelevant, es geht nur um den Inhalt, dass man es nicht weiß.</p> <p>ggf. Schlüsselwörter (können auch schon in der Def stehen): weiß nicht, keine Ahnung, IdK, ?, 🤖</p> <p>ggf. weitere Beschreibung / Abgrenzung: Diese Kategorie wird gesetzt, wenn explizit gesagt wird, dass man es nicht weiß. Wenn jemand etwas ganz anderes sagt, wird die Antwort in der Kategorie "Antwort, aber nicht zur Frage" kodiert.</p> <p>Beispiel: "Keine Ahnung" (86, post) "Kenne den Begriff nicht" (89, pre)</p>	0
--	---	---

XXX (leeres Feld)	<p>Definition: Es wurde kein Text in das Textfeld eingetragen. Um dies in MaxQDA kodieren zu können, wurden leere Textfelder in der Vorbereitung mit dem Eintrag "XXX (leeres Feld)" gekennzeichnet. In diese Kategorie fallen also alle Antworten, die in MaxQDA "XXX (leeres Feld)" lauten.</p> <p>Beispiel: XXX (leeres Feld)</p>	0
--------------------------	--	---


Niveaugrenzen S2

Untergrenze	<	Niveau	≤	Obergrenze
		keine Zuordnung		-500
-500	<	N0	≤	0
0	<	N1	≤	3
3	<	N2	≤	5
5	<	N3		

Unterkategorie	Beschreibung	Gewichtung
Wortlaut Video/ Text	<p>Modell mit zusammenhängen (zwischen Variablen) Zeit in Runden Anfangs- und Randwerte Spieldurchlauf mit festen Regeln Darstellung und Auswertung</p> <p>Schlüsselwort: Spieldurchlauf mit festen Regeln</p> <p>Kappa nur für inhaltliche Kategorien ausgerechnet (stimmt auch nicht ganz: weiß nicht, XXX etc.) Diese Kategorie wurde erst nachträglich hinzugefügt und wird ausschließlich zusätzlich verteilt. Die vorherige inhaltliche Kodierung wird dadurch nicht beeinflusst</p>	-999
Wortlaut Laborbuch	<p>Antwort höchstwahrscheinlich aus dem Laborbuch abgeschrieben.</p> <p>Schlüsselwörter: Modellvariable</p> <p>Kappa nur für inhaltliche Kategorien ausgerechnet (stimmt auch nicht ganz: weiß nicht, XXX etc.) Diese Kategorie wurde erst nachträglich hinzugefügt und wird ausschließlich zusätzlich verteilt. Die vorherige inhaltliche Kodierung wird dadurch nicht beeinflusst</p>	-999
Wiki?	<p>Definition:</p> <p>Es werden genau die vier Punkte genannt, die im Wikipedia-Artikel "Numerische Simulation" (https://de.wikipedia.org/wiki/Numerische_Simulation) genannt sind: Modellierung Parametrisierung Berechnung Auswertung und Darstellung</p> <p>Bemerkung: Beachte hierzu, dass der Begriff "Parametrisierung" in der ECMB nirgends eingeführt wurde.</p>	-999
Modell genannt	<p>Definition:Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation auf einem Modell beruht.Schlüsselwörter:Modellweitere Beschreibung / Abgrenzung:Beispiel:Man entwickelt ein ein Modell mit Größen und Zusammen hängen.[...](P31post, Pos. 7)Modell mit Größen un Zusammenhängen (P22, post)</p>	1

Zeit diskretisieren / Runden genannt	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass bei einer numerische Simulation die Zeit diskretisiert wird.</p> <p>Schlüsselwörter: Zeit diskretisieren, in Runden, schrittweise</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: [...] Man hält die Zeit in Runden fest [...] Man berechnet mithilfe von entwickelten Formeln die Werte nach den Runden.[...] (P31post, Pos. 7) „runden“ in denen man jeweils die Variablen von dem Computer weiter berechnen lässt (P24, post)</p>	1
Anfangs- und Randwerte genannt	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation auf Anfangs- und/oder Randwerten beruht.</p> <p>Schlüsselwörter: Anfangswerte, Startwerte, Randwerte, Grundvoraussetzungen, bekannte Werte</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: [...] Man hält die Zeit in Runden fest und legt Anfangs- und Randwerte fest. [...] (P31post, Pos. 7)</p>	1
Berechnung	<p>Definition:Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass bei einer numerische Simulation eine Berechnung durchgeführt wird.Schlüsselwörter:rechnen, Berechnungweitere Beschreibung / Abgrenzung:Beispiel:Man muss eine Rechnung tun damit dann neue Ergebnisse entstehen (P9, post)„runden“ in denen man jeweils die Variablen von dem Computer weiter berechnen lässt (P24, post)</p>	1

Spielregeln	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass eine numerische Simulation auf "Spielregeln" (festgelegten, immer gleichen Zusammenhängen für die Berechnung / Formeln) beruht. "Spielregeln" muss nicht als Wort genannt sein, solange der Sinn genannt ist.</p> <p>Schlüsselwörter: Spielregeln, Formeln, System, festgelegte Zusammenhänge</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: Man entwickelt ein ein Modell mit Größen und Zusammenhängen. [...] Man berechnet mithilfe von entwickelten Formeln die Werte nach den Runden. [...] (P31post, Pos. 7) → sowohl die "und Zusammenhänge" als auch die "entwickelten Formeln" zählen hier wie "Spielregeln"</p>	1
Darstellung und Auswertung	<p>Definition: Mindestens ein Teil der Antwort drückt aus, dass bei einer numerische Simulation die Simulationsdaten ausgewertet und dargestellt werden.</p> <p>Schlüsselwörter: Auswertung, Darstellung</p> <p>weitere Beschreibung / Abgrenzung:</p> <p>Beispiel: 1. Man macht erstmal einen Versuch, 2. Diesen fügt man in eine App ein die diesen Analysiert und in einen Graphen steckt, 3. Die Auswertung davon vergleicht man mit seinen Messungen (P6, post)</p>	1
Beschreibung Ablauf in ECMB	<p>Definition:Mindestens ein Teil der Antwort bleibt im Kontext des schulischen Ablaufs der EduChallenge Modellbildung.Schlüsselwörter:Wurfbewegung, filmen, Video, Appweitere Beschreibung / Abgrenzung:Beispiel:"1. Messwerte einer realen Wurfbewegung sammeln2. Spielregeln erstellen3. Simulation starten4. Ergebnisse interpretieren und deuten"(P11post, Pos. 7-10)→ s. besonders Zeile 1 hier1. Man macht erstmal einen Versuch, 2. Diesen fügt man in eine App ein die diesen Analysiert und in einen Graphen steckt,3. Die Auswertung davon vergleicht man mit seinen Messungen (P6, post)</p>	1

Messwerte	<p>Definition: Antwort beinhaltet die Nennung von Messwerten (falsch).</p> <p>Beispiel: Um eine numerische Simulation zu verwenden braucht man zuerst ein Modell welches durch Daten und Messwerte an sich ausgewertet ist die numerische Simulation beschreibt das Modell dann mathematisch (P28, post)</p>	-2
andere Assoziation (Rest)	<p>Definition: Diese Kategorie umfasst alle Antworten, die inhaltlich keiner anderen Kategorie zugeordnet werden können. Da für alle wahrscheinlichen und erwarteten Assoziationen Kategorien existieren, sind Antworten in dieser Kategorie eher abwegig und treffen nicht die erwarteten Vorstellungen. Je nach Frage kann gesagt werden, dass die Antworten falsch sind. Sollte eine Antwort nicht zuordbar sein, aber sehr differenziert, diese Antwort bitte in der Kategorie „zur Diskussion“ kodieren und später im Team besprechen.</p>	1
Redundanz / Leeraussage	<p>Definition: Die Antwort ist eine Redundanz, sagt also nur das, was schon in der Frage enthalten ist, oder eine andere Aussage ohne Mehrwert (Leeraussage).</p> <p>Beispiel (zur Frage: „Was ist ein Modell?“): „Ein Modell was auf Naturwissenschaften basiert“ (pre, 88??)</p>	0
Selbstauskunft: Weiß nicht	<p>Definition: Die Antwort besteht darin zu sagen, dass man keine Antwort weiß. Die genaue Formulierung ist hier irrelevant, es geht nur um den Inhalt, dass man es nicht weiß. ggf. Schlüsselwörter (können auch schon in der Def stehen): weiß nicht, keine Ahnung, IdK, ?,  ggf. weitere Beschreibung / Abgrenzung: Diese Kategorie wird gesetzt, wenn explizit gesagt wird, dass man es nicht weiß. Wenn jemand etwas ganz anderes sagt, wird die Antwort in der Kategorie "Antwort, aber nicht zur Frage" kodiert. Beispiel: "Keine Ahnung" (86, post) "Kenne den Begriff nicht" (89, pre)</p>	0

Antwort vorhanden, sagt aber nichts zur Frage

Definition:
Die Antwort besteht darin zu sagen, dass man keine Antwort weiß. Die genaue Formulierung ist hier irrelevant, es geht nur um den Inhalt, dass man es nicht weiß.

0

ggf. Schlüsselwörter (können auch schon in der Def stehen):

weiß nicht, keine Ahnung, IdK, ?, 🤖

ggf. weitere Beschreibung / Abgrenzung:

Diese Kategorie wird gesetzt, wenn explizit gesagt wird, dass man es nicht weiß.

Wenn jemand etwas ganz anderes sagt, wird die Antwort in der Kategorie "Antwort, aber nicht zur Frage" kodiert.

Beispiel:

"Keine Ahnung" (86, post)

"Kenne den Begriff nicht" (89, pre)

XXX (leeres Feld)

Definition:
Es wurde kein Text in das Textfeld eingetragen. Um dies in MaxQDA kodieren zu können, wurden leere Textfelder in der Vorbereitung mit dem Eintrag "XXX (leeres Feld)" gekennzeichnet. In diese Kategorie fallen also alle Antworten, die in MaxQDA "XXX (leeres Feld)" lauten.

0

Beispiel:

XXX (leeres Feld)

Niveaugrenzen S3

Untergrenze		Niveau		Obergrenze
		keine Zuordnung	≤	-500
-500	<	N0	≤	0
0	<	N1	≤	1
1	<	N2	≤	3
3	<	N3		

Unterkategorie	Beschreibung	Gewichtung
Geschwindigkeit genannt	<p>Definition: Es wird genannt, dass das Formelsymbol die Geschwindigkeit (eines Objekts) bezeichnet.</p> <p>Beispiel: Geschwindigkeit in Y-Richtung zum Zeitpunkt $x=2$ (X14, BU3Vi) Das Tempo (P103, BU3Te) Geschwindigkeit (P105, BU3Te)</p>	2
y-Richtung genannt	<p>Es wird genannt, dass es um die y-Richtung geht.</p> <p>Schlüsselwörter: y-Richtung, vertikal</p> <p>Beispiel: Geschwindigkeit in Y-Richtung zum Zeitpunkt $x=2$ (X14, BU3Vi) Zweiter Messwert zur Geschwindigkeit auf der vertikalen Ebene (X9, BU3Te)</p>	2
Zeitpunkt genannt	<p>Definition: Es wird genannt, dass es um den Zeitpunkt 2 oder die dritte Runde o.ä. geht. "Zweite Runde" wird auch als richtig angesehen. Der richtige Wert ist $t=0,2$ s.</p> <p>Beispiel: Geschwindigkeit in Y-Richtung zum Zeitpunkt $x=2$ (X14, BU3Vi) Die zweite Geschwindigkeit von y (X0, BU3Te)</p>	2
ganz falsche Antwort	andere Antwort: es gibt eine Antwort, aber keiner der drei Aspekte wird genannt	-1
kA: keine Antwort		0
Formel richtig angegeben, aber keine Erklärung	<p>Definition: In der Antwort wird die Formel richtig angegeben, aber nicht in Worten erklärt.</p> <p>Beispiel: $A_{y,1} \cdot \Delta t + v_{y,1} = v_{y,2}$ (X40, BU3Vi)</p>	1

Höhe genannt (naiv)	<p>Definition: In der Antwort wird anstelle der y-Richtung Höhe genannt. Wird auch vergeben, wenn über die Geschwindigkeit "von y" oder "von der Höhe" gesprochen wird.</p> <p>Schlüsselwörter: Höhe, nach oben, y</p> <p>Beispiel: Geschwindigkeit der Höhe in Runde 2 (X42, BU3Vi) Geschwindigkeit, wie schnell etwas nach oben steigt, in der zweiten Runden. (X46, BU3Vi) Die zweite Geschwindigkeit von y (X0, BU3Te)</p>	1
Zeitpunkt genannt (falsch)	<p>Definition: In der Antwort wird ein Zeitpunkt genannt, der aber falsch ist. Beispiel: Höhe des Balls nach 0,3sek (X45, BU3Vi)</p>	1
y genannt	<p>Es wird genannt, dass es um die y-Richtung geht</p>	1

Niveaugrenzen Formelsymbol

Untergrenze		Niveau		Obergrenze
		keine Zuordnung	≤	-500
-500	<	N0	≤	0
0	<	N1	≤	2
2	<	N2	≤	5
5	<	N3		

SPIELREGELN

Unterkategorie	Beschreibung	Gewichtung
Richtig	<p>Definition:</p> <p>Es wird eine richtige Antwort gegeben. Die Antwort ist also: 2 m/s Die Zahl darf auch ausgeschrieben oder als Kommazahl angegeben werden. Die Kategorie wird auch gesetzt, wenn die Einheit weggelassen wurde. Die Kategorie wird auch gesetzt, wenn mit $a=9,81 \text{ m/s}^2$ gerechnet wird und Ergebnisse wie 2,02 m/s angegeben werden.</p> <p>Beispiel: 2 (X45, BU3Vi) 2 m/s (X51, BU3Vi) $v_{y,1} = 3\text{m/s} + -10\text{m/s}^2 * 0,1 = 2\text{m/s}$ (P16, BU3Vi) $3 + -9,81 * 0,1 = 2,02$ (P56, BU3Te) 2.019 (P60, BU3Te)</p>	2
falsch	Es wird eine falsche Antwort gegeben. Hier induktiv Unterkategorien bilden.	
	3,3	0
	4	0
	-9,7	0
	Formel falsch angegeben	0
	0	0
	0,2	0
	3	0
	-0,7	0
Formel richtig angegeben, aber kein Wert berechnet	$v_{y,0} + a_{y,0} * t$	1
kA: keine Antwort		-1

Niveaugrenzen Spielregeln

Untergrenze		Niveau		Obergrenze
		keine Zuordnung	≤	-500
-500	<	N0	≤	-1
-1	<	N1	≤	0
0	<	N2	≤	1
1	<	N3		

BERECHNUNG VON KAPPA

Die Daten zur Berechnung von Kappa wurden aus MAXQDA entnommen.

S1

		Person 1		
		1	0	
Person 2	1	a = 258	b = 8	266
	0	c = 9	0	9
		267	8	275

$$P(\text{observed}) = P_o = a / (a + b + c) = 0.94$$

$$P(\text{chance}) = P_c = 1 / \text{Anzahl der Codes} = 1 / 15 = 0.07$$

$$\mathbf{Kappa} = (P_o - P_c) / (1 - P_c) = \mathbf{0.93}$$

Bei ungleicher Anzahl an Codes pro Segment oder bei Auswertung eines Codes allein:

$$P(\text{chance}) = P_c = \text{Anzahl der Codes} / (\text{Anzahl der Codes} + 1)^2 = 0.06$$

$$\mathbf{Kappa} = (P_o - P_c) / (1 - P_c) = \mathbf{0.93}$$

S2

		Person 1		
		1	0	
Person 2	1	a = 244	b = 11	255
	0	c = 12	0	12
		256	11	267

$$P(\text{observed}) = P_o = a / (a + b + c) = 0.91$$

$$P(\text{chance}) = P_c = 1 / \text{Anzahl der Codes} = 1 / 19 = 0.05$$

$$\mathbf{Kappa} = (P_o - P_c) / (1 - P_c) = \mathbf{0.91}$$

Bei ungleicher Anzahl an Codes pro Segment oder bei Auswertung eines Codes allein:

$$P(\text{chance}) = P_c = \text{Anzahl der Codes} / (\text{Anzahl der Codes} + 1)^2 = 0.05$$

$$Kappa = (P_o - P_c) / (1 - P_c) = 0.91$$

S3

		Person 1		
		1	0	
Person 2	1	a = 270	b = 5	275
	0	c = 13	0	13
		283	5	288

$$P(\text{observed}) = P_o = a / (a + b + c) = 0.94$$

$$P(\text{chance}) = P_c = 1 / \text{Anzahl der Codes} = 1 / 12 = 0.08$$

$$Kappa = (P_o - P_c) / (1 - P_c) = 0.93$$

Bei ungleicher Anzahl an Codes pro Segment oder bei Auswertung eines Codes allein:

$$P(\text{chance}) = P_c = \text{Anzahl der Codes} / (\text{Anzahl der Codes} + 1)^2 = 0.07$$

$$Kappa = (P_o - P_c) / (1 - P_c) = 0.93$$