

Einfluss und Bedeutung der Geschlechtsspezifität bei der Lernunterstützung mit Virtual Reality in der universitären Ausbildung im Ingenieurwesen

vorgelegt von
Stefania Kontokosta

am

15. Juni 2023

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Arts in der
Berufs- und Technikpädagogik
Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
Lehrstuhl für Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik

Betreuender Prüfer:
Prof. Dr. phil Bernd Zinn

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
1 Einleitung	1
2 Theoretischer Hintergrund.....	3
2.1 Digitale Medien	3
2.1.1 Digitale Medien und ihre Bedienoberfläche	3
2.1.2 Stellenwert digitaler Medien in Bildungssettings	4
2.2 Virtual Reality	5
2.3 Projekt ViRAI.....	7
2.3.1 GdP als Teil des Technologiemanagementstudiums.....	8
2.3.2 VR unterstützte Übung als Teil des Technologiemanagementstudiums	9
3 Forschungsstand und Hypothesen	10
3.1 Forschungsstand	10
3.1.1 Kognitive Fähigkeiten, Kompetenzen und Interessensgebiete	10
3.1.2 Umgang mit digitalen Medien	12
3.1.3 Geschlechterunterschiede im Ingenieurwesen	14
3.2 Forschungsgeleitete Hypothesen.....	15
4 Methodische Vorgehensweise	16
4.1 Datenerhebung	17
4.2 Datenaufbereitung und Data Sampling	20
4.2.1 Aufbereitung.....	21
4.2.2 Cluster.....	23
4.2.3 Sampling	23
4.3 Datenanalyse.....	25
4.3.1 Zweifaktorielle rmANOVA.....	25
4.3.2 Prüfung auf Voraussetzungen.....	27
4.3.3 Statistische Tests zur Hypothesenprüfung und Interpretation.....	28

5 Zusammenfassung und Ausblick.....	30
5.1 Zusammenfassung	31
5.2 Limitationen und Diskussion	32
5.3 Fazit und Ausblick.....	34
6 Literaturverzeichnis	36
7 Anhang.....	40

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Varianzanalyse; statistisches Analyseverfahren zum Vergleich verschiedener Stichproben
GdP	Grundzüge der Produktentwicklung; Grundlagenmodul im Studiengang B.Sc. Technologiemanagement, bestehend aus Vorlesung und Übung; unterteilt in zwei Semester, GdPI (Wintersemester) und GdPII (im Sommersemester)
IAO	Fraunhofer IAO, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
IAT	Universität Stuttgart IAT, Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement
LUI	Ludwig-Uhland-Institut für Empirische Kulturwissenschaft der Eberhard Karls Universität Tübingen
MINT	Zusammenfassung der Fachbereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
PISA	Programme for International Student Assessment; international Vergleichsstudie von Schulleistungen in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik, Lesekompetenz
rmANOVA	Repeated measures ANOVA, ANOVA mit Messwiederholung
ROSE	The Relevance of Science Education; Vergleichsstudie zur Erforschung des naturwissenschaftlichen Interesses Jugendlicher in Deutschland und Österreich
SS	Simulator Sickness, durch Vortäuschung induzierte Übelkeit

ViRAI	Virtual Reality in der universitären Ausbildung im Ingenieurwesen; Forschungsprojekt in Kooperation von IAT, IAO und LUI
VR	Virtual Reality

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Funktionale Beziehung	16
Abbildung 2 Methodisches Vorgehen	17
Abbildung 3 Unterscheidung Cluster A zu Cluster B.....	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kriterienkatalog im Modul GdP.....	18
Tabelle 2 Signifikanzwerte der Levene-Tests.....	28

1 Einleitung

„Wie bringt man Wissen an den Mann?“ – Seit geraumer Zeit beschäftigt sich die Erziehungswissenschaft mit dieser Frage, mit dem Ziel, Lehr-Lern-Prozesse zu optimieren. Aber selbst andere Disziplinen wie Wirtschafts- oder Ingenieurwissenschaften kommen nicht daran vorbei, die Bedeutsamkeit dieser Frage anzuerkennen, denn Lehre, und damit die Weitergabe von Information, ist eine grundsätzliche Bedingung, um bereits generiertes Wissen am Leben zu erhalten. Damit wird die Lehre zur Angelegenheit aller Wissenschaften.

In einer Welt, die sich stetig im Wandel befindet, in der Kulturen sich verändern oder gar neu entstehen und Diversität eine immer größer werdende Rolle in grundlegenden Bereichen wie Arbeit und Gesellschaft zugeschrieben wird, bedarf es einer geeigneten Strategie zur Wissensvermittlung, die der Komplexität des Lebens gerecht wird. Dabei erweist sich die digitale Transformation immer wieder als dienlich. Inzwischen ist diese ohnehin schon sehr fortgeschritten, aufgrund der unerwarteten und erst kürzlich bewältigten Covid-19-Pandemie (vgl. www.who.int) kam es allerdings zu einem regelrechten Digitalisierungsschub (vgl. www.ihk.de). Der Bedarf an neuen Technologien stieg drastisch an, insbesondere um einem Komplettausfall der Betriebsabläufe entgegenzuwirken. Sowohl dieses als auch andere, langsame und weniger unvorhersehbare Geschehnisse unterstreichen, wieso die Digitalisierung als Megatrend gilt (vgl. Faber 2019). Sie hat einen maßgeblichen Einfluss darauf, wie sich die Arbeit zukünftig gestaltet. Es ist dementsprechend naheliegend, dass Digitalisierung auch im Kontext der Bildungspolitik als besonders wichtig gilt. Durch ihre Vielfalt, ihre außerordentliche Flexibilität und ihre Dienlichkeit haben sich digitale Medien in- und außerhalb der Pandemie als nützliche Hilfsmittel erwiesen. Seminare beinhalten vermehrt die verschiedensten Digital Tools, selbst wenn sie post-pandemisch wieder vor Ort stattfinden. Wo einst PowerPoint genutzt wurde, finden sich heutzutage interaktive Medien wie beispielsweise Kahoot oder AnswerGarden. Diese Bemühungen werden in der Hoffnung angestellt, damit Wissen und Kompetenzen an den Mann zu bringen. Inwiefern das allerdings wörtlich zu verstehen ist, ist ebenfalls Gegenstand der Erziehungswissenschaft.

Einleitung

Während die Beziehung zwischen Lehre und Digitalisierung stetig enger wird, sei es im Hochschulkontext oder generell in der Beruflichen Bildung, widmen sich Forschungen verstärkt der Nutzung digitaler Medien und auch mit einer potenziellen Geschlechtssensibilität. Diplom-Pädagogin Anja Tigges beschäftigt sich bereits viele Jahre mit der Thematik und berichtet von einem Begleitprojekt einer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) namens „Gender Mainstreaming“, welches sich unter anderem der Frage widmet, ob in der Hochschullehre in Deutschland das Geschlecht eine entscheidende Rolle für die Dienlichkeit digitaler Lehr-Lernmedien spielt (vgl. Tigges 2008, S.14). Es gibt auch aktuellere Studien, welche sich zumindest in Teilen mit geschlechtsspezifischen Unterschieden befassen. Zum Beispiel haben Zinn und Ariali (2018) die mentale Rotationsfähigkeit junger Menschen mittels virtueller Umgebungen untersucht und dabei auch geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt.

Die Idee der vorliegenden Bachelorarbeit basiert auf den eben geschilderten Gegebenheiten. Die Untersuchung geht der Frage nach, ob vorhandene Unterschiede in der Lernunterstützung durch Virtual Reality tatsächlich geschlechtsbedingt sind. Ziel ist es eine solche These zumindest kontextspezifisch zu widerlegen. Dazu werden die Daten aus dem vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg geförderten Forschungsprojekt ViRAI empirisch aufgearbeitet und ausgewertet. Die vorliegende Abschlussarbeit ist dabei so strukturiert, dass zunächst theoretische Aspekte dargelegt werden, welche die Grundlage der Untersuchung bilden. Anschließend wird im dritten Abschnitt der aktuelle Forschungsstand verschiedener Kontexte thematisiert, darunter Befunde zu Geschlechterunterschieden kognitiver Natur, aber auch das Geschlechterverhältnis im Ingenieurwesen. Darauf aufbauend wird das methodische Vorgehen näher erläutert und die Ergebnisse der statistischen Datenanalyse dokumentiert. Abschließend werden diese zusammengefasst und vor dem im Vorfeld dargelegten Forschungsstand diskutiert.

Zuletzt sei anzumerken, dass im Projekt ViRAI auch nicht-binäre Geschlechterangaben möglich sind. Allerdings wurde bisher keine solche Angabe gemacht, daher beschränkt sich diese Arbeit gezwungenermaßen mit dem binären Geschlechtermodell.

2 Theoretischer Hintergrund

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen, auf denen die vorliegende Arbeit beruht. Diese strecken sich über die Themen Digitale Medien im Allgemeinen, Virtual Reality und das Projekt ViRAI. Folgend werden die genannten Themen in einem für diese Arbeit angemessenen Rahmen erläutert.

2.1 Digitale Medien

Als Medien werden Kommunikationsmittel jeglicher Form verstanden. Der Begriff wird aus dem lateinischen hergeleitet und bedeutet "Vermittler"; als ein solcher fungieren Medien, indem sie Mittel und Instrument zur Informationsspeicherung und -übertragung darstellen (vgl. Schneider/ Toyka-Seid 2023).

2.1.1 Digitale Medien und ihre Bedienoberfläche

Die ganze Bandbreite der Medien wird weiterhin unterteilt in analoge und digitale Medien, der konkrete Unterschied liegt dabei darin, dass digitale Medien die Daten mittels Binärcodes elektronisch erfassen, während analoge Medien sich von dieser Arbeitsweise unterscheiden. Laut Mitschian (2010) geht es nicht nur um die Form der Präsentation eines Mediums, sondern im weiteren Sinne auch um dessen Produktion. Dies wiederum ist die Grundlage seiner Aussage, dass unter dieser Voraussetzung zur Abgrenzung analoger und digitaler Medien alle Medien zu den digitalen zählen (vgl. Mitschian 2010, S. 15 f.). Ein solcher Standpunkt allerdings macht die Diskussionen über einen verstärkten Einsatz von digitalen Medien nichtig, wenn man sich vor Augen führt, dass dies realisiert wird, indem altbewährte Medien wie Bücher oder Tafelanschriebe durch beispielsweise Laptops ersetzt werden sollen. Entsprechend oft wird mit der engeren Auffassung digitaler Medien gearbeitet. So definiert auch die Bundeszentrale für politische Bildung digitale Medien als solche elektronischer

Art (vgl. Bundeszentrale für politische Bildung 2021). Auf dieser Basis ist eine Betrachtung der Anwendung von Medien differenzierter möglich.

Bei der Verwendung digitaler Medien sind Schnittstellen vonnöten, mithilfe derer der Informationsaustausch zwischen einem System und dem Nutzer stattfindet. Solche Schnittstellen werden auch als User Interface (UI) bezeichnet. Lif (1998) beschreibt UI sowohl als das Auftreten eines Systems, als auch das Verhalten dessen. Da Medien allerdings nicht nur genutzt, sondern darüber hinaus Erfahrungen mit ihnen gemacht werden (vgl. McCarthy/ Wright 2004) bedarf es eines qualitativ hochwertigen UIs, denn aus ihm resultieren Konsequenzen für das Nutzungserlebnis. Diese Gesamterfahrung wird auch als User Experience (UX) bezeichnet und ist deshalb so wichtig, da Medien nicht einfach nur genutzt, sondern darüber hinaus Erfahrungen mit ihnen gemacht werden (vgl. McCarthy/ Wright 2004).

2.1.2 Stellenwert digitaler Medien in Bildungssettings

Da digitale Medien sich zunehmend in Alltag und Beruf etablieren, bekommt der kompetente Umgang mit ihnen verstärkt einen vorausgesetzten Charakter. Dabei geht es nicht nur darum, dass digitale Medien das Lernen verbessern. Spätestens seit der umfangreichen Studie des Wissenschaftlers John Hattie ist klar, dass es durchaus größere Einflussfaktoren auf das Lernen gibt als die reine Technologie (vgl. Waack 2018). Vielmehr wird die Bedeutung von Technologie mit einbezogen, um angemessen für bevorstehende Veränderungen gewappnet zu sein. Damit geht einher, dass Medienbildung auch in Bildungssettings verstärkt in den Fokus rückt und die Medienintegration in Bildungsorganisationen ansteigt. Eine digitale Technologie, die aktuell verstärkt Einzug in der Hochschullehre hält, ist die sogenannte Virtuelle Realität (VR) (vgl. Niedermaier/ Müller-Kreiner 2019).

Digitale Medien unterliegen der digitalen Transformation, welche unwillkürlich mit sich bringt, dass Technologien und Anwendungen sich kontinuierlich verändern. Das kann für den Einzelnen bedeuten, dass es zu einer Überholung der eigenen Fähigkeiten und Kenntnisse kommt. Daraus resultiert

die Anforderung, ausreichend technisches Verständnis, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit mitzubringen, um die eigene Medienkompetenz zu erweitern und Anwendungen adäquat nutzen zu können.

Wo absehbar ist, dass solche Fertigkeiten zukünftig gefordert werden, ist es wichtig, sie im Vorfeld zu fördern. Dieser Verantwortung blickt die Bildungspolitik im Rahmen der Medienbildung entgegen, gerade da die Ergebnisse der letzten International Computer and Information Literacy Study (ICILS) aus dem Jahr 2018 zeigen, dass ganze 33,2 % der Schülerschaft in Deutschland nicht die notwendigen computer- und informationsbezogenen Kompetenzen besitzen, die es verlangt um zumindest im mittleren Kompetenzbereich verortet zu werden und damit fähig zu sein unter Hilfestellung Aufgaben an einem digitalen Medium zu erarbeiten (vgl. Eickelmann/ Bos/ Labusch 2019, S.13). Der Anteil der Schülerinnen und Schüler, welche im Jahr 2018 den Kompetenzstufen I und II zuzuordnen sind, ist damit nicht signifikant abweichend von den 29,2 % aus dem Jahr 2013, und das, obwohl die fortschreitende Digitalisierung solche Kompetenzen voraussetzt (vgl. ebd.). Gleichzeitig werden digitalisierungsbezogene Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen von Lehrkräften in den Vergleichsländern stärker wahrgenommen als in Deutschland. Nichtsdestotrotz geht aus der Studie ebenfalls hervor, dass digitalisierungsbezogene Bildungsziele an Schulen in Deutschland als wichtig erachtet werden, wenngleich diesen in anderen Ländern eine noch größere Bedeutung zugeschrieben wird (vgl. Eickelmann/ Bos/ Labusch 2019, S.16).

2.2 Virtual Reality

Obschon der Begriff der Virtuellen Realität erst später auftritt, erzählt der Science-Fiction-Autor Stanley G. Weinbaum bereits 1935 in seinem Buch „Pygmalion’s Spectacles – A Short Story“ von der Entwicklung einer Technologie, durch die eine fiktive Welt eingetaucht werden kann (vgl. Weinbaum 2012). Seine Idee erinnert stark an das Prinzip von VR. Zwar gibt es keine einheitliche Definition des Begriffs Virtual Reality (vgl. Doerner et al. 2022, S. 11), was nicht zuletzt auf ihre Komplexität und Vielfalt zurückzuführen ist, jedoch haben viele Definitionen miteinander gemein, dass VR gewisse

Theoretischer Hintergrund

technische und nichttechnische Bedingungen erfüllen muss. Darunter fallen ihr 3D-Charakter, Immersion und die Interaktion, welche der Nutzer mittels technischer Schnittstellen mit ihr erfährt. (Cruz-Neira 1993; zitiert nach Doerner et al. 2022, S. 12).

Die Virtuelle Umgebung, in die der Nutzer mittels technischer Endgeräte eintaucht, ist dreidimensional und erschafft damit den Eindruck räumlicher Tiefe. Immersion ist dabei der Effekt auf einen Nutzer, etwas als real zu empfinden und darin einzutauchen. Dies kann auf zwei Ebenen stattfinden. Zum einen gibt es die mentale Immersion, zum anderen die physikalische Immersion. Erstere beschreibt die Akzeptanz einer Fiktion und die mentale Beteiligung am Geschehen. Um eine solche zu erfahren, verlangt es keine neuartige Technologie. Der Grund, weshalb sich das Immersionserlebnis in VR allerdings von anderen abhebt, ist die physikalische Immersion. Sie beschreibt einen Zustand, in dem der Nutzer nicht nur mental, sondern auch körperlich in eine Simulation eintaucht.

Laut Slater und Wilbur (1997) gibt es vier Kriterien, welche dabei ausschlaggebend sind. Ersteres bezeichnen sie als „inclusive illusion“ und beschreiben damit die Fähigkeit, den Rezipienten mittels der VR-Technologie weitestgehend von seiner realen Umgebung zu trennen und folglich nur solchen Reizen auszusetzen, die computergeneriert sind. Im Sinne der „extensive illusion“ sollen diese Reize möglichst verschiedener Art sein, dementsprechend also so viele Sinneskanäle als irgend möglich erreichen. Die „surrounding illusion“ ist die dritte technische Eigenschaft, die das Konstrukt der physikalischen Immersion bedingt. Sie beschreibt, dass ein VR-gestütztes System den Rezipienten gänzlich umgibt. Ein weiteres Merkmal ist die Lebendigkeit der virtuellen Realität. Letzteres benennen Slater und Wilbur „vivid illusion“, welche bedingt ist von Faktoren wie der Auflösung, Farbgestaltung und Qualität der Darstellung (vgl. Slater/ Wilbur 1997, S.604 f.).

Die Interaktion mit VR ist so zu verstehen, dass das Geschehen vom Anwender selbst gesteuert werden kann. Seine Rolle geht in diesem Fall über die eines Rezipienten hinaus. Technische Schnittstellen wie HMDs, Controller oder integrierte Bewegungssensoren sind dazu da den Nutzer aktiv und in Echtzeit an der Virtuellen Umgebung und dem Geschehen teilhabenzulassen und es mittels selbiger manipulieren zu können.

Die konventionellste Form der notwendigen Mensch-Maschine-Schnittstelle, auf die es im Rahmen einer VR-Nutzung ankommt, sind sogenannte Head-Mounted-Displays (HMD), welche der Nutzer aufsetzt, um mit der virtuellen Welt oder Teilen dieser zu interagieren. Durch solche findet der Informationsaustausch zwischen ihm und der computergenerierten Welt statt. Auch hierunter fallen verschiedene Technologien und Endgeräte.

Ein Beispiel hierfür ist die VR-Brille. Gerade diese gewinnt in der Lehre immer mehr an Beliebtheit (vgl. Niedermaier/ Müller-Kreiner 2019). Sie bietet dem Anwender die Möglichkeit, gleich mit mehreren Sinnen in die künstliche Parallelwelt einzutauchen. Diese kann er mittels der Brille sehen und durch integrierte Lautsprecher hören.

2.3 Projekt ViRAI

Grundlage dieser Arbeit ist das Projekt „ViRAI“, welches im Februar 2020 ins Leben gerufen wurde. Das Akronym steht für „Virtual Reality in der universitären Ausbildung im Ingenieurwesen“ und beschreibt den Gegenstand des Projekts. Dieses entstand in Kooperation vom Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart, dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und dem Ludwig-Uhland-Institut für empirische Kulturwissenschaft (LUI) der Eberhard Karls Universität Tübingen (vgl. www.uni-stuttgart.de).

Ausgangspunkt des Projekts und die Begründung für seine Relevanz ist die Annahme, dass Ingenieure und Ingenieurinnen zukünftig verstärkt sowohl mit VR- als auch AR-Anwendungen arbeiten werden. Diese These wird unter anderem durch den Umstand gestützt, dass solche Technologien bereits heute Einzug in verschiedenen Prozessen in Arbeit und Privatleben finden. Entsprechend müssen auch im Kontext des Ingenieurwesens angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um angehende Absolventen und Absolventinnen bereits in ihrer Ausbildung zu befähigen, mit eben solchen Technologien zu arbeiten. Diesem Vorhaben hat sich auch die Universität Stuttgart gewidmet. Ein erwünschter Nebeneffekt ist dabei, dass sich das auch für die Lehre selbst als profitabel erweist. Das Projekt

Theoretischer Hintergrund

ViRAI evaluiert in diesem Zusammenhang das Verhalten und die Resultate Studierender des Studiengangs Technologiemanagement an der Universität Stuttgart. Die Untersuchung beschränkt sich damit ausschließlich auf zukünftige Ingenieure und Ingenieurinnen, welche ihre Ausbildung dort absolvieren und im Zuge dessen zwangsläufig die VR-unterstützte Lehrveranstaltung „Grundzüge der Produktentwicklung“ (GdP) belegen. ViRAI möchte der Frage nachgehen, ob die Implementierung von VR im Lehrkonzept eine Verbesserung der Leistung der Studentinnen und Studenten signifikant begünstigt.

Aufgrund der aktuellen Relevanz der Erforschung von VR-basierten Lehr-Lernkonzepten wurde dieser Beitrag vom Wissenschaftsministerium des Landes Baden-Württemberg mit insgesamt 400.762 € gefördert (vgl. www.mwk.baden-wuerttemberg.de).

2.3.1 GdP als Teil des Technologiemanagementstudiums

Das Modul „Grundzüge der Produktentwicklung“ wird an der Universität Stuttgart in zwei Vorlesungen aufgeteilt, „Grundzüge der Produktenwicklung I“ und „Grundzüge der Produktentwicklung II“, jeweils mit dazugehöriger Übung. Diese werden abwechselnd im Winter- und Sommersemester angeboten und erstrecken sich damit gemeinsam über zwei Studiensemester. Das Angebot richtet sich ausschließlich an Technologiemanagement-Studierende im Bachelor und zielt darauf ab, ihnen Wissen, Fähigkeiten und wesentliche Fertigkeiten näherzubringen, welche die Entwicklung technischer Produkte und die Konstruktion dieser verlangen. Inhaltlich befasst sich die Lehrveranstaltung mit diversen Aspekten der Produktentwicklung. Darunter fallen Themen wie das Patentrecht, anfallende Kosten oder das Virtual Engineering. In Hoffnung auf eine Wissensvertiefung durch die praktische Anwendung der theoretischen Inhalte arbeiten die Studierenden in den Übungen zu GdPI und II gruppenweise Projekte aus, welche für jedes Semester neu konzipiert werden. Im Wintersemester sind es Getriebeprojekte, im Sommersemester hingegen Kreativ- bzw. Maschinenprojekte.

2.3.2 VR unterstützte Übung als Teil des Technologiemanagementstudiums

Wie in Punkt 2.3.1 ausgeführt, finden im Rahmen des Technologiemanagementstudiums Übungen zu den GdP-Vorlesungen statt. In diesen Übungen werden die Studierenden in Gruppen von 6 Personen eingeteilt, innerhalb derer sie über das Semester hinweg eine Konstruktion entsprechend der Projektaufgabe ausarbeiten. Im Laufe des Semesters gibt es insgesamt sechs Zeitpunkte, bestehend aus drei Testaten und den dazugehörigen Nachtestaten, zu denen die Projektgruppen konkrete Abgaben einzureichen haben.

Die Aufgabenstellung wird von den Lehrenden für jedes Semester neu konzipiert, allerdings gleichen sich alle in Umfang, Komplexität und den dafür notwendigen Vorkenntnissen. Übernommen wird die Abhaltung der Übungen von Tutoren, welche neben dem Dozenten zugleich Ansprechpartner für die Studierenden sind.

Seit dem Wintersemester 21/22 werden die Übungen zu GdPI und II durch VR unterstützt. Während die Studierenden weiterhin in Gruppen von 6 Personen eingeteilt werden, wird zum Beginn eines jeden Semesters zusätzlich festgelegt, welche dieser Gruppen VR nutzen und welche stattdessen übliche Verfahren anwenden und damit als Kontrollgruppen dienen. Da das Modul GdP sich über zwei Semester erstreckt und Studierende demnach an zwei Übungen teilnehmen, wechseln sie sich dahingehend ab. Durch die Änderung dieses VR-Status zum Semesterwechsel, ist folglich jede Gruppe, die vorher VR nutzen konnte, im darauffolgenden Semester eine Kontrollgruppe ohne VR und jede bisherige Kontrollgruppe wiederum nun eine VR-Gruppe. Die Nutzung von VR sieht im Rahmen der GdP Übung so aus, dass Studierende ihre Konstruktionen mittels VR-Brillen dreidimensional betrachten und mit ihnen interagieren können, während die Kontrollgruppen etwaige Kollisionen oder andere Mängel lediglich mittels ihrer Zeichnungen und ihrer CAD-Dateien am Rechner entdecken oder gar kontrollieren können.

Für die Implementierung von VR wurde vom Fraunhofer IAO eine neue Anwendung entwickelt, die auf die Bedürfnisse der Lehrveranstaltung zugeschnitten ist. Zu Semesterbeginn gibt es verpflichtende Termine, in welchen den Studierenden das Programm mit seinen Funktionen nach und

nach vorgestellt wird, während sie sich spielerisch an dieses herantasten. Im Laufe des Semesters müssen diese Studierenden weiterhin an mindestens einer VR-Session teilnehmen, in der sie an ihrer Konstruktion arbeiten. Weitere Termine können auf Wunsch vereinbart werden, werden jedoch nicht vorausgesetzt.

3 Forschungsstand und Hypothesen

In diesem Kapitel werden zunächst einige aktuelle und relevante Erkenntnisse bisheriger Forschungen dargestellt, welche sich mit derselben oder einer ähnlichen Thematik auseinandersetzen, wie diese Arbeit. Gemeinsam tragen sie zum Fundament der vorliegenden Untersuchung bei und bilden damit auch die Grundlage für die Hypothesen, welche im Anschluss aufgestellt werden.

3.1 Forschungsstand

Bisher gibt es kaum Studien, welche sich mit Virtual Reality in der Lehre befassen und sich dabei konkret auf etwaige geschlechtsspezifische Unterschiede beziehen. Nichtsdestoweniger gibt es zahlreiche Studien, welche eine solche Gegenüberstellung der Geschlechter innerhalb ähnlicher Kontexte zu beobachten versuchen. Im Fokus stehen in dieser Arbeit die Erkenntnisse zu Geschlechterunterschieden in den kognitiven Fähigkeiten, in der Mediennutzung und im Ingenieurwesen.

3.1.1 Kognitive Fähigkeiten, Kompetenzen und Interessensgebiete

Das Gehirn zählt als Steuerzentrale eines Menschen und ist neben vielen weiteren seiner wichtigen Funktionen zuständig für die Verarbeitung kognitiver Prozesse. Dabei besteht die Annahme, die Anatomie eines Hirns habe Einfluss auf solche kognitiven Prozesse und Fähigkeiten und sei zudem gleichzeitig abhängig vom Geschlecht. Nicht zuletzt aus diesem Grund beschäftigt sich die Forschung seit

geraumer Zeit mit der Frage nach der Existenz geschlechtsspezifischer Unterschiede neurowissenschaftlicher Art und ihrer Form (vgl. Hausmann 2007). Allerdings sprechen Wissenschaftler dennoch von einer Unterrepräsentation der Frau in der neurowissenschaftlichen Forschung (vgl. Prendergast/Onishi/Zucker 2014) und machen damit klar, dass der Geschlechtsthematik bisher nur unzureichende Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die Erforschung von Geschlechterunterschieden findet dabei ebenfalls im Kontext der Hirnanatomie statt. Es steht bereits fest, dass anatomisch Unterschiede zwischen dem männlichen und dem weiblichen Gehirn bestehen (vgl. Ritchie et al. 2018). Nichtsdestotrotz ist dadurch noch nicht die Frage beantwortet, ob diese einen Einfluss auf kognitive Prozesse haben. Dafür ist der bloße Nachweis anatomischer Geschlechtsunterschiede im Gehirn kein hinreichender Beweis (vgl. Hirnstein/ Hausmann 2010, S. 70), nicht zuletzt da die Komplexität der Thematik kontroverse Untersuchungsergebnisse begünstigt. Hausmann schreibt, dass sich das kognitive Verhalten von Männern und Frauen zwar unterscheiden kann, solche vermeintlich auf dem Geschlecht basierenden Unterschiede dabei allerdings zeitgleich in Relation dazu zu betrachten sind, wie diese innerhalb ein- und derselben Geschlechtergruppe ausfallen (vgl. Hausmann 2007, S. 106). Gerade wenn sich die Abweichungen innerhalb eines einzelnen Geschlechts als groß erweisen, ist es umso schwieriger von diesem als Faktor zu sprechen.

Wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zur geschlechtsspezifischen Ausprägung kognitiver Fähigkeiten fallen insgesamt wie folgt aus:

Eine Unterscheidung der beiden biologischen Geschlechter findet verstärkt in räumlichen und verbalen Fähigkeiten statt. Auch mathematische Leistungen werden positiv auf Geschlechtsunterschiede untersucht, allerdings sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen insgesamt nicht konsistent. Hier gibt es die Annahme, dass es dabei auf die konkrete Teilfunktion ankommt, über die man Aussagen treffen möchte (vgl. Hirnstein/ Hausmann 2010, S. 76).

In den verbalen Fähigkeiten gibt es über verschiedene Untersuchungen hinweg konsistent bessere Ergebnisse von Frauen im Vergleich zu den Männern. Hingegen in der räumlichen Wahrnehmung, der räumlichen Visualisierung und der mentalen Rotationsfähigkeit beispielsweise weisen Frauen im Vergleich zu Männern ein Defizit in der Raumkognition auf (vgl. ebd.). Insgesamt haben Frauen und

Männer in ihren Leistungen allerdings mehr gemeinsam, als sie unterscheidet. So ist der Überschneidungsbereich größer als die Bereiche, in denen ein Geschlecht dem anderen überlegen ist (vgl. ebd.).

Ähnliche Befunde zeigt auch die PISA-Studie 2018. Unter den fünfzehnjährigen Schülerinnen und Schülern in Deutschland erzielen weibliche Teilnehmerinnen höhere Werte in der Lesekompetenz als ihre männlichen Mitstreiter (vgl. Reiss et al. 2018, S. 5 f.) Diese wiederum schneiden besser in mathematischen Leistungen ab (vgl. ebd., S. 17). Räumlich-visuelle Fähigkeiten fragt PISA nicht ab.

Die Vergleichsstudie ROSE aus dem Jahre 2007 befasst sich mit dem Interesse von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1 an Inhalten mit naturwissenschaftlichem Bezug. Die Erhebung zeigt, dass das Interesse an Rätseln und Wundern der Natur größer ist als das ihrer männlichen Mitschüler (vgl. Elster 2007, S.6 f.). Diese hingegen interessieren sich verstärkt für Spektakuläres wie zum Beispiel durch Meteoriten induzierte Katastrophen (vgl. ebd.). Auch der Fortschritt der Technik sowie moderne Technologien sind unter den Jungen angesehen. Das Interesse an Technik umfasst dabei auch Bereiche wie den Maschinenbau, die Informatik und die Elektrotechnik (vgl. Güdel 2014, S. 48). Diese Zugewandtheit spiegelt sich bei den weiblichen Schülerinnen nicht im selben Maße wider (vgl. ebd.; vgl. Elster 2007, S.7). Nichtsdestotrotz zeigt die Studie, dass die Technikaffinität stark vom Technikunterricht beeinflusst wird, allerdings konnte das nur für die weiblichen Schülerinnen festgestellt werden. auf das Interesse dessen am Technikunterricht ausmacht (vgl. Güdel 2014, S. 263). Die Studie konnte darüber hinaus zeigen, dass die Technikaffinität in Zusammenhang mit der Geschlechterrolle einer Schülerin oder eines Schülers steht. (vgl. ebd. S. 278) und dass diese bei den Jungen verstärkt traditionell orientiert ist, während die Geschlechterrollenorientierung bei Mädchen offener ausfällt (vgl. ebd. S. 7).

3.1.2 Umgang mit digitalen Medien

Statistische Untersuchungen zeigen, dass weibliche Studentinnen im Umgang mit digitalen Medien auf mehr Schwierigkeiten stoßen als ihre männlichen Kommilitonen. Emotional leiden sie durch das digitale Angebot in Lehrveranstaltungen zudem signifikant öfter an einer Überforderung als Studenten (vgl. Peksen 2018, S. 9). Allerdings wird angenommen, dass diese Diskrepanz sich minimiert, je

jünger die Personengruppen sind (vgl. ebd.), was nicht zuletzt darauf zurückzuführen ist, dass Kinder sich auf privater Ebene immer früher mit Medien digitaler Art vertraut machen. Diesen Trend haben Shapka und Ferrari bereits 2003 mit ihrer Studie gestützt (Shapka/ Ferrari 2003, S. 330).

Bezüglich der Wahl des digitalen Mediums zu Lern- und Studienzwecken sind mit Ausnahme des Tablets keine stereotypischen Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Studierenden festzustellen (vgl. Peksen S. 16). Zu diesem greifen Studenten öfter als Studentinnen, das Smartphone und der Computer werden im Geschlechtervergleich in etwa gleich häufig verwendet (vgl. ebd. S 15). In der Nutzung von Computern zeigen sich Frauen im Vergleich gehemmter als Männer und sind dadurch nicht im selben Maße experimentierfreudig wie diese (vgl. Tigges 2008, S. 73). Allgemein lässt sich sagen, dass das in einem starken Zusammenhang zum privaten Gebrauch digitaler Technologien steht. Bei Jungen ist dieser aktiver gestaltet (vgl. MPFS 2022, S. 13), allerdings gibt es zwischen Mädchen und Jungen keine signifikanten Unterschiede in der Häufigkeit der privaten Nutzung von Digitalmedien in der Freizeit (vgl. Gerick et al. 2018, S. 283). Zahlreiche Studien belegen im Kontext digitaler Medien eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung der Jungen im Vergleich zu Mädchen, welche als Bedingungsfaktor für Geschlechterunterschiede betrachtet wird (vgl. ebd., S. 276).

Die vergleichsweise neue Technologie der Virtuellen Realität ist wenig erforscht. Gerade wenn es um geschlechtsspezifische Unterschiede in VR geht, gibt es wenige Befunde. In der Studie von Grassini und Laumann aus dem Jahr 2020 wird untersucht, inwieweit das VR-Erleben mittels eines HMDs von Sexismus dominiert wird, die Ergebnisse fallen jedoch nicht zugunsten dieser Annahme aus. Eine etwaige Übelkeit durch Simulation kann nicht auf das Geschlecht zurückgeführt werden (vgl. Grassini/ Laumann 2020, S. 12 f.). Darüber hinaus gibt es keine nennenswerten Unterschiede zwischen Männern und Frauen, mit Ausnahme der kognitiven Leistung, bezüglich dieser können manche Studien sogar eine Führung der Frauen belegen (vgl. ebd.).

3.1.3 Geschlechterunterschiede im Ingenieurwesen

Neben Studien zu Unterschieden in der kognitiven Leistung zwischen Männern und Frauen gibt es auch welche zu Unterschieden im Ausbildungs- oder Arbeitsmarkt. Das statistische Bundesamt veröffentlicht regelmäßig Zahlen zu Studierenden verschiedener Fächergruppen, mitunter gibt es konkrete Angaben zu den Studiengängen und dem Geschlecht. Aus diesen geht hervor, dass der Frauenanteil im Ingenieurwesen deutlich geringer ausfällt als der Männeranteil (vgl. Statistisches Bundesamt 2022). Im Wintersemester 2021/2022 betrug dieser etwa 24,5 % und damit weniger als ein Viertel aller Studierenden. Zwei Jahre zuvor lag er etwa ein halbes Prozent drunter (vgl. ebd.). Eine Begründung, welche in der Literatur öfter genannt wird, ist eine mangelnde Zuversicht seitens der Mädchen, den Herausforderungen und Problemen des Ingenieurwesens gerecht zu werden (vgl. Finsterwald et al. 2012, S. 195). Das ist auch vereinbar mit dem Befund, dass das biologische Geschlecht nach wie vor einen starken Prädiktor für die Berufswahl in- oder außerhalb von MINT-Fachbereichen darstellt (vgl. Güdel 2014, S. 78). Dabei gibt es zunehmend Bemühungen, um dieser Entwicklung entgegenzuwirken. Solche Interventionen finden selbst auf nationaler Ebene statt, indem das Bundesministerium für Bildung und Forschung sich dem Problem annimmt und zur Bewältigung dessen beizutragen versucht. Ein Beispiel dafür ist die Förderrichtlinie „MissionMINT – Frauen gestalten Zukunft“ (vgl. BMBF 2021). Die Projekte im Rahmen dieser sind dabei an eine weibliche Klientel gerichtet und umfassen konkrete Maßnahmen und Bedingungen für ebensolche (vgl. ebd.). Förderungen beschäftigen sich in diesem Kontext auch mit Ursachen und ihren Auswirkungen und thematisieren verstärkt Themen wie Geschlechterrollen und Stereotype, Selbstwirksamkeit und den unverhältnismäßig großen Hürden, welche es als Frau im Ingenieurwesen zu überwinden gilt (siehe Kapitel 3.1.1). Bisher ist die Frauenquote jedenfalls noch ausbaubar, so zeigt eine Untersuchung des statistischen Amtes der Europäischen Union, dass Baden-Württemberg mit einer Frauenquote von gerade mal 29 % mitunter die niedrigsten Frauenquoten im europaweiten Vergleich aufweist (vgl. Eurostat 2021). In der gesamten EU liegt der Frauenanteil in Wissenschaft und Ingenieurwesen bei 41,1 %, mit 33,3 %

liegt er in Deutschland somit zwar höher als allein in Baden-Württemberg, allerdings deutlich niedriger als der europäische Durchschnitt. Spitzenreiter sind Litauen mit 55 % und Norwegen mit 55,1 % (vgl. www.statista.de).

3.2 Forschungsgeleitete Hypothesen

Insgesamt sind sowohl im Ingenieurwesen als auch in der Mediennutzung eine deutliche Diskrepanz zu beobachten, welche unter anderem auf Gegebenheiten wie die Selbstwirksamkeit oder Kognition zurückgeführt wird. Das Kapitel 2.1 beschreibt zudem, weshalb VR künftig verstärkt in der Lehre eingesetzt wird. Einige Quellen behaupten allerdings, dass VR darüber hinaus einen positiven Effekt auf das Lernen oder den Lernerfolg hat (vgl. Schweiger et al. 2022). Während ViRAI diese These im Allgemeinen zu überprüfen versucht, ist der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit die Beantwortung der Frage, ob es geschlechterspezifische Unterschiede hinsichtlich eines möglichen Lerneffekts gibt.

Untersucht wird, ob VR bei Männern eine signifikant andere Auswirkung auf die Studienleistung im Ingenieurwesen hat als bei Frauen. Daher lautet die erste Hypothese:

H1: Die Verwendung von VR hat insgesamt einen anderen Effekt auf die studentische Leistung von Männern und Frauen im Ingenieurwesen.

Da die Daten des Projektes ViRAI eine genauere Betrachtung der vier Einzelkategorien Konzept, Montage, Fertigung und Formal umfasst, werden diese auch gesondert betrachtet.

H2: Die Verwendung von VR hat in der Kategorie Konzept einen anderen Effekt auf die studentische Leistung von Männern und Frauen im Ingenieurwesen.

H3: Die Verwendung von VR hat in der Kategorie Montage einen anderen Effekt auf die studentische Leistung von Männern und Frauen im Ingenieurwesen.

H4: Die Verwendung von VR hat in der Kategorie Fertigung einen anderen Effekt auf die studentische Leistung von Männern und Frauen im Ingenieurwesen.

H5: Die Verwendung von VR hat in der Kategorie Formal einen anderen Effekt auf die studentische Leistung von Männern und Frauen im Ingenieurwesen.

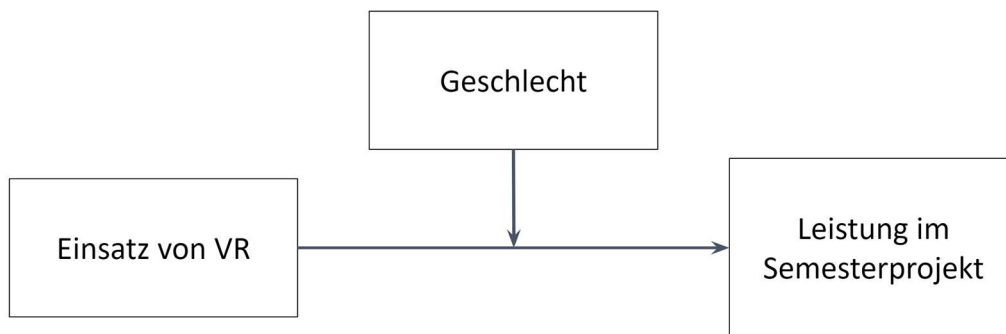


Abbildung 1 Funktionale Beziehung

4 Methodische Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird der praktische Teil der vorliegenden Untersuchung beschrieben, welche auf den zuvor erläuterten theoretischen Grundlagen aufbaut. Es umfasst den Aufbau der Untersuchung und das methodische Vorgehen bei dem Versuch der Frage nachzugehen, ob innerhalb der universitären Ausbildung im Ingenieurwesen das Geschlecht einen Einfluss auf die Lernfähigkeit durch VR

hat. Dazu wird zunächst die Datenerhebung und deren Aufbereitung erläutert, welche für die angestrebte Datenanalyse erforderlich sind. Anschließend werden die Ergebnisse dieser dargestellt und zusammengefasst. Abbildung 2 veranschaulicht das methodische Vorgehen.

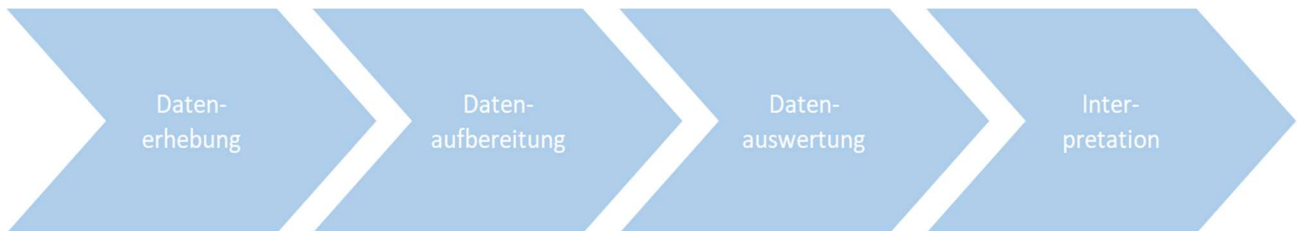


Abbildung 2 Methodisches Vorgehen

Für die vorliegende Forschungsarbeit wird auf Daten zurückgegriffen, welche im Rahmen des Projekts ViRAI erhoben wurden. Grundlage dieser bieten die im Rahmen des Technologiemanagementstudiums von den Studierenden erarbeiteten Projekte zum Modul “Grundzüge der Produktentwicklung” (siehe Kapitel 2.3).

4.1 Datenerhebung

Im Rahmen der GdPI und GdPII-Übungen leisten Studierende zu sechs vorher festgelegten Zeitpunkten Abgaben. Diese Abgaben werden vom Betreuer bewertet (siehe Kapitel 2.3). Dabei gibt es konkrete Fehlermöglichkeiten, welche bereits im Vorfeld festgelegt wurden, da sie auf Basis vorangegangener Erfahrungen häufig auftreten. Die insgesamt zehn Fehlermöglichkeiten dienen als Kriterienkatalog für die Bewertung der studentischen Abgaben und lauten wie folgt:

- Konzept
 - Konzept entspricht nicht (allen) Anforderungen
 - Verschwendung (unnötig kompliziert)
 - Schnittstellenprobleme (Passungen, Dichtungen)

	- Probleme mit Verbindungselementen bzw. Verbindungsmethoden (Lagerung, Verschraubungen)
Montage	- Räumliche Überschneidung von Bauteilen (Überlappen) - Montagewege nicht beachtet (Durchdringung von Teilen für die Montage nötig)
Fertigung	- Bauteil unmöglich zu fertigen oder nicht an Fertigungsart angepasst - Konstruktion berücksichtigt ggf. hohe Fertigungskosten nicht
Formal	- Zeichnung schwer verständlich oder nicht fertigungsgerecht - Zeichnung nicht normgerecht

Tabelle 1 Kriterienkatalog im Modul GdP

haben jedoch für diese Arbeit keine Relevanz. Stattdessen befasst sich diese Arbeit mit den vier Kategorien, in die sie eingeteilt werden. Diese sind: Konzept, Montage, Fertigung und Formal. Zusätzlich zu diesen wird aus ihnen außerdem die Durchschnittfehlerquote der Projektgruppen berechnet. Allerdings ist zu beachten, dass der höchstmögliche Wert bei 1 liegt. Der höchste Fehlerwert der erreicht werden kann ist also 1, da den Studierenden für jede Fehlermöglichkeit höchstens ein Fehlerpunkt vergeben wird, unabhängig davon, wie oft dieser tatsächlich begangen wird.

Die im Projekt ViRAI erhobenen Daten liegen im .xlsx Format vor. Die Datei beinhaltet Tabellen, aus denen ersichtlich wird, welcher Proband in welchem Semester, zu welchem der jeweils sechs Messzeitpunkte eines Semesterprojektes welchen Fehlerpunkt erhalten hat. Diese und weitere Variablen, die im Datensatz aufgenommen sind, sind folgende:

- Semester

An dieser Stelle wird angegeben, in welchem Semester ein Studierender am Semesterprojekt teilnimmt.

Methodische Vorgehensweise

- Konzept

Die Variable "Konzept" gibt an, welchem Konzept das Semesterprojekt zugehörig ist. Insgesamt gibt es 3 bzw. 4 Konzepte, sie sind zeitlich voneinander abgegrenzt und umfassen jeweils zwei aufeinanderfolgende Semester. Das erste stellt die Baseline dar, zu der die Studierenden beide Semesterprojekte gänzlich ohne VR-Unterstützung bearbeiteten. Die Konzepte 1 bis 3 unterscheiden sich in der Intensität der pädagogischen Unterstützung voneinander.

- Messzeitpunkt

Für jedes Semesterprojekt werden im Vorfeld sechs Messzeitpunkte festgelegt. Die Studierenden müssen zu diesen Zeitpunkten Abgaben leisten, die von den Tutoren kontrolliert werden. Sie unterteilen sich in insgesamt drei sogenannte Testate, auf die jeweils ein Nachtestat folgt, bevor das nächste beginnt. Die Testate sind im Grunde abgegrenzte Projektphasen und unterscheiden sich damit in den Kompetenzschwerpunkten voneinander, welche allerdings trotz unterschiedlicher Projekte zu anderen Semestern über die Semester hinweg miteinander übereinstimmen. Das erste Testat, dementsprechend der erste und zweite Messzeitpunkt, ist die Konzeptphase. Im zweiten Testat liegt der Fokus auf den Einzelteilen, das dritte Testat ist die Phase, in der der Schwerpunkt auf dem Zusammenbau liegt.

- Matrikelnummer

Jedem Studierenden wird zu seinem Studienbeginn von der Universität eine eigene Matrikelnummer vergeben. Anhand dieser persönlichen Kennung ist eine eindeutige Identifikation möglich.

- Geschlecht

Die Variable gibt an, welchem Geschlecht ein Proband zugehörig ist. Im Laufe der Untersuchung gab kein Proband etwas anderes an als männlich oder weiblich, daher bietet diese Untersuchung keine Grundlage für Erkenntnisse zu anderen Gendern.

- VR

VR ist in der vorliegenden Untersuchung die abhängige Variable. Sie gibt an, ob die Studierenden zum Zeitpunkt der Messung der Experimentalgruppe mit VR-Unterstützung oder der Kontrollgruppe ohne VR-Unterstützung zugehörig sind.

- mehrere Variablen zu Präsenzterminen

Die Variablen geben Aufschluss darüber, wann ein Termin wahrgenommen wurde, welcher Art dieser war (VR-Session oder Besprechung ohne VR) und wie viele solcher Termine im Vorfeld sowohl insgesamt als auch im konkreten Semester stattfanden.

- Tutor

Tutor gibt an, bei welchem Tutor der entsprechende Studierende die Gruppenübung abgelegt hat. Dieser Tutor war, neben dem Übungsbetreuer, über das Projekt hinweg Ansprechpartner für etwaige Fragen.

- GruppenID

Die Studierenden haben die Projektaufgaben in Gruppen à 6 Personen bearbeitet. Diese Variable gibt Aufschluss darüber, welcher Gruppe ein Studierender zugeteilt war.

- Gruppengröße

Diese Variable gibt an, wie groß die Gruppe zum jeweiligen Zeitpunkt war. Nicht in jedem Fall waren es 6 Personen. Das könnte daran gelegen haben, dass die Anzahl aller Studierenden in einem Semester nicht genau durch sechs teilbar war, oder aber, dass ein Gruppenmitglied während des Semesters die Gruppe verlassen hat.

Die Variablen "Tutor", "GruppenID" und "Gruppengröße" werden hier nicht weiter betrachtet, da jeder Studierende mit seinen individuellen Leistungen betrachtet wird. Letztlich steht jede Zeile, damit also jeder Fall im Datensatz, für einen einzelnen Messzeitpunkt eines einzelnen Studierenden; somit gibt es zu jeder Matrikelnummer mehrere Zeilen.

4.2 Datenaufbereitung und Data Sampling

In der Datenaufbereitung unterscheidet sich die Untersuchung dieser Arbeit von der des Projektes ViRAI. Das ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass die Untersuchungsfrage einen anderen Fokus setzt. Um diesem Rechnung zu tragen, wird der von ViRAI zur Verfügung gestellte Datensatz modifiziert. Das Ziel dabei ist eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchführen zu

können. Bei dieser sollen Studierende des männlichen Geschlechts den Studierenden des weiblichen Geschlechts gegenübergestellt werden, um zu ermitteln, ob sie bei der Bearbeitung des Semesterprojekts unterschiedlich von VR beeinflusst werden. Dies wird durch den Vergleich ihrer Fehlerwerte in der Kontrollgruppe zu ihren Fehlerwerten in der Versuchsgruppe untersucht.

4.2.1 Aufbereitung

Angesichts der Entscheidung die statistische Analyse mittels der von IBM entwickelten Software SPSS durchzuführen, welche sich zu Zwecken der Datenaufbereitung, als auch ihrer Analyse und Auswertung in der Welt der Statistik als leistungsstarkes Programm etabliert hat, werden die Daten zunächst in einen entsprechenden .sav-Datensatz übertragen.

Da im Projekt ViRAI außerdem keine Festlegung besteht, ob Studierende bei Eintritt in das zweisemestrige Modul zur Kontrollgruppe oder zur Versuchsgruppe gehören - damit also ein Teil der Studierenden das erste Projekt mit VR-Unterstützung erarbeitet und das zweite ohne eine solche, während der andere Teil umgekehrt zunächst keine VR-Unterstützung erhält, im darauffolgenden Semester hingegen VR nutzt - wird der Datensatz um die Variable "Cluster" erweitert. Dieses gruppiert die Studierenden in ebendiese Kategorien.

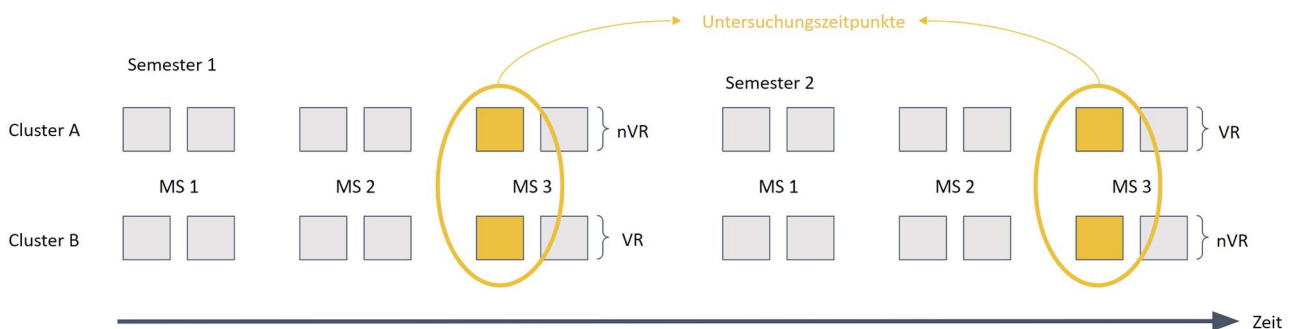


Abbildung 3 Unterscheidung Cluster A zu Cluster B

Methodische Vorgehensweise

Dabei gibt es zwei Optionen; entweder der oder die Studierende gehört Cluster A an und hat somit das erste der beiden Semesterprojekte ohne VR erarbeitet und das zweite dafür mit der Unterstützung der VR-Anwendung, oder alternativ Cluster B, in dem Studierende bereits im ersten Semesterprojekt VR-unterstützt arbeiten, dafür aber nicht im zweiten. Abbildung 3 veranschaulicht den Unterschied in der Reihenfolge der Messungen zwischen den beiden Möglichkeiten.

Daraufhin werden alle Semesterprojekte der Studierenden ermittelt, welche nicht abgeschlossen wurden, also zu denen weniger als 6 Zeilen vorliegen und die entsprechenden Zeilen mittels einer neuen Variable mit einem Filter versehen, da diese in einer ANOVA ohnehin nicht berücksichtigt würden. Auch werden alle Zeilen der Studierenden herausgefiltert, welche das zweisemestrige GdP-Seminar beendet haben, bevor VR zum Einsatz kam, da sie für die vorliegende Arbeit nicht von Relevanz sind. Demnach besteht der neue und gefilterte Datensatz sodann aus insgesamt 12 Zeilen zu jeder Matrikelnummer, welche sich entsprechend der beiden unterschiedlichen Semester, von denen eines mit VR-Unterstützung und eines ohne eine solche ausgeführt wurden, und den insgesamt 6 Testaten. Das sind zu diesem Zeitpunkt 1176 Zeilen im Long-Format.

Die angestrebte rmANOVA verlangt ein Wide-Format. Dafür wird der Datensatz mittels einer SPSS-integrierten Funktion umstrukturiert, sodass jede der inzwischen 1176 Zeilen die Werte zweier Semester zum selben Meilenstein beinhaltet, denn diese sollen für die vorliegende Arbeit miteinander in Verbindung gebracht werden, um Aussagen über den Einfluss von VR zu machen.

Der Datensatz umfasst damit 588 gültige Zeilen von insgesamt 98 Studierenden zu jeweils 6 Messzeitpunkten mit Fehlerwerten in 5 Kategorien. Da es jedoch nach wie vor Fälle gibt, welche für die vorliegende Arbeit nicht berücksichtigt werden können, da der Großteil der Studierenden die erste VR-Session erst zu einem späteren Zeitpunkt hatte, werden all' diejenigen Testate herausgefiltert, in denen VR bei der Projektarbeit noch keine Anwendung fand. Diese Maßnahme hat allerdings zur Konsequenz, dass die Stichprobe maßgeblich verkleinert wird. Auf Grundlage dessen, sowie der Tatsache, dass zu jedem Messzeitpunkt andere Kompetenzen bewertet werden und dem Tatbestand, dass jedes zweite Testat eine Verbesserung des vorangegangenen ist, dementsprechend der Tutor einen Einfluss auf die Bewertung hat, welcher die Beantwortung der Frage hinderlich ist, beschäftigt

sich die vorliegende Arbeit ausschließlich mit den Daten aus dem 5. Testat eines jeden Semesters, also dem 3. Meilenstein. Damit beläuft sich die Anzahl der gültigen Fälle nun auf 98 Studierende, welche sich aufteilen in 78 männliche Teilnehmer und 20 weibliche Teilnehmerinnen. Die 78 männlichen Studierenden unterlaufen anschließend mehrmals eine randomisierte Auswahl, um für den bevorstehenden Vergleich der Gruppen ein gleiches Größenverhältnis zu gewährleisten.

4.2.2 Cluster

Da eine Untersuchung nicht ausschließlich von vorher festgelegten unabhängigen Variablen geprägt wird, ist es umso wichtiger, weitere Einflussgrößen und Limitationen zu berücksichtigen, um den Ansprüchen wissenschaftlichen Arbeitens nachzukommen. Aus diesem Grund werden neue Variablen erstellt, welche den Studierenden Cluster zuweist. Das Modul GdP streckt sich über zwei Semester, in denen Studierende abwechselnd ein Semesterprojekt mit VR-Unterstützung erarbeiten und eines ohne. Damit gibt es zwei Cluster A und B, die die Reihenfolge repräsentieren. In Cluster A sind jene Studierende, welche zunächst kein VR anwenden, Cluster B sind hingegen Studierende, welche erst mit VR arbeiten und anschließend ohne. Da im Rahmen dieser Untersuchung nicht der Zeitpunkt, sondern stattdessen die VR-Nutzung den Innersubjektfaktor darstellt, heißt das für Cluster B, dass Studierende im ersten Wert (ohne VR) mehr Erfahrung haben als im zweiten Wert (mit VR, fand vor der Messung ohne VR statt). Die 98 gültigen Fälle (bestehend aus 78 männlichen und 20 weiblichen Teilnehmenden) umfassen unabhängig vom Geschlecht 37 Studierende in Cluster A, denen 61 Studierende aus Cluster B gegenüberstehen. Eine rmANOVA nach Cluster zeigt, dass dieses und damit die im Vorfeld gesammelte Erfahrung einen signifikanten Einfluss auf die studentische Leistung hat. Aus diesem Grund wird im nächsten Schritt darauf geachtet, dass das Cluster in den einzelnen Geschlechtergruppen ebenfalls gleichmäßig verteilt ist.

4.2.3 Sampling

Da die Stichprobe aus vier ungleichen Gruppen besteht, für den Vergleich allerdings ein gleiches Größenverhältnis gewünscht ist, werden die größeren Gruppe der kleineren Gruppe angepasst. Die

Methodische Vorgehensweise

20 weiblichen Studentinnen bestehen aus 8 Personen des Clusters A und 12 aus Cluster B. Das bedeutet, dass die kleinste der vier Gruppen aus 8 Personen besteht. In diesem Fall werden die 12 Cluster B-Studentinnen auf 8 reduziert und auch aus den 78 männlichen Probanden werden 16 ausgewählt, jeweils 8 aus jedem Cluster. Damit sollen die Veränderungen der Leistung der 16 weiblichen Probandinnen mit den Leistungsveränderungen der 16 ausgewählten männlichen Probanden verglichen werden. Um sicherzustellen, dass die Ergebnisse später nicht durch die Wahl der Probanden verfälscht werden, werden dabei zwei Maßnahmen eingehalten. Zum einen findet die Auswahl randomisiert statt. Dieser Prozess ist lediglich dahingehend beeinflusst, als dass das Clusterverhältnis in der Gruppe der weiblichen Probandinnen betrachtet wird, um selbiges auch in der Gruppe der männlichen Vergleichsgruppe wiederzugeben, in der Absicht dieses als unkontrollierten Einflussfaktor auszuschließen. Ferner werden drei solcher randomisierten Auswahlen getroffen, um zu prüfen, ob die randomisierte Auswahl an weiblichen und männlichen Studierenden tatsächlich die Gesamtheit der Stichprobe wiedergibt. Damit sollen etwaige Unterschiede in der Leistungsveränderung zwischen männlichen und weiblichen Studierenden nicht auf die Auswahl der Studenten zurückzuführen sein.

Das Sampling selbst findet wie folgt statt: Die Studierenden werden zunächst in vier Gruppen unterteilt, welche sich in Geschlecht und Cluster unterscheiden. Es gibt demnach die Frauen aus Cluster A, die Frauen aus Cluster B, Männer aus Cluster A und Männer aus Cluster B. Jede dieser vier Gruppen wird mittels einer neuen Variable der entsprechenden Gruppe zugeordnet, in der wiederum jedem und jeder Studierenden eine Laufnummer zugewiesen wird. Bei der kleineren Gruppe, den Studentinnen, ist das Verhältnis von Cluster A zu Cluster B bei 8:12.

Für jede der drei randomisierten Auswahlen (Filterungen) werden mittels eines Zahlengenerators dreimal 8 Zufallszahlen aus den Zahlenbereichen 1 bis 12, 1 bis 29 sowie aus dem Zahlenbereich 1 bis 49 generiert, jeweils ohne Nachkommastelle und ohne Wiederholung. Im Datensatz werden die zufällig bestimmten Fälle entsprechend versehen.

4.3 Datenanalyse

Zweck der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der Frage, ob das Geschlecht einen signifikanten Einflussfaktor beim Lernen mit VR innerhalb einer universitären Ausbildung im Ingenieurwesen darstellt. Die Vorbereitung der Daten dient der Datenanalyse mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (kurz: ANOVA) mit Messwiederholung, auch zweifaktorielle rmANOVA genannt. Sie wird auch rmANOVA genannt, rm steht für repeated measures und bedeutet, dass mehrere Messungen am selben Objekt vorgenommen wurden. Für die Analyse wird der aufbereitete Datensatz auf die Voraussetzungen der statistischen Methode überprüft.

4.3.1 Zweifaktorielle rmANOVA

Die statistische Datenanalyse zählt in der empirischen Forschung zu den wesentlichen Komponenten einer wissenschaftlichen Arbeit. Mittels statistischer Methoden werden erhobene Daten dazu genutzt, auf Grundlage der erhobenen Daten Erkenntnisse zu schaffen und damit der vollständigen Beantwortung der Forschungsfrage möglichst nahe zu kommen. Die Wahl der statistischen Methode ist dabei abhängig von der Fragestellung und den Daten selbst. Entsprechend dieser unterscheiden sich statistische Methoden je nach Untersuchung in ihrer Eignung. Bei der vorliegenden Abschlussarbeit findet die Datenanalyse mittels einer zweifaktoriellen rmANOVA statt. Häufig wird diese angewandt, wenn der Einfluss einer unabhängigen Variable auf eine abhängige Variable im Zeitverlauf untersucht werden soll. Es gibt dabei eine Reihe konkreter Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, um solch ein Analyseverfahren anwenden zu dürfen. Diese sind:

- Die Messungen sind unabhängig voneinander.
In anderen Worten bedeutet eine Unabhängigkeit der Messungen, dass die einzelnen Gruppen die Messwerte anderer Gruppen nicht beeinflussen (vgl. Ramasamy et al. 2023, S. 13).
- Die abhängige Variable ist metrisch skaliert (und normalverteilt).

Die Notwendigkeit dieser Annahme liegt den mathematischen Operationen zugrunde, welche hinter der zweifaktoriellen rmANOVA stecken. Eine Normalverteilung ist laut einer Reihe von

Publikationen nicht notwendig, allerdings ist das in der Statistik ein nach wie vor kontroverses Thema (vgl. ebd.; vgl. Blanca et al. 2017).

- Die unabhängige Variable ist kategorial.

Ein kategoriales Skalenniveau dient dazu, die Daten in Gruppen einzuteilen, um Unterschiede zwischen diesen festzumachen (vgl. Backhaus 2021, S. 219).

- Es herrscht Homoskedastizität.

Dieser Punkt wird auch Varianzhomogenität genannt und besagt, dass Varianzgleichheit innerhalb der Gruppen besteht (vgl. Ramasamy et al. 2023, S. 13).

- Keine Ausreißer in den Gruppen.

Grundsätzlich sind Ausreißer ein Problem für viele parametrische Tests, da sie gegenüber diesen nur wenig robust sind. Bei Vorhandensein von Ausreißern gibt es die Option, diese dennoch beizubehalten, vorausgesetzt es handelt sich um echte und für die Stichprobe demonstrative Ausreißer (vgl. Yang/ Berdine 2016, S. 54).

- Sphärizität.

Sphärizität bedeutet, dass die Varianzen der Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten möglichst gleich sind. Bei unter drei Faktorstufen muss allerdings nicht auf Sphärizität geprüft werden, da diese gegeben ist (vgl. Ramasamy et al. 2023, S. 13; vgl. Kuhlmei 2020, S.42).

Vor der Anwendung der zweifaktoriellen ANOVA muss der Datensatz auf die ebengenannten Bedingungen überprüft werden.

4.3.2 Prüfung auf Voraussetzungen

Um eine zweifaktorielle rmANOVA zu rechnen, müssen die Daten auf eine Reihe von Voraussetzungen überprüft werden. Besagte Überprüfung findet in diesem Kapitel statt.

Da gegebenenfalls vorhandene Ausreißer als valide Repräsentanten der Gesamtheit betrachtet werden, werden die Gruppen nicht auf solche getestet. Stattdessen bleiben auch diese Fälle in der Stichprobe als gültige Fälle enthalten. Auch müssen die Daten im Rahmen dieser Untersuchung nicht auf Sphärizität geprüft werden, da es für die unabhängige Variable Geschlecht nur zwei Faktorstufen gibt.

Zwei der Voraussetzungen beziehen sich auf das Skalenniveau bestimmter Variablen und verlangen damit keine Rechnung. Diese sind zum einen ein kategoriales Niveau der unabhängigen Variable, im Rahmen dieser Studie ist das das Geschlecht. Damit ist diese Voraussetzung gegeben. Zum anderen besteht die Voraussetzung eines metrischen Skalenniveaus für die abhängige Variable. Diese stellt für jede Kategorie und Filterung der jeweilige Fehlerwert eines Studierenden dar, welcher metrisch ist und damit der Voraussetzung entspricht.

Bei der Prüfung auf Normalverteilung gibt es hingegen Abweichungen, das gilt sowohl für die einzelnen Filter 1-3 als auch ohne Filter für die Gesamtheit der Fälle (ohne Filter werden 20 weibliche Studentinnen mit 78 männlichen Studenten, die Filter 1-3 vergleichen genau 16 Personen beider Geschlechter miteinander). Diese fallen auch bei Betrachtung der Q-Q-Plots auf, mit Ausnahme der Gesamt-Kategorien. Ein weiterer Grund, welcher die Ergebnisse der Prüfung entkräftet, ist, dass die ANOVA mit Messwiederholung gegenüber einer solchen Verletzung als robust gilt. Nichtsdestoweniger wird dies in die Limitationen mitaufgenommen, gerade weil die Stichprobe recht klein ist.

Zuletzt bleibt die Überprüfung der Homoskedastizität. Die Ergebnisse für einen jeden Zeitpunkt zeigt der Levene Test. Für die meisten Zeitpunkte ist die Varianz innerhalb der Gruppen mit $p > 0.05$ gegeben und sie entsprechen damit der Voraussetzung. Die Fälle, die davon abweichen, werden unter Berücksichtigung dessen und der Aufnahme in die Limitationen weiterverarbeitet. Die Tabelle zeigt gesammelt die Signifikanzwerte der Levene-Tests aller Zeitpunkte für jede Kategorie und Filterung.

		Filter 1	Filter 2	Filter 3
Insgesamt	ohne VR	0,049	0,904	0,320
	mit VR	0,680	0,699	0,767
Konzept	ohne VR	0,001	0,222	0,420
	mit VR	0,294	0,611	0,912
Montage	ohne VR	0,005	0,089	0,120
	mit VR	0,062	0,023	0,452
Fertigung	ohne VR	0,002	0,394	1,000
	mit VR	0,011	0,007	0,011
Formal	ohne VR	1,000	0,032	1,000
	mit VR	0,040	0,385	0,002

Tabelle 2 Signifikanzwerte der Levene-Tests

4.3.3 Statistische Tests zur Hypothesenprüfung und Interpretation

Die mit dem Programm SPSS durchgeführte statistische Analyse des Datensatzes zeigt folgende Ergebnisse:

Für den ersten Filter ist in der Kategorie Gesamt kein signifikanter auf dem Geschlecht basierender Unterschied der Leistung der Studierenden im Ingenieurwesen erkennbar, $F(1,30) = 2.20$, $p = .149$. Auch die Filter 2 ($F(1,30) = 1.23$, $p = .277$) und 3 ($F(1,30) = 0.39$, $p = .539$) bringen ein ähnliches Ergebnis hervor, mittels dieser Filterungen kann ebenso wenig ein signifikantes Ergebnis erzielt werden. Selbst nach Bereinigung um das Geschlecht bleibt das Ergebnis der Analyse im Zeitablauf nicht signifikant $F(1,30) = 0.30$, $p = .589$, Dieses Ergebnis wird von den Ergebnissen der Filterungen 2 ($F(1,30) = 0.03$, $p = .875$) und 3 ($F(1,30) = 0.03$, $p = .871$) gestützt.

Insgesamt kann für keine Filterung ein signifikantes Ergebnis in der Kategorie Gesamt erzielt werden. Die Hypothese H1 kann demnach nicht angenommen werden.

Methodische Vorgehensweise

Auch bei Betrachtung der studentischen Leistungen in der Kategorie Konzept wird unter Berücksichtigung des Geschlechts kein signifikantes Ergebnis im Zeitablauf erzielt, $F(1,30) = 2.34$, $p = .136$ (Filter 2: $F(1,30) = 2.30$, $p = .140$; Filter 3: $F(1,30) = 0.19$, $p = .667$;

Im Allgemeinen ist über die Zeit hinweg ebenfalls kein signifikantes Ergebnis erzielbar, $F(1,30) = 0.03$, $p = .866$. Das gilt ebenso für die Filter 2 ($F(1,30) = 0.09$, $p = .764$) und 3 ($F(1,30) = 3.02$, $p = .093$).

Auch die Hypothese H2 kann nicht angenommen werden.

In der Kategorie Montage gibt es für keine Filterung einen signifikanten Unterschied der studentischen Leistung über die Zeit hinweg, der auf dem Geschlecht basiert, Filter 1 mit $F(1,30) = .22$, $p = .640$. Einen solchen zeigen auch die Filterungen 2 ($F(1,30) = 3.95$, $p = .056$) und 3 ($F(1,30) = 1.31$, $p = .261$) auf.

Ohne Berücksichtigung des Geschlechts allerdings ist für Filter 1 ein signifikanter Unterschied in der Leistung der Studierenden im Ingenieurwesen im Zeitablauf erkennbar, $F(1,30) = 5.60$, $p = .025$. Das Ergebnis entspricht damit allerdings nicht den Ergebnissen aus der zweiten ($F(1,30) = 1.42$, $p = .243$) und dritten Filterung ($F(1,30) = 1.31$, $p = .261$).

Die Hypothese H3 muss ebenfalls verworfen werden.

Die dritte Einzelkategorie Fertigung zeigt im Zeitablauf für den ersten Filter keine Signifikanz in den Leistungsunterschieden nach Geschlecht der Studierenden im Ingenieurwesen, $F(1,30) = 0.48$, $p = .492$. Das Ergebnis wird von den Filtern 2 ($F(1,46) = 0.97$, $p = .332$) und 3 ($F(1,30) = 1.67$, $p = .207$) gestützt.

Bei Außerachtlassung des Geschlechts ist im Zeitablauf weiterhin kein signifikantes Ergebnis zu beobachten, $F(1,30) = 0.48$, $p = .492$. Gestützt wird dies durch die ebenfalls nicht signifikanten Unterschiede der Filter 2 ($F(1,46) = .11$, $p = .745$) und 3 ($F(1,30) = 1.67$, $p = .207$).

H4 kann damit nicht angenommen werden und wird verworfen.

Zusammenfassung und Ausblick

Auch für die letzte Kategorie Formal ist kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern nachweisbar, $F(1,30) = .64$, $p = .431$. Das Ergebnis fällt ebenso bei der zweiten ($F(1,30) = .71$, $p = .405$) und dritten ($F(1,30) = 0.16$, $p = .692$) Filterung nicht signifikant aus.

Mit $F(1,30) = .00$, $p = 1.000$ bleibt der Unterschied der Studierendenleistung zwischen den Messzeitpunkten auch unter Berücksichtigung ihres Geschlechts weiterhin nicht signifikant. Dies stützen auch die Analysen der Filter 2 ($F(1,30) = .71$, $p = .405$) und 3 ($F(1,30) = 0.64$, $p = .429$).

Auch in diesem Fall wird die Hypothese H5 verworfen.

Damit sind auch insgesamt genauso wie in den Einzelkategorien Konzept, Fertigung und Formal für alle unternommenen Filterungen weder der Messwiederholungsfaktor VR allein noch die Wechselwirkungen sowohl zwischen VR und signifikant. Lediglich in der Montage kann für Filter 1 eine Signifikanz gezeigt werden, die allerdings von den Filtern 2 und 3 nicht gestützt wird. Keine der Hypothesen kann angenommen werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das folgende Kapitel beschäftigt sich über die Untersuchung hinaus mit ihren Ergebnissen. Dazu bietet es einen erneuten Überblick über die Empirie und fährt mit der Benennung von Limitationen fort, welche bei der Bewertung der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Zuletzt wird auf mögliche zukünftige Forschungen Bezug genommen.

5.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung betrachtet etwaige geschlechtsspezifische Unterschiede in der Leistung Studierender durch die Nutzung von VR. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Unterschied festzustellen und ihn im besten Fall sogar einzelnen Kategorien zuweisen zu können. Diese sind neben der Gesamtleistung eines Studierenden das Konzept, die Montage, die Fertigung und die Form.

Bisherige Forschungen und Literatur deuten auf einen Unterschied in den Stärken und Schwächen sowie den Interessen von Mädchen und Jungen hin. Sowohl in den kognitiven Fähigkeiten als auch in der Mediennutzung gibt es wissenschaftliche Erkenntnisse über geschlechtsspezifische Unterschiede. Jungen zeigen sich interessierter an Technik und digitalen Medien und sind dementsprechend kompetenter im Umgang mit diesen. Angesichts der Dynamik der Arbeitswelt und den dadurch entstehenden Konsequenzen für den Bildungskontext, wie etwa die Notwendigkeit der Vorbereitung auf und Verwendung von Virtual Reality, ist es von Relevanz auch geschlechterspezifische Unterschiede bei der Planung und Umsetzung einzubeziehen.

Darüber hinaus ist die Selbstwirksamkeitserwartung von Jungen in technischen Kontexten höher als die von Mädchen. Geprägt wird sie vor allem von Geschlechterrollen, welche sich im Laufe der Zeit gebildet haben. Technik und Fähigkeiten in technischen Disziplinen werden eher dem männlichen Geschlecht zugeordnet als dem weiblichen. Auch wird ihnen mehr Technikaffinität zugesprochen, was sich wiederum in aktuellen Statistiken zur Geschlechterverteilung in MINT-Berufen und im Ingenieurwesen widerspiegelt. Die Beteiligung von Frauen fällt im Vergleich nur sehr gering aus, wird allerdings durch verschiedene Förderprojekte aufgegriffen und wächst an. Dennoch fällt sie nach wie vor geringer aus als die Beteiligung von Männern.

Insgesamt haben 257 Studierende am Modul GdP teilgenommen, durch die 2983 Messungen pro Kategorie erfasst wurden. Die Messungen entstanden mittels Bewertungen nach einem im Vorfeld festgelegten Kriterienkatalog durch den Dozierenden. 101 Studierende haben nie VR angewandt, umgekehrt haben 43 andere Studierende nie ein Semesterprojekt ohne VR erarbeitet. Von den restlichen 113 Studierenden haben 6 eines der Semesterprojekte nicht beendet und 9 weitere haben es

zwar beendet, aber hatten im VR-Semester noch keine Session bis zum 5. Testat, daher ist kein Vergleich zwischen „ohne VR“ zu „mit VR“ im 5. Testat möglich. Die restlichen 98 gültigen Fälle werden aufgrund der Größenverhältnisse der einzelnen Gruppen reduziert. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführte statistische Untersuchung umfasst damit eine randomisiert ausgewählte Stichprobe von 32 studentischen Probanden.

Die Ergebnisse der statistischen Untersuchung zeigen keinen signifikanten Einfluss des Geschlechts bei VR-Anwendung durch Studierende des Ingenieurwesens. Männliche wie weibliche Studierende im Ingenieurwesen profitieren bezogen auf ihre Studienleistung in etwa im selben Maße durch VR. Der Nutzen von VR ist allerdings auch geschlechterunabhängig nicht signifikant.

5.2 Limitationen und Diskussion

Die aus dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse widersprechen einer Einflussnahme des Geschlechts auf den VR-Effekt im Rahmen einer universitären Ausbildung im Ingenieurwesen. Das spricht nicht für eine stärker ausgeprägte Technikaffinität der Männer. Allerdings könnte das wiederum damit zu tun haben, dass sich Frauen, welche nicht besonders technikaffin sind, ohnehin nicht für ein solches Studienfach oder gar einen Beruf im Ingenieurwesen oder MINT-Berufen entscheiden. Selbiges gilt für die Männer. Die Stichprobe besteht dementsprechend grundsätzlich aus vermutlich ohnehin technikaffinen Studierenden, deren Interesse an technischen Disziplinen groß ist. Die Ergebnisse müssen daher auch kontextbezogen betrachtet werden und können nicht ohne Weiteres kontextübergreifend auf den gesamten Bildungsbereich oder gar auf andere Disziplinen projiziert werden.

Neben mangelnden Belegen für einen geschlechtsspezifischen Unterschied bei der Nutzung von VR im Ingenieursstudium stützen die Ergebnisse allerdings auch keinen VR-induzierten Effekt unabhängig vom Geschlecht. Das Projekt ViRAI verfolgt primär jedoch ohnehin ein anderes Ziel, nämlich VR in die Lehre einzubringen, um Studierende besser auf die Arbeit im Ingenieurwesen vorzubereiten. Nichtsdestotrotz ist es notwendig die Ergebnisse genauer zu betrachten und bei der Interpretation

dieser ihre Limitationen im Blick zu behalten. Letztere bringen das Potential mit sich, sich ebenfalls auf die Ergebnisse auszuwirken und damit die Gültigkeit dieser einschränken oder sogar nichtig machen.

Obschon sich bisherige Studien nicht mit der Thematik der vorliegenden Arbeit, nämlich der Geschlechterspezifität bei der Anwendung von VR in der universitären Ausbildung im Ingenieurwesen, befassen, gibt es aus vorausgegangener Literatur nichtsdestoweniger Befunde, die herangezogen werden können, wenn man sich mit der Untersuchung genannter Frage beschäftigen möchte. Die Limitationen, die die vorliegende Untersuchung dabei berücksichtigen muss, beschränken sich nicht ausschließlich auf die nachfolgend genannten. Diese sind allerdings solche, die auf Basis vorangegangener Literatur zur Thematik am offensichtlichsten erscheinen und bekannt sind.

Die Leistung eines Studierenden ist nicht nur abhängig von vorher festgelegten und/oder abgefragten Faktoren. Die Lernleistung ist abhängig von einem komplexen Zusammenspiel vieler verschiedener Einflussgrößen wie Vorwissen, dem IQ, Motivation, der Lernfähigkeit und weiteren Faktoren ((vgl. Waack 2018). Hattie präsentiert in seiner Metastudie über 250 Einflussgrößen (vgl. ebd.). Die abhängige Variable Geschlecht allein reicht nicht aus, um Auswirkungen auf die Leistung festzumachen. Interessanterweise ist durch eine ANOVA mit Messwiederholung und dem Zwischensubjektfaktor Cluster erkennbar, dass die Richtung der Leistungsentwicklung zwischen „ohne VR“ und „mit VR“ sich in manchen Fällen je nach Cluster unterscheidet. Richtungsgebend könnte daher neben der Nutzung von VR auch die vorherige Erfahrung im Themengebiet sein. Cluster B hat im Gegensatz zu Cluster A im Messzeitpunkt ohne VR mehr Erfahrung und Wissen aus dem Studium als im Messzeitpunkt mit VR. Das Vorwissen spielt für die Leistung dementsprechend gegebenenfalls eine bedeutende Rolle. Diese Annahme stützen Befunde aus verschiedenen Publikationen (vgl. Hasselhorn/Gold 2017, S. 80). Neben zahlreichen Einflussgrößen auf die studentische Leistung gibt es auch Limitationen statistischer Natur. Die Stichprobe ist mit 32 Probanden ausgesprochen klein und bildet keine hinreichende Grundlage für Aussagen dieses Ausmaßes. Eine größere Stichprobe mit einem größeren Anteil an Frauen wäre förderlich, um die Repräsentanz der Studie und die Zuverlässigkeit ihrer Ergebnisse zu

erhöhen. Die begrenzte Stichprobengröße bringt außerdem das Potential mit sich, dass (reale) Ausreißer die Erfüllung der Voraussetzungen von Normalverteilung oder Homoskedastizität be- oder sogar verhindern. Bei der vorliegenden Untersuchung ist beides der Fall, sowohl für die Voraussetzung einer Normalverteilung als auch für die Voraussetzung einer Varianzgleichheit gibt es Abweichungen. Auch gestaltet es sich schwierig Behauptungen darüber zu treffen, ob das Geschlecht einen Einfluss auf den Effekt von VR hat, wenn gar kein Effekt durch VR nachweisbar ist.

Die Untersuchung von Geschlechterunterschieden in der Mediennutzung ist weitestgehend auf die binäre Geschlechterordnung beschränkt und vernachlässigt damit weitere Geschlechtergruppen. Diese Forschungslücke bleibt auch von der vorliegenden Arbeit unberührt, da die Stichprobe keinen einzigen nicht-binären Fall hervorbringt. Damit ist jeglicher Zugewinn an Informationen unter Berücksichtigung dieser zwangsläufigen Außerachtlassung zu betrachten.

5.3 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der statistischen Analyse müssen vor dem Gesichtspunkt betrachtet werden, dass sie keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit haben. Sie beziehen sich auf einen konkreten Kontext und bringen eine Reihe von Limitationen mit sich (vgl. Kapitel 5.2). Dennoch, bietet die vorliegende Studie Erkenntnisse für die Lehre, auf denen zukünftige Forschungen aufbauen können. Dieses Kapitel greift das Potential für solche auf. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Studienlage aktuell noch ausreichend Raum für weitere Forschungen bietet, da das volle Spektrum der Thematik längst nicht erkundet wurde.

In der vorliegenden Bachelorarbeit konnte kein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Bewertung von Studierenden und damit auf ihre Leistung nachgewiesen werden. Zwar gibt es reichlich Hinweise aus der Forschung, welche die Annahme solcher Geschlechterunterschiede stützen, allerdings befasst sich die vorliegende Studie mit einem konkreten Fachbereich. Zukünftige Studien könnten

Zusammenfassung und Ausblick

ebenfalls im Rahmen einzelner Fachbereiche stattfinden, um festzustellen ob bisherige Erkenntnisse zu allgemein betrachtet werden.

Neben einer möglichen Relevanz des Kontextes ist es auch interessant, inwiefern die spezielle VR-Anwendung Einfluss auf die studentische Leistung hat. Das könnte durch einen Vergleich verschiedener Anwendungen stattfinden.

Darüber hinaus können weitere Variablen in Untersuchungen miteingebaut werden, naheliegend sind an dieser Stelle beispielsweise die Motivation, das Alter, berufliche Vorerfahrung im Fachbereich oder wie weit man im Studium fortgeschritten ist. Auch könnten sie im Falle einer Vergleichsanalyse zwischen der studentischen Leistung mit und ohne VR eine einheitliche Reihenfolge festlegen, sodass es keinen Einfluss durch das Cluster gibt. Bei Stichproben mit ähnlichem Umfang könnte alternativ eine Qualitative Untersuchung in Betracht gezogen werden.

Außerdem bildet die vorliegende Studie keine Langzeiteffekte ab, stattdessen befasst sie sich mit der beinahe unmittelbaren Auswirkung von Virtual Reality. Interessant wäre es allerdings auch Langzeitwirkungen von Virtual Reality und einen etwaigen Effekt des Geschlechts auf diese zu erforschen.

Letztlich ist anzumerken, dass die Implementierung von VR in die Lehre ein ausgesprochen großes Untersuchungsfeld bietet und damit auch ein äußerst großes Potential für neue Studien.

6 Literaturverzeichnis

Ariali, S./ Zinn, B. (2018): Virtuelle Umgebungen zur Analyse der mentalen Rotationsfähigkeit. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), S. 7–29. doi: <https://doi.org/10.48513/joted.v6i4.146>.

Backhaus, K. et al. (2021): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. 16. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.

Blanca, M. J. et al. (2017): Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *PubMed*, 29(4), S. 552–557. doi: <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>

BMBF (2021): Bekanntmachung.
[bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/08/2021-08-19-Bekanntmachung-Mint.html](https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/08/2021-08-19-Bekanntmachung-Mint.html), letzter Zugriff: 13.05.23

Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2021): *Digitale Medien / Neue Medien*. [bpb.de/themen/medien-journalismus/medienpolitik/500666/digitale-medien-neue-medien/](https://www.bpb.de/themen/medien-journalismus/medienpolitik/500666/digitale-medien-neue-medien/), letzter Zugriff: 17.05.23

Cahill, L. (2006): Why sex matters for neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(6), S. 477–484. doi: <https://doi.org/10.1038/nrn1909>

Doerner, R. et al. (2022): *Virtual and Augmented Reality (VR/AR). Foundations and Methods of Extended Realities (XR)*. 1. Aufl. Cham: Springer.

Eickelmann, B./ Bos, W./ Labusch, A. (2019): Die Studie ICILs 2018 im Überblick. Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven. In: Eickelmann, B./ Bos, W./ Gerick, J./ Goldhammer, F./ Schaumburg, H./ Schwippert, K./ Senkbeil, M./ Vahrenhold, J. (Hrsg.): *ICILs 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster, New York: Waxmann, S. 7-31. doi: [10.25656/01:18319](https://doi.org/10.25656/01:18319).

Elster, D. (2007): In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant?. *Plus Lucis*, 3, S. 2–8.

Eursostat (2021): *Women in science and engineering*. ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/-/edn-20210210-1, letzter Zugriff: 14.05.23

Faber, O. (2019): Digitalisierung – ein Megatrend: Treiber & Technologische Grundlagen. In: Erner, M. (Hrsg.): Management 4.0 – Unternehmensführung im digitalen Zeitalter. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, S. 3-42.

Finsterwald, M. et al. (2012): Motivation und Attributionen: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In: Stöger, H./ Ziegler A./ Heilemann, M. (Hrsg.): Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten. Berlin: LIT, S. 193–212.

Gerick, J. et al. (2019): Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Mädchen und Jungen im zweiten internationalen Vergleich. In: Eickelmann, B./ Bos, W./ Gerick, J./ Goldhammer, F./ Schaumburg, H./ Schwippert, K./ Senkbeil, M./ Vahrenhold, J. (Hrsg.): ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking. Münster, New York: Waxmann, S. 271-300. doi: 10.25656/01:18327

Grassini, S./ Laumann, K. (2020): Are Modern Head-Mounted Displays Sexist?. A Systematic Review on Gender Differences in HMD-Mediated Virtual Reality. *Frontiers in Psychology*, 11. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01604>

Güdel, K. (2014): Technikaffinität von Mädchen und Jungen der Sekundarstufe I. doi: <https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:41471>

Hasselhorn, M./ Gold, A. (2017): Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren. 4. akt. Aufl. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Hausmann, M. (2007): Kognitive Geschlechtsunterschiede. In: Lautenbacher, S./ Güntürkün, O./ Hausmann, M. (Hrsg.): Gehirn und Geschlecht. Berlin, Heidelberg: Springer. S. 105–123. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-71628-0_6

Hirnstain, M./ Hausmann, M. (2010): Neuropsychologie. In: Steins, G. (Hrsg.): Handbuch Psychologie und Geschlechterforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 69-85. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-531-92180-8_5

[ihk.de/niederrhein/hauptnavigation/service-beratung/digitalisierung/aktuelles/corona-fuehrt-zu-einem-digitalisierungsschub-4876674](https://www.ihk.de/niederrhein/hauptnavigation/service-beratung/digitalisierung/aktuelles/corona-fuehrt-zu-einem-digitalisierungsschub-4876674), letzter Zugriff: 02.04.23

Kuhlmei, E. (2020): Lerne mit uns komplexe Statistik!. Drei Studis erklären fortgeschrittene statistische Verfahren und ihre SPSS-Anwendungen. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-662-61751-9_2

Literaturverzeichnis

Lif, M. (1998): Adding Usability. Methods for Modelling, User Interface Design and Evaluation.

McCarthy, J. & Wright, P. (2004): Technology as experience. Cambridge: MIT Press.

Mitschian, H. (2010): M-Learning - die neue Welle?. Mobiles Lernen für Deutsch als Fremdsprache. Kassel: kassel university press GmbH.

MPFS (2022): Jim- Studie 2022. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. unter: <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/2022/>

mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/land-foerdert-virtual-reality-lernkonzepte-mit-18-millionen-euro/, letzter Zugriff: 07.04.23

Niedermeier, S./ Müller-Kreiner, C. (2019): VR/AR in der Lehre!?. Eine Übersichtsstudie zu Zukunftsvisionen des digitalen Lernens aus der Sicht von Studierenden. doi: 10.25656/01:18048

Peksen, S. (2018): Wie weiblich ist digitale Hochschullehre?. Geschlechterspezifische Unterschiede in der Di-gi-ta-li-sie-rung der Hochschullehre. Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung.

Prendergast, B. J./ Onishi, K. G./ Zucker, I. H. (2014): Female mice liberated for inclusion in neuroscience and biomedical research. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 40, S. 1–5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.01.001>

Ramasamy, N. et al. (2023): Longitudinal data analysis methods – a primer. EFI Bulletin, 4(1), S. 12-17. doi: <https://doi.org/10.56450/EFIB.2023.v3i01.003>

Reiss, K. et al. (2019): PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich. Zusammenfassung. Waxmann Verlag.
[über fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?Fld=1180998](http://fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?Fld=1180998)

Ritchie, S. J. et al. (2018): Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. Cerebral Cortex, 28(8), S. 2959–2975. doi: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy109>

Schneider, G./ Toyka-Seid, C. (2023): Medien. bpb.de/kurz-knapp/lexika/das-junge-politik-lexikon/320773/medien/, letzter Zugriff: 17.05.23

Schweiger, M. et al. (2022): Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?. Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie Und Praxis Der Medienbildung, 47(1), S. 1-25. doi: <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>

Shapka, J. D./ Ferrari, M. (2003): Computer-related attitudes and actions of teacher candidates. *Computers in Human Behavior*, 19(3), S. 319–334. doi: [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(02\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00059-6).

Slater, M./ Wilbur, S. (1997): A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), S. 603–616. doi: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>

[statista.com/infografik/24167/frauenanteil-in-wissenschaftlichen-und-ingenieursberufen/](https://www.statista.com/infografik/24167/frauenanteil-in-wissenschaftlichen-und-ingenieursberufen/), letzter Zugriff: 14.05.23

Statistisches Bundesamt (2022): Studierende in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft (MINT) und Technik-Fächern. [destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/studierende-mint-faechern.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Tabellen/studierende-mint-faechern.html), letzter Zugriff: 06.06.23

Tigges, A. (2008): *Geschlecht und digitale Medien. Entwicklung und Nutzung digitaler Medien im hochschulischen Lehr-/Lernkontext*. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

uni-stuttgart.de/universitaet/aktuelles/meldungen/VR-im-Lehrbetrieb-Wenn-die-Vorlesung-dreidimensional-wird/, letzter Zugriff: 07.04.23

Waack, S. (2018): Hattie Ranking: 252 Influences And Effect Sizes Related To Student Achievement. <https://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement/>, letzter Zugriff: 23.05.23

Weinbaum, S. G. (2012): *Pygmalion's Spectacles*. The Floating Press.

[who.int/news-room/speeches/item/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing---5-may-2023](https://www.who.int/news-room/speeches/item/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing---5-may-2023), letzter Zugriff: 03.06.23

Yang, S./ Berdine, G. (2016): Outliers. *The Southwest Respiratory and Critical Care Chronicles*, 4(13), S. 52-56. über pulmonarychronicles.com/index.php/pulmonarychronicles/article/view/252

7 Anhang

Eigenständigkeitserklärung

Mit meiner Unterschrift erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe Dritter oder der Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel verfasst habe.

Jegliche Konzepte und Daten, welche direkt oder indirekt aus anderen Quellen (einschließlich des World Wide Web und anderer elektronischer Text- und Datensammlungen) übernommen sind, sind unter Angabe der Quellen gekennzeichnet. Dies gilt ebenso für Quellen aus eigenen Arbeiten.

Ort, Datum

Stefania Kontokosta
