

# Empirische Bewertung der Vorteile von MUL (Maßeinheitenumwandlung und Lineal) bei der Umrechnung von Maßeinheiten: Ein Vergleich mit der traditionellen Methode.

Masterthesis

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades  
**MSc Master of Science**

am Master Produktions- und Technologiemanagement  
an der Fachhochschule St. Pölten

von:

**Ing. Mauricio Mora**

Betreuer/in und Erstbegutachter/in: Dr. Gerhard Drexler MBA  
Zweitbegutachter/in: DI Dr.techn. Franz Fidler

Österreich, 24.08.2023



**"Wenn du unterschiedliche Ergebnisse willst,  
mache nicht immer das Gleiche"**

Albert Einstein



# 1 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass

- ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- ich dieses Thema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Zur besseren Lesbarkeit werden in dieser Masterthesis personenbezogene Bezeichnungen, die sich zugleich auf Frauen und Männer beziehen, generell nur in der im Deutschen üblichen männlichen Form angeführt. Dies soll jedoch keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder eine Verletzung des Gleichheitsgrundsatzes zum Ausdruck bringen.

Diese Arbeit stimmt mit der vom Begutachter bzw. der Begutachterin beurteilten Arbeit überein.

St. Pölten, 24.08.2023

Ing. Mauricio Mora

.....  
Ort, Datum

.....  
Unterschrift

iii



## 2 Copyright-Erklärung

© 2023 MSc, Ing. Mauricio Mora. Dieser Artikel ist urheberrechtlich geschützt und wird nur für akademische und Forschungszwecke zur Verfügung gestellt. Eine Reproduktion oder Wiedergabe des Ganzen oder von Teilen ist ohne die schriftliche Genehmigung des Autors nicht gestattet (UrhG)<sup>1</sup>.

Urheberrechtsverletzungen können eine Reihe von Rechtsbehelfen nach sich ziehen, darunter Schadenersatz, eine einstweilige Verfügung zur Unterlassung der Nutzung des Werks sowie die Beschlagnahme und Vernichtung aller Kopien des Werks.

---

<sup>1</sup> <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10001848>



### **3 Kurzfassung**

Das Problem der Einheitenumrechnung besteht seit der Antike bis zur Entwicklung des Internationalen Einheitensystems (SI). Heutzutage zeigen zahlreiche Studien, dass die Lehrstrategien für die Umrechnung der Einheiten nicht effektiv sind, was dazu führt, dass sowohl die Schüler als auch die Lehrer Schwierigkeiten haben, die Umrechnungen erfolgreich zu lösen.

In dieser Masterarbeit wird ein Werkzeug mit dem Namen "Maßeinheitenumwandlung und Lineal" (MUL) vorgeschlagen, das eine kontinuierliche Visualisierung der Umrechnungsskala und die Anwendung von Mnemotechniken ermöglicht, um das Einprägen der Skala zu erleichtern und somit den Prozess der Einheitenumrechnung zu verbessern.

Ziel der Untersuchung ist es, festzustellen, ob das MUL den Prozess der Einheitenumrechnung im Vergleich zur herkömmlichen Methode tatsächlich verbessert.

Zur Beantwortung dieser Frage wird eine Literaturrecherche durchgeführt und entsprechende Hypothesen abgeleitet. Die theoretische und praktische Methodik wird beschrieben und die quantitativen Ergebnisse der durchgeföhrten Erhebungen werden präsentiert. Externe Variablen wie Geschlecht, Bildungsniveau und Wohnsitzland werden analysiert und Tests sowohl in Österreich als auch in Kolumbien durchgeföhr, um unterschiedliche Bildungssysteme und soziale Kontexte zu berücksichtigen.

Nach der Analyse wurde festgestellt, dass MUL signifikante Vorteile bei der Maßeinheitenumrechnung bietet und dass es einen deutlichen Unterschied in den Ergebnissen und der Effizienz der Teilnehmer bei der Verwendung von MUL im Vergleich zur traditionellen Methode gibt. Darüber hinaus wurde die Benutzerfreundlichkeit von MUL hervorgehoben, da die Teilnehmer nach einer kurzen Einweisung in die Verwendung des Tools in der Lage waren, diese Ergebnisse zu erzielen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass MUL ein Werkzeug zur Verbesserung der Umrechnung von SI-Einheiten sein kann.

## 4 Abstract

The problem of unit conversion has existed since antiquity until the development of the International System of Units (SI). Nowadays, numerous studies indicate that the teaching strategies for unit conversion are not effective, leading to difficulties for both students and teachers in solving conversion problems successfully.

In this thesis, a tool called the “Maßeinheitenumwandlung und Lineal” (MUL) is proposed, which allows continuous visualization of the conversion scale and the application of mnemonic techniques to facilitate memorization of the scale and thereby improve the process of unit conversion.

The aim of the investigation is to determine whether the MUL improves the process of unit conversion compared to the conventional method.

To answer this question, a literature review is conducted, and corresponding hypotheses are derived. The theoretical and practical methodology is described, and the quantitative results of the conducted surveys are presented. External variables such as gender, level of education, and country of residence are analysed, and tests are conducted in both Austria and Colombia to consider different educational systems and social contexts.

After the analysis, it was found that MUL offers significant advantages in the conversion of units, generating a notable difference in the results and efficiency of the participants when using MUL compared to the traditional method. In addition, the ease of use of MUL is highlighted, as the participants were able to obtain these results after a short training on how to use the tool. These results suggest that MUL can be a tool for improving SI unit conversion.

## 5 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><i>Ehrenwörtliche Erklärung</i></b> .....	<b>iii</b>
<b>2</b>	<b><i>Copyright-Erklärung</i></b> .....	<b>iv</b>
<b>3</b>	<b><i>Kurzfassung</i></b> .....	<b>v</b>
<b>4</b>	<b><i>Abstract</i></b> .....	<b>vi</b>
<b>5</b>	<b><i>Inhaltsverzeichnis</i></b> .....	<b>vii</b>
<b>1</b>	<b><i>Einleitung</i></b> .....	<b>9</b>
1.1	<b>Problembeschreibung</b> .....	9
1.2	<b>Zielsetzung und Fragestellung</b> .....	11
1.2.1	Forschungsfrage: .....	11
<b>2</b>	<b><i>Literaturrecherche</i></b> .....	<b>12</b>
2.1	<b>Allgemeine Recherche</b> .....	12
2.2	<b>Einführung in die Thematik der Maßeinheiten</b> .....	16
2.3	<b>Aktuelle Messwerkzeuge</b> .....	18
2.4	<b>Das menschliche Gedächtnis</b> .....	21
2.5	<b>Rechtliche Grundlagen</b> .....	24
2.5.1	Erfindung .....	24
2.5.2	Entwicklung .....	25
2.5.3	Innovation.....	25
2.5.4	Patent .....	26
2.6	<b>Hypothesen</b> .....	28
<b>3</b>	<b><i>Methoden und Vorgehensweise</i></b> .....	<b>29</b>
3.1	<b>Theoretischer Hintergrund</b> .....	29
3.2	<b>Marktforschung</b> .....	34
3.2.1	Form der Befragung .....	34
3.2.2	Beobachtung .....	36
3.2.3	Experimente .....	36
3.2.4	Sekundärforschung .....	37
3.2.5	Format der Befragung .....	38
<b>4</b>	<b><i>Durchführungen der Untersuchung</i></b> .....	<b>43</b>
4.1	<b>Grundsätzliche Überlegungen</b> .....	43
4.2	<b>Befragung</b> .....	45
4.2.1	Auswahl der Testpersonen .....	52
4.3	<b>Statistische Erhebung</b> .....	53
4.3.1	Stichproben Allgemein .....	55
4.3.2	Stichproben in Österreich.....	56

4.3.3	Stichproben in Kolumbien .....	58
<b>4.4</b>	<b>Sekundärforschung, Expertengespräche .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>60</b>
<b>5.1</b>	<b>Allgemein Ergebnissen .....</b>	<b>61</b>
5.1.1	Bewertung der aktuellen Fähigkeiten der Person .....	61
5.1.2	Bewertung der Fähigkeiten der Person mit MUL .....	66
<b>5.2</b>	<b>Ergebnisse der erweiterten Umfrage in Österreich.....</b>	<b>70</b>
<b>5.3</b>	<b>Ergebnisse zwischen den Staaten im Vergleich .....</b>	<b>74</b>
5.3.1	Ergebnisse in Österreich.....	74
5.3.2	Ergebnisse in Kolumbien .....	79
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>85</b>
<b>6.1</b>	<b>Überprüfung der Hypothesen .....</b>	<b>85</b>
<b>6.2</b>	<b>Fazit der Masterarbeit.....</b>	<b>95</b>
<b>6.3</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>98</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>103</b>
<b>7.1</b>	<b>Referenzierte Bücher.....</b>	<b>103</b>
<b>7.2</b>	<b>Nicht referenzierte Bücher .....</b>	<b>105</b>
<b>7.3</b>	<b>Referenzierte Internetquellen .....</b>	<b>107</b>
<b>7.4</b>	<b>Nicht referenzierte Internetquellen.....</b>	<b>108</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>110</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>111</b>
<b>10</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>113</b>
<b>11</b>	<b>Anhänge.....</b>	<b>114</b>
<b>12</b>	<b>Anhänge in digitalen Medien.....</b>	<b>114</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Problembeschreibung

Das Problem der Einheitenumrechnung ist ein historisches Thema. Seit der Antike wurde versucht, sowohl Maßeinheiten als auch Methoden zu ihrer Umrechnung zu standardisieren. Zu diesem Zweck wurde das Internationale Einheitensystem (SI-Einheiten) entwickelt, das die Einheiten und ihre Größenordnungen sammelt, um ihnen eine internationale Bedeutung und Gültigkeit zu verleihen (Schröder, 2014). Trotzdem haben verschiedene Studien an Erwachsenen und Jugendlichen bestätigt, dass die für die Umrechnung von Einheiten verwendeten Lehrmethoden nicht effektiv sind (Lassnitzer und Gaidoschik, 2019). Selbst angehende Lehrer für Naturwissenschaften an Schulen haben nach einem Hochschulstudium nicht immer die Kenntnisse und Fähigkeiten, um Übungen zur Umrechnung von Einheiten durchzuführen (Dinçer und Osmanoglu, 2018). Dies hat dazu geführt, dass sowohl Schüler als auch Lehrer Schwierigkeiten haben, alle Umrechnungen zufriedenstellend zu lösen. Um dieses Problem zu bewältigen, wurden verschiedene Lernstrategien vorgeschlagen, um die Fähigkeiten der Menschen in der Umrechnung von Einheiten zu stärken (Lübbert, 2017). In Zusammenfassung wird die Notwendigkeit betont, Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Einheiten anzugehen und die Bedeutung effektiver Strategien zur Verbesserung der Umrechnungsfähigkeiten von Schülern hervorgehoben.

Nachdem das Problem definiert worden war, wurde einige Zeit darauf verwendet, nach möglichen Werkzeugen zur Lösung dieser Schwierigkeiten zu suchen. Es wurden jedoch nur Lineale oder Maßbänder gefunden, die grundlegende Einheiten wie Meter, Zentimeter und Millimeter darstellen, sowohl in Geschäften als auch im Internet, wie in [Abb. 1](#) gezeigt wird.

Auf der anderen Seite gibt es Taschenrechner und digitale Medien wie Websites, auf denen eine Beschreibung der Umrechnungsmethoden bereitgestellt wird und ein Programm zur Berechnung von Einheiten zur Verfügung steht. Diese arbeiten auf systematische Weise, bei der der Benutzer keine Art von Interaktion mit der Operation hat, was das Lernen der Umrechnungsskalen der SI-Einheiten nicht

fördert, da der Benutzer den Prozess, der zum Erzielen des Ergebnisses führt, nicht sieht.

Die Lösung ermöglicht jedoch keine Visualisierung der Skala oder eine didaktische Interaktion, bei der der Benutzer an der Umrechnung der Einheiten beteiligt ist. Daher gelten sie nicht als gute Werkzeuge für das Lernen und sind in Schulprüfungen nicht erlaubt. Darüber hinaus hat laut vielen Studien in den letzten Jahren das Internet die Gedächtniskapazität von Jugendlichen verringert, da sie dazu neigen, schnell nach Daten im Netz zu suchen, anstatt sich Dinge zu merken (Avila, 2021).

Die derzeit im Schul- und Hochschulunterricht verwendete Lösung basiert auf der Zehnerpotenz, die Multiplikationen und Divisionen mit der Zahl 10 umfasst und mit den Maßeinheiten entsprechend ihrem Umrechnungsfaktor verknüpft ist. Ein Beispiel ist die Umrechnung von Kilometern in Meter, was einer Multiplikation mit 1000 oder  $10^3$  Metern entspricht. Daraus ergibt sich die Tabelle in [Abb. 2](#) (Rinner, 2017).

Obwohl das menschliche Gehirn eine beeindruckende Fähigkeit hat, Informationen zu speichern, kann es schwierig sein, sich an bestimmte Dinge zu erinnern. Das menschliche Gedächtnis ist ein komplexer und multifaktorieller Prozess, der von verschiedenen Faktoren wie Aufmerksamkeit, Motivation, Stress und Emotionen beeinflusst wird. Daher kann der Prozess des Auswendiglernens, obwohl das menschliche Gehirn eine erstaunliche Fähigkeit hat, Informationen zu speichern, herausfordernd sein und Übung und Anstrengung erfordern (Frick-Salzmann, 2017). Dies ist besonders wichtig für Studenten, da das Auswendiglernen der vom SI vorgeschlagenen Tabellen aufgrund mangelnder Praxis und Interesse schwierig sein kann, was dazu führt, dass sie schnell vergessen werden.

Nachdem Ideen gesammelt worden waren, wurde der Schluss gezogen, dass die beste Option darin bestehen würde, ein Werkzeug zu entwickeln, das die Umrechnungsskala kontinuierlich visualisieren kann. Auf diese Weise kann Mnemotechnik angewendet werden, um die Umrechnungsskala nach wiederholter Verwendung des Werkzeugs einfach zu memorieren und zu behalten, anstatt auf eine Tabelle mit mathematischen Operationen zurückgreifen zu müssen. Dadurch wird die effektive Durchführung der Einheitenumwandlung ermöglicht, ohne sich

an die Umrechnungsskala erinnern oder komplexe mathematische Berechnungen durchführen zu müssen.

Das Maßeinheitenumwandlung und Lineal (MUL) wird den Benutzer durch den Prozess der Einheitskonvertierung führen, indem es die Position des Kommas und die entsprechende Einheit an jedem Ende zwischen den Halbkreisen anzeigt, wie im folgenden Beispiel in Abb. 3 und 4 bei der Umwandlung von 778,576<sup>2</sup> Metern [m] in Kilometer [km]. Da das Lösen von mathematischen Problemen eine erhebliche kognitive Belastung für unser Gehirn darstellen kann (Radford & André, 2009), könnte die Verwendung von MUL diese Belastung und geistige Erschöpfung verringern, indem die Aktivität einfacher und effizienter gestaltet wird.

## 1.2 Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu bewerten, inwieweit das MUL eine Verbesserung im Prozess der Umrechnung von SI-Maßeinheiten im Vergleich zur traditionellen Methode bieten kann. Dabei soll folgende Frage beantwortet werden

### 1.2.1 Forschungsfrage:

*Welche spezifischen Vorteile können bei der Umrechnung von Maßeinheiten beobachtet werden, wenn MUL im Vergleich zur traditionellen Methode verwendet wird, und wie können diese Vorteile quantifiziert oder qualifiziert werden?*

Zur Beantwortung dieser Frage wird zuerst eine Literaturrecherche zur betreffenden Thematik durchgeführt und daraus entsprechende Hypothesen abgeleitet. Darauf folgt die Beschreibung der Methodik in Theorie und Praxis und die daraus resultierenden Ergebnisse.

Um mögliche Verzerrungen der Ergebnisse durch externe Variablen wie Geschlecht, Bildungsniveau und Wohnsitzland auszuschließen, wird die

---

<sup>2</sup> Das Nummer 77 85 76 ist die Übersetzung von MUL in dem ASCII Alphabet: <https://es.rakko.tools/tools/76/>

entsprechende Analyse für jede dieser drei Variablen durchgeführt. Was die Länder betrifft, so wird ein Teil des Tests in Österreich und ein Teil in Kolumbien durchgeführt, also in Ländern mit unterschiedlichen Bildungssystemen und sozialen Kontexten. Auf diese Weise kann festgestellt werden, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Datenstichproben nach Land, Geschlecht und Bildungsniveau gibt und ob diese Variablen die erzielten Ergebnisse beeinflussen. Auf diese Weise kann die wissenschaftliche Fragestellung präziser und valider beantwortet werden.

## 2 Literaturrecherche

### 2.1 Allgemeine Recherche

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um die Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Maßeinheiten zu untersuchen und die möglichen Auswirkungen dieser Schwierigkeiten auf Bildungsbereiche und die Kompetenzen von Menschen im täglichen Leben zu betrachten.

Eine der wesentlichen Quellen, die in dieser Literatursuche verwendet wurde, war eine Studie von Dinçer, E. O. und Osmanoglu, A. (2018) in Edirne, Türkei. Diese Studie konzentrierte sich darauf, das Wissen und die Schwierigkeiten angehender Naturwissenschaftslehrer in Bezug auf die Umrechnung von metrischen Maßeinheiten zu untersuchen. Die Forscher verwendeten einen quantitativen und qualitativen Ansatz, um Daten über Missverständnisse und spezifische Schwierigkeiten der Teilnehmer beim Umrechnungsprozess zu sammeln.

Für diese Untersuchung wurde eine Stichprobe von 70 angehenden Mathematiklehrern derselben Universität verwendet, von denen viele erhebliche Schwierigkeiten hatten, metrische Maßeinheiten präzise und kohärent zu verstehen und umzurechnen. Gemeinsame Missverständnisse wurden identifiziert, wie die Verwechslung von Längen-, Massen- und Volumeneinheiten sowie die Unfähigkeit, Umrechnungsfaktoren korrekt anzuwenden.

Diese Schwierigkeiten haben sowohl für die eigene Kompetenz im naturwissenschaftlichen Bereich als auch für die Fähigkeit, dieses Konzept effektiv an Schüler zu vermitteln, wichtige Konsequenzen. Diese Schwierigkeiten können zu Fehlern bei Berechnungen, konzeptuellen Verwirrungen und einer falschen Vorstellung der grundlegenden Prinzipien von Maßeinheiten führen, was sich negativ auf die Qualität der naturwissenschaftlichen Bildung auswirkt.

Die Studie unterstreicht die Bedeutung, diese Schwierigkeiten durch wirksame Lehr- und Lernstrategien anzugehen, die ein solides Verständnis der Umrechnung von Maßeinheiten fördern. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit betont, Lehrerausbildungsprogramme zu entwickeln, die dieses Thema gezielt behandeln und angehenden Lehrern die erforderlichen Werkzeuge und Kenntnisse vermitteln, um Maßeinheiten angemessen zu unterrichten.

Eine weitere Untersuchung wurde von Jean E. Hallagan (2013) durchgeführt, bei der ein gemischter Ansatz verwendet wurde, um die Lösungen von Problemen im Zusammenhang mit Umrechnungen im metrischen System durch angehende Mathematiklehrer in New York, USA, zu untersuchen. Das Hauptziel der Studie bestand darin, zu analysieren, wie angehende Mathematiklehrer Probleme angehen und lösen, die die Umrechnung metrischer Einheiten betrafen.

Die Stichprobe der Studie bestand aus 15 angehenden Mathematiklehrern derselben Bildungseinrichtungen. Um die Daten zu sammeln, wurden den Teilnehmern eine Reihe von vier Problemen vorgelegt, die die Umrechnung metrischer Einheiten erforderten. Diese Probleme wurden entwickelt, um sowohl das konzeptionelle Verständnis der Teilnehmer als auch ihre Fähigkeit zur Anwendung von Umrechnungsregeln in praktischen Situationen zu bewerten.

Die Teilnehmer mussten schriftliche Antworten auf die Probleme geben, in denen sie ihre Denkprozesse und verwendeten Strategien erklärten. Darüber hinaus wurden Einzelinterviews durchgeführt, um zusätzliche qualitative Informationen über die Wahrnehmungen und spezifischen Schwierigkeiten angehender Lehrer in Bezug auf die Umrechnung metrischer Einheiten zu sammeln.

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass das Verständnis und die Fähigkeiten angehender Mathematiklehrer in Bezug auf die Umrechnung metrischer Einheiten unterschiedlich waren. Einige Teilnehmer zeigten eine solide Beherrschung der

Umrechnungsregeln und verwendeten effiziente Strategien zur Lösung der Probleme, was auf ein klares konzeptionelles Verständnis hinwies. Andere Teilnehmer hingegen hatten Schwierigkeiten, die Umrechnungsregeln korrekt anzuwenden und machten Fehler im Prozess.

Darüber hinaus identifizierte die Studie gemeinsame Herausforderungen, denen angehende Lehrer bei der Umrechnung metrischer Einheiten gegenüberstanden, wie zum Beispiel die Verwirrung zwischen verschiedenen Einheiten und Umrechnungsfaktoren sowie das Fehlen von Verbindungen zwischen den Einheiten und realen Kontexten. Diese Ergebnisse betonen die Bedeutung einer spezifischen und effektiven Anleitung zur Umrechnung metrischer Einheiten in der Ausbildung von Mathematiklehrern sowie die Notwendigkeit, diese Schwierigkeiten angemessen anzugehen.

Lübbert, T. (2017) in Paderborn, Deutschland, konzentriert sich auf Fehlermuster, die bei der Durchführung von Umrechnungen von Längen- und Gewichtseinheiten im Kontext des Mathematikunterrichts für Schülerinnen und Schüler der fünften Klasse auftreten. Das Hauptziel besteht darin, die häufigsten Fehler der Schülerinnen und Schüler zu identifizieren und Strategien zur Verbesserung ihres Verständnisses und ihrer Genauigkeit bei den Umrechnungen von Einheiten vorzuschlagen.

Sorgfältig werden die verschiedenen Arten von Fehlern untersucht, die Schülerinnen und Schüler dazu neigen, bei Umrechnungen von Längen- und Gewichtseinheiten zu machen. Diese Fehler können die Verwirrung zwischen verschiedenen Einheiten, die falsche Anwendung der Umrechnungsfaktoren und das Fehlen des Verständnisses der Beziehungen zwischen den verschiedenen Maßeinheiten umfassen.

Darüber hinaus wird die Verwendung von didaktischen Spielen als effektive Strategie vorgeschlagen, um diese Schwierigkeiten anzugehen und ein besseres Lernen der Umrechnungen von Einheiten zu fördern. Diese Spiele sind für den Mathematikunterricht konzipiert und ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, die Umrechnungen interaktiv und unterhaltsam zu üben. Durch aktive Teilnahme an diesen Spielen wird erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler ein

solideres Verständnis der Konzepte der Umrechnung von Einheiten erlangen und ihre Fähigkeit zur Durchführung präziser Berechnungen verbessern.

Die Einbeziehung dieser Studie in diese Untersuchung ist relevant, da sie einen detaillierten Einblick in häufige Fehler bei den Umrechnungen von Längen- und Gewichtseinheiten auf der Grundschulebene bietet. Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass didaktische Aktivitäten diese Schwierigkeiten reduzieren und das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu diesem spezifischen Thema verbessern können.

Um die aktuelle Problematik im Zusammenhang mit der Umrechnung von Einheiten weiter zu bestätigen, wurde die Studie von Lassnitzer, E. und Gaidoschik, M. (2019) einbezogen. Ihr Hauptziel besteht darin, praktische Strategien und Ratschläge zur Bewältigung der Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Einheiten bereitzustellen und ein solides mathematisches Denken bei den Studierenden zu fördern. Diese Fähigkeiten sind entscheidend für verschiedene Studienbereiche wie Physik, Chemie und Ingenieurwesen. Die Autoren identifizieren die häufigsten Schwierigkeiten, mit denen die Studierenden bei der Durchführung von Umrechnungen konfrontiert sind, wie die Verwirrung zwischen verschiedenen Einheiten und Fehler bei der Anwendung der Umrechnungsfaktoren.

Die in den genannten Studien gewonnenen Daten bieten eine verlässliche und praktische Referenzquelle, um die Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Maßeinheiten im akademischen und beruflichen Umfeld zu erkennen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Entwicklung einer effektiven Methode zur Verbesserung der Fähigkeiten junger Menschen in diesem mathematischen Bereich. Allerdings haben sich die meisten dieser Autoren darauf konzentriert, neue Unterrichtsmethoden zu entwickeln, anstatt ein Werkzeug zu schaffen, das die geistige Belastung bei der Durchführung von Einheitsumrechnungen verringert. Es wäre wünschenswert, dieses mathematische Thema für die Schülerinnen und Schüler freundlicher zu gestalten und die Fähigkeit zur Memorierung der verschiedenen Einheiten und Umrechnungsfaktoren zu verbessern.

## **2.2 Einführung in die Thematik der Maßeinheiten**

In der Geschichte der Menschheit gibt es weitere Beispiele für die großen Schwierigkeiten, die mit Maßsystemen verbunden sind, weshalb es wichtig ist zu verstehen, was das SI ist und wie diese Organisation, die die heute in den Naturwissenschaften verwendeten Maßeinheiten regelt, entstanden ist. Die Autoren Débarbat und Quinn (2019) liefern wertvolle Informationen über die historischen Wurzeln des SI. In ihrem Artikel beschreiben sie das SI als das weltweit verwendete Maßsystem zur Standardisierung und Vereinheitlichung von Messungen. Seine Geschichte geht auf das metrische Dezimalsystem zurück, das in Frankreich während der Französischen Revolution Ende des 18. Es wurde entwickelt, um die zahlreichen bestehenden Maßeinheiten zu ersetzen, und basierte auf dem Konzept dezimaler Einheiten, die miteinander in Beziehung stehen. Im Jahr 1875 fand die Meterkonvention in Paris statt, bei der die Generalkonferenz für Maße und Gewichte (CGPM) gegründet und ein internationales Komitee mit dem Ziel der Entwicklung eines kohärenten und einheitlichen Einheitensystems gebildet wurde. Diese Konvention war ein wichtiger Meilenstein, der den Weg zum Internationalen Einheitensystem ebnete und die Grundlage für seine weitere Entwicklung und Überarbeitung legte. Die CGPM wurde zu einer internationalen Organisation, die die Einheitlichkeit in den Messungen fördert. Im Jahr 1960 führte die CGPM formell das SI als Nachfolger des metrischen Dezimalsystems ein.

Bernd Schröder (2014) berichtet, wie die Maßeinheiten ursprünglich durch die Notwendigkeit etabliert wurden, Abmessungen zu bestimmen, die durch Messungen erlangt werden konnten. Es wird erwähnt, dass im alten Babylon systematische Entwicklungen im Zusammenhang mit Maßeinheiten stattfanden, wobei natürliche Dimensionen wie Schritt, Arm, Fuß, Hand und Daumen als Referenz verwendet wurden. Mit zunehmendem Handel erwiesen sich jedoch diese lokalen Einheiten als immer weniger geeignet. Daher schlug Huyghens im Jahr 1664 vor, die Länge eines Pendels mit einer genauen Schwingungsperiode von einer Sekunde als Maß zu verwenden. Später, im Jahr 1670, schlug Mouton vor, die Länge eines Bogens von einer Minute am Meridian als Maßeinheit zu verwenden. Im Jahr 1799 wurde dem Pariser Staatsarchiv eine Längeneinheit

vorgestellt, die durch einen Metallstab repräsentiert wurde, der zu 90% aus Platin und zu 10% aus Iridium bestand und als ein Zehnmillionstel des Viertels eines Meridians bei der Schmelztemperatur des Eises definiert wurde. Diese Einheit wurde Meter genannt. Lagrange und Laplace waren einige der Wissenschaftler, die an der Kommission beteiligt waren, die diese Einheit festlegte. Gleichzeitig wurde ein Kilogramm als die Masse eines Liters Wasser bei 4 °C definiert.

Das Buch von Bernd Schröder (2014) enthält umfangreiche Tabellen als Werkzeuge für die Interaktion mit SI-Einheiten, in denen die definierten Grundgrößen und Basiseinheiten wie in [Abb. 2](#) aufgeführt sind, sowie abgeleitete Größen und Einheiten. Es werden auch thematische Tabellen präsentiert, die verschiedene Bereiche der Physik und Chemie abdecken.

Der Autor Bernd Schröder (2014) beschreibt, dass das SI auf sieben Basiseinheiten basiert, die als grundlegend und unveränderlich gelten und die sind

- Länge: Das Meter (m) ist die Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum in  $\frac{1}{299.792.458}$  Sekunden zurücklegt. (Schröder, 2014)
- Masse (Masse): Das Kilogramm (kg) ist die Masse des internationalen Prototyps des Kilogramms. (Schröder, 2014)
- Zeit: Die Sekunde (s) ist die Dauer von 9.192.631.770 Perioden der Strahlung, die bei dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustands des Isotops Cäsium-133 auftreten. (Schröder, 2014)
- Elektrischer Strom: Das Ampere (A) ist die Stärke eines konstanten Stroms, der beim Fließen durch zwei parallele, geradlinige und unendlich lange Leiter, die im Vakuum einen Meter voneinander entfernt sind, eine Kraft von  $2 * 10^{-7}$  Newton pro Meter Leiterlänge erzeugt. (Schröder, 2014)
- Temperatur: Das Kelvin (K) ist der 273,16. Teil der thermodynamischen Temperatur des Tripelpunkts des Wassers. (Schröder, 2014)
- Stoffmenge: Das Mol (mol) ist die Menge an Substanz, die so viele elementare Einheiten enthält, wie Atome in 0,012 kg Kohlenstoff-12 vorhanden sind. Es ist wichtig, die verwendeten elementaren Einheiten anzugeben, die Atome, Moleküle, Ionen, Elektronen, andere Partikel oder Verbindungen dieser Partikel sein können. In der Praxis wird die

Verwendung des Kilomols (kmol) empfohlen, um den Faktor 1000 bei der Kombination des Mols mit anderen Größen zu vermeiden. (Schröder, 2014)

- Lichtstärke: Die Candela (cd) ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung mit einer Frequenz von  $540 * 10^{12}$  Hz emittiert und deren Intensität in dieser Richtung  $\frac{1}{683}$  Watt pro Steradianen beträgt. (Schröder, 2014)

Diese Basiseinheiten bilden die Grundlage für alle anderen abgeleiteten Einheiten, die im SI verwendet werden.

Der Autor Stefan Rinner (2017) definiert physikalische Größen als quantifizierbare Eigenschaften, die in der Physik und anderen Bereichen der Wissenschaft verwendet werden, um quantitative Aussagen zu machen. Der Autor betont, dass die Definitionen des Meters und der Sekunde auf natürlichen Konstanten basieren und dadurch ihre Reproduzierbarkeit in jedem Labor weltweit gewährleistet wird. Es werden jedoch einige Schwierigkeiten erwähnt, wie die des Kilogramms, für das derzeit Kopien des internationalen Kilogrammprototyps verwendet werden, aufgrund der beobachteten Variationen in seiner Masse. Es werden laufende Projekte erwähnt, um das Kilogramm auf der Grundlage von natürlichen Konstanten neu zu definieren.

Aus diesen Literaturangaben geht hervor, dass es seit vielen Jahrhunderten Schwierigkeiten mit den Maßeinheiten gibt. Die Standardisierung des SI-Systems hat jedoch dazu geführt, dass eine Vielzahl von Tabellen zur Verfügung steht, in denen Größen und Einheiten als Lern- und Umrechnungshilfen für den akademischen und beruflichen Bereich dargestellt sind.

## 2.3 Aktuelle Messwerkzeuge

In den zuvor genannten Studien haben sich die Forscher (Dincer & Osmanoglu, 2018), (Hallagan, 2013), (Lübbert, 2017) und (Lassnitzer & Gaidoschik, 2019) darauf konzentriert, die aktuellen Methoden zu verbessern oder neue Unterrichtsmethoden zu entwickeln. Es ist jedoch zu betonen, dass dies die

Probleme oder Schwierigkeiten bei der Umrechnung von SI-Einheiten insgesamt nicht gelöst hat, da die Studien zu den gleichen Schlussfolgerungen hinsichtlich der bestehenden Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Maßeinheiten gelangen.

Es wurde auch eine Literaturrecherche in den Bibliotheken der Fachhochschule St. Pölten GmbH, der Johannes Kepler Universität Linz (JKU) und der Technischen Universität Wien (TUW) sowie in Datenbanken wie "Google Scholar" durchgeführt, um mögliche vorhandene Tools zur Bewältigung der Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Einheiten zu finden. Es wurden keine Verweise auf spezialisierte physische Werkzeuge gefunden, die eine interaktive Interaktion des Benutzers mit den SI-Umwandlungsskalen ermöglichen, um das Lernen zu fördern, ohne umfangreiche mathematische Fähigkeiten für die zugrunde liegenden Operationen bei jeder Umrechnung oder das Auswendiglernen der Tabellen, wie sie in Mathematik- und Physikbüchern usw. dargestellt werden, zu benötigen.

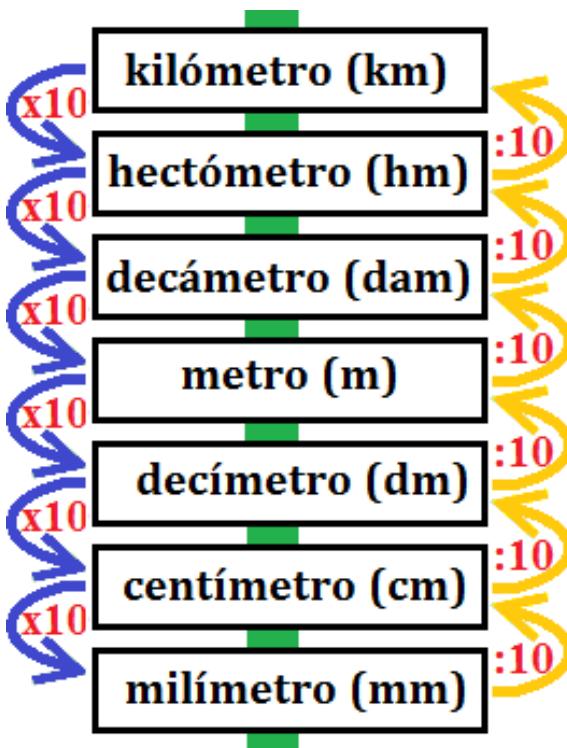


Abb. 1: 150cm Maßband, Schneiderei Messband.  
<https://www.kaufland.de/product/345995623/>

Daher wurde die Suche nach möglichen Internetlösungen fortgesetzt, bei der einige Tools wie Maßbänder oder Messbänder gefunden wurden, die grundlegende Einheiten wie Meter, Zentimeter und Millimeter repräsentieren, wie in Abb. 1 dargestellt. Diese Art von Werkzeugen wurde für die Messung von Objekten unter Verwendung einiger Einheiten des SI-Systems entwickelt,

ermöglichen jedoch nicht die Umrechnung einer festgelegten Zahl von einer bestimmten Einheit in eine andere, wie zum Beispiel von Nanometern in Kilometer.

Auf der anderen Seite gibt es Taschenrechner und digitale Medien wie Websites, auf denen eine Beschreibung der Umrechnungsmethoden bereitgestellt wird und ein Programm zur Berechnung von Einheiten zur Verfügung steht. Diese arbeiten auf systematische Weise, bei der der Benutzer keine Art von Interaktion mit der Operation hat, was das Lernen der Umrechnungsskalen der SI-Einheiten nicht fördert, da der Benutzer den Prozess, der zum Erzielen des Ergebnisses führt, nicht sieht.



Symbol	Name	Wert 1	Wert 2	Bedeutung
Y	Yotta...	$10^{24}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000	Quadrillion
Z	Zetta...	$10^{21}$	1 000 000 000 000 000 000 000 000	Trilliard
E	Exa...	$10^{18}$	1 000 000 000 000 000 000 000	Trillion
P	Peta...	$10^{15}$	1 000 000 000 000 000	Billiarde
T	Tera...	$10^{12}$	1 000 000 000 000	Billion
G	Giga...	$10^9$	1 000 000 000	Milliarde
M	Mega...	$10^6$	1 000 000	Million
k	Kilo...	$10^3$	1 000	Tausend
h	Hekto...	$10^2$	100	Hundert
da	Deka...	$10^1$	10	Zehn
-	-	$10^0$	1	Eins
d	Dezi...	$10^{-1}$	0,1	Zehntel
c	Centi...	$10^{-2}$	0,01	Hundertstel
m	Milli...	$10^{-3}$	0,001	Tausendstel
$\mu$	Mikro...	$10^{-6}$	0,000 001	Millionstel
n	Nano...	$10^{-9}$	0,000 000 001	Milliardstel
p	Pico...	$10^{-12}$	0,000 000 000 001	Billionstel
f	Femto...	$10^{-15}$	0,000 000 000 000 001	Billiardstel
a	Atto...	$10^{-18}$	0,000 000 000 000 000 001	Trillionstel
z	Zepto...	$10^{-21}$	0,000 000 000 000 000 000 001	Trilliardstel
y	Yocto...	$10^{-24}$	0,000 000 000 000 000 000 000 001	Quadrillionstel

Abb. 2: Beispiele für Skalen zur Einheitenumrechnung <sup>3, 4</sup>

Auf anderen Websites wird das Lernen durch Bilder wie in Abb. 2 angeregt, bei denen junge Menschen mathematische Operationen auswendig lernen und Probleme lösen sollen, wobei diese Bilder als Anleitung dienen. Es wurde jedoch

<sup>3</sup> <https://www.matesfacil.com/calculadoras/conversion/calculadora-online-conversion-unidades-longitud.html>

<sup>4</sup> (Schmiermund, 2020)

kein physisches Objekt gefunden, das die Umrechnungsskala darstellt und bei dem der Benutzer eine direkte Interaktion damit durchführen muss, um die Umrechnung von Maßeinheiten durchzuführen. Dadurch wird das Lernen gefördert und die kognitive Belastung bei der Übung verringert.

## 2.4 Das menschliche Gedächtnis

Die zuvor genannten Werkzeuge weisen einige Schwierigkeiten beim Lernen und der Merkfähigkeit einiger Personen auf, wie von der Autorin Yeimy Avila (2021) im Hinblick auf die Auswirkungen der Internetnutzung auf das Gedächtnis von Kindern und Jugendlichen vorgeschlagen. Dabei wird die sensorische Überstimulation betont, die durch den Einsatz von Technologie verursacht wird und wichtige Auswirkungen auf die Gehirne von Kindern und Jugendlichen hat. Es wird erwähnt, dass die Neugier begrenzt wird, die Vorstellungskraft aufgrund der Zugänglichkeit des Internets unterdrückt wird und dadurch das Gedächtnis und das Lernen beeinträchtigt werden. Das Gedächtnis, so wird weiter argumentiert, ist für gutes Lernen von entscheidender Bedeutung, da es die Speicherung und den willentlichen Abruf von Informationen ermöglicht. Es wird jedoch argumentiert, dass der unmittelbare Zugang zu Informationen über das Internet die Notwendigkeit des Auswendiglernens verringert hat, da Kinder über Suchmaschinen schnell Antworten erhalten können, ohne ihr Gehirn zu stimulieren, um ihre kognitiven Fähigkeiten zu verbessern. Der Artikel weist auch darauf hin, dass Gedächtnis und Bildung wesentliche Elemente im Lernprozess sind, da sie die Speicherung und den Erwerb von Wissen beeinflussen. Es wird betont, dass das Gedächtnis eine Fähigkeit ist, die durch Wiederholung gestärkt wird.

Die Autoren Patricia J. Bauer und Robyn Fivush (2014) beschreiben kognitive Belastung als die Menge an geistigen Ressourcen, die zum Verarbeiten von Informationen und zur Durchführung einer bestimmten Aufgabe erforderlich sind. Im Kontext mathematischer Probleme ist unser Gehirn einer hohen Belastung ausgesetzt, die je nach Komplexität der Aufgabe und der zu verarbeitenden Informationen variieren kann. Die Autoren verweisen auf den Einsatz von Bildern

als effektive mnemonische Technik zur Verbesserung des Gedächtnisses. Die Schaffung lebendiger und detaillierter mentaler Bilder kann Kindern helfen, Informationen effektiver zu kodieren und zu erinnern. Bilder können helfen, neue Informationen mit bereits im Gedächtnis gespeicherten Informationen zu verknüpfen, was die spätere Wiederherstellung der Informationen erleichtert. Zum Beispiel können Kinder mentale Bilder verwenden, um sich an die Namen neuer Personen zu erinnern, indem sie körperliche Merkmale oder Persönlichkeitsmerkmale mit dem Bild der Person verbinden. Neben der Erstellung von mentalen Bildern werden im Buch auch andere mnemonische Techniken diskutiert, wie Elaboration, Organisation und Wiederholung, die alle gezeigt haben, dass sie die Gedächtnisleistung verbessern.

Lieury (2012) diskutiert, wie kognitive Belastung die Leistung bei der Lösung mathematischer Probleme beeinflussen kann, und bietet Strategien zur Verwaltung und Reduzierung dieser Belastung. Einige der im Buch erwähnten Strategien sind:

- Vereinfachung der Aufgabe: Die Aufteilung eines komplexen Problems in kleinere, überschaubare Schritte kann die kognitive Belastung verringern. Die getrennte Behandlung der einzelnen Komponenten eines Problems erleichtert das Verständnis und die Lösung. (Lieury, 2012)
- Einsatz visueller Techniken: Die Verwendung von Diagrammen, Grafiken oder visuellen Darstellungen kann die kognitive Belastung reduzieren, indem ein Teil der Informationen externalisiert wird und eine schnellere und klarere Vorstellung ermöglicht wird. (Lieury, 2012)
- Automatisierung grundlegender Konzepte: Durch die Automatisierung von grundlegenden mathematischen Operationen und Konzepten wie dem Einmaleins oder grundlegenden arithmetischen Operationen wird die kognitive Belastung im Zusammenhang mit diesen Schritten reduziert und geistige Ressourcen werden freigesetzt, um komplexere Aspekte eines Problems anzugehen. (Lieury, 2012)
- Einsatz von Problemlösungsstrategien: Lieury betont auch im Buch die Bedeutung des Unterrichts und der Verwendung spezifischer Strategien zur Lösung mathematischer Probleme, wie der Identifizierung von Mustern, der Aufteilung von Problemen oder der Verwendung von Analogien. Diese

Strategien können die Aufgabe vereinfachen und die kognitive Belastung reduzieren, indem sie einen strukturierten Ansatz bieten.

Durch das Verständnis und die Verwaltung der kognitiven Belastung im Zusammenhang mit mathematischen Problemen können die Problemlösungsfähigkeiten und die Gesamtleistung in diesem Bereich verbessert werden.

Frick-Salzmann (2017) schlägt vor, dass das menschliche Gehirn eine beeindruckende Kapazität hat, Informationen zu speichern, und betont, dass das Erinnern bestimmter Dinge eine Herausforderung sein kann, wie zum Beispiel die Umrechnungstabellen für Einheiten. Das menschliche Gedächtnis ist ein komplexer und multifaktorieller Prozess, bei dem verschiedene Faktoren wie Aufmerksamkeit, Motivation, Stress und Emotionen eine Rolle spielen. Diese Elemente wirken sich auf die Bildung, Speicherung und Wiederherstellung des Gedächtnisses aus.

Sie kann daher als wertvolle Referenz für ein besseres Verständnis der Natur des Gedächtnisses und der am Gedächtnisprozess beteiligten Mechanismen betrachtet werden. Eine der Theorien, die Frick-Salzmann (2017) in ihrem Buch hervorhebt, bezieht sich auf die Gedächtniskurve, die der deutsche Psychologe Hermann Ebbinghaus Ende des 19. Jahrhunderts vorschlug und die in späteren Forschungen umfassend untersucht und bestätigt wurde. Die Gedächtniskurve beschreibt den zeitlichen Verlauf des Vergessens gelernter Informationen. Nach Ebbinghaus kommt es nach dem Lernen neuer Informationen zu einem raschen Abfall der Erinnerungsfähigkeit. In den frühen Stadien ist das Erinnerungsvermögen hoch, aber dann setzt ein schnelles Vergessen ein. Dieses Phänomen wird als Phase des anfänglichen Vergessens bezeichnet. Diese Theorie vertieft jedoch die Bedeutung regelmäßiger Wiederholungen im Memorierungsprozess. Durch wiederholtes Üben und regelmäßiges Wiederholen des gelernten Materials zeigt die Gedächtniskurve, dass die Vergessensrate allmählich abnimmt und auf einem niedrigeren Niveau stabilisiert. Das bedeutet, dass im Laufe der Zeit und bei fortlaufender Wiederholung der Informationen oder der Anwendung anderer Techniken wie der Visualisierungstechnik, bei der sich gezeigt hat, dass visuelle Darstellungen für das Gedächtnis äußerst effizient sind, die Gedächtnisleistung verbessert wird.

Es wird betont, dass die Verwendung von mnemotechnischen Techniken und die regelmäßige Nutzung eines Werkzeugs die Fähigkeit zur effizienteren und dauerhafteren Memorierung fördert im Vergleich zur derzeit vorgeschlagenen Methode der Visualisierung und Assoziation in Büchern. Bei dieser Methode sieht sich der Lernende mit der Aufgabe konfrontiert, Tabellen oder Daten auswendig zu lernen, was aufgrund der mathematischen Operationen, auf denen die Daten beruhen, eine hohe kognitive Belastung mit sich bringt.

## 2.5 Rechtliche Grundlagen

### 2.5.1 Erfindung

Innovation ist die erfolgreiche Einführung neuer Ideen, Produkte, Verfahren, Geschäftsmodelle und Dienstleistungen auf dem Markt. Sie wird durch den Fortschritt vorangetrieben und ist für das langfristige Überleben und Wachstum jedes Unternehmens unerlässlich. Innovation ist der Schlüssel zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit, ohne sie können Unternehmen ins Hintertreffen geraten. Um jedoch aus einer Erfindung oder einer guten Idee ein erfolgreiches Produkt zu machen, das von den Kunden in großem Umfang angenommen wird, sind methodische Arbeit, leidenschaftliches Engagement, Kapital und Ausdauer erforderlich (Glück, 2022).

Im juristischen Kontext beschreibt der Autor Wolfgang Hahn (2015) eine "Erfindung" als persönliche geistige Schöpfung und urheberrechtlich geschütztes Werk. Um als "Erfindung" im Sinne des Patentrechts zu gelten, muss eine Erfindung jedoch einen Bezug zur Technik aufweisen. Eine Erfindung im Sinne des Patentrechts muss eine technische Lehre sein, die eine konkrete Handlungsanweisung enthält, von praktischem Nutzen ist und ausgeführt werden kann. Technische Überlegungen sind die Grundlage für die Lösung einer technischen Aufgabe. Da eine Erfindung nur dann als Erfindung gilt, wenn sie bestimmte, vom Patent- und Markenamt festgelegte Parameter erfüllt, gibt es eine Liste von Erfindungen, die nicht als "Erfindung" gelten, wie z.B.: Entdeckungen, wissenschaftliche Theorien, mathematische Methoden, ästhetische Formschöpfungen, Pläne, Regeln und Verfahren für gedankliche Tätigkeiten,

Konstruktionspläne, Schnittmuster, Methoden zur Erziehung von Menschen oder Tieren, Notenschrift, stenografische Abkürzungen, industrielle Tätigkeiten (z.B. Buchhaltungssysteme), Computerprogramme (ausgenommen sog. computerimplementierte Erfindungen), Vervielfältigung von Informationen, Tabellen, Formen, Anordnungen von Buchstaben, Konstruktionen und Verfahren, die den Naturgesetzen zuwiderlaufen. Programme für Datenverarbeitungsanlagen (mit Ausnahme sogenannter computerimplementierter Erfindungen), die Wiedergabe von Informationen, Tabellen, Formen, Anordnungen von Buchstaben, gegen die Naturgesetze verstößende Konstruktionen und Verfahren (Perpetuum mobile), die einzelnen Schritte der Herstellung des menschlichen Körpers, die Entdeckung seiner Bestandteile und genetische Sequenzen (mit Ausnahme isolierter Teile nach § 1a Abs. 2 PatG). Darüber hinaus gilt dies für die Methoden des Klonens von Menschen, die Veränderung der menschlichen Identität, die Veränderung der genetischen Identität.

### 2.5.2 Entwicklung

Entwicklung ist der Prozess der Umsetzung einer Erfindung oder Idee in ein Produkt oder eine Dienstleistung, das/die den Bedürfnissen des Marktes entspricht und von den Kunden angenommen wird. Dabei müssen Aspekte wie technische Machbarkeit, wirtschaftliche Machbarkeit, kommerzielle Machbarkeit und rechtliche Machbarkeit berücksichtigt werden. Die Entwicklung umfasst ein systematisches und strategisches Vorgehen, um eine Idee auf den Markt zu bringen und ihren Erfolg sicherzustellen (Glück, 2022).

### 2.5.3 Innovation

*„Innovation (lateinisch „novus“ = neu) bezeichnet die erfolgreiche wirtschaftliche Umsetzung einer Neueinführung oder Erneuerung. Der Innovation vorgeschaltet ist die Invention, welche die Erfindung oder Entwicklung einer neuen Idee bezeichnet und abstrakt oder konkret sein kann.“ (Schuh, 2013, S. 22)*

## 2.5.4 Patent

Der Autor Wolfgang Hahnl (2015) beschreibt in seinem Buch die Bedeutung von Patenten und die Vorteile, die aus der Analyse von Patentliteratur gewonnen werden können. Als Vorteile werden unter anderem genannt: Vermeidung von Duplikaten, frühzeitiges Erkennen von Entwicklungstrends, Aufdecken von Patentlücken, Ableiten von Marktnischen, Wettbewerbsbeobachtung und Zugang zu technischen Informationen früher und detaillierter als in anderen Fachquellen. Es wird betont, dass die eigentliche Macht der Patente im Patentgesetz liegt, das dem Patentinhaber das ausschließliche Recht einräumt, seine Erfindung zu verwerten und Dritten zu verbieten, die durch das Patent geschützten Erzeugnisse und/oder Verfahren herzustellen, in Verkehr zu bringen oder zu gebrauchen. Es beschreibt auch den Begriff der Erfindung und sein Verhältnis zum Urheberrecht und zu den gewerblichen Schutzrechten. Nach dem Urheberrechtsgesetz sind wissenschaftliche oder technische Darstellungen wie Zeichnungen, Pläne, Karten, Skizzen, Tabellen und dreidimensionale Darstellungen sowie literarische Werke wie Schriftwerke, Reden und Computerprogramme geschützte Werke. Urheber sind die Schöpfer dieser Werke.

In der Rechtswissenschaft wird dies jedoch anders gesehen. Nach Schulte (2008) ist der Begriff "Erfindung" ein unbestimmter Rechtsbegriff, der dem Ermessen von Rechtsprechung und Lehre unterliegt. Er könne dem jeweiligen Stand der Wissenschaft angepasst werden. Einigkeit besteht jedoch darüber, dass eine Erfindung im Sinne des Patentrechts eine technische Lehre ist. Sie muss konkrete Anweisungen geben, einen praktischen Nutzen haben und ausführbar sein. Technische Überlegungen bilden die Grundlage für die Lösung eines technischen Problems. Handelt es sich bei der geistigen Schöpfung um eine technische Erfindung, unterliegt sie den gewerblichen Schutzrechten. In diesem Fall ist die Ähnlichkeit zum Urheberrecht nicht mehr gegeben. Das einzige brauchbare Kriterium, um eine Erfindung von anderen geistigen Schöpfungen zu unterscheiden, ist ihr Bezug zur Technik

Der Autor Schulte (2008) erwähnt, dass es kleinere Erfindungen, die nicht patentiert werden gibt, aber auch für sie gibt es bestimmte Eintragungen zum Schutz der Erfindung, eine davon ist die Eintragung eines Gebrauchsmusters beim

Patent- und Markenamt. Um ein Gebrauchsmuster zu erhalten, muss eine Anmeldung eingereicht werden, die eine detaillierte Beschreibung der Erfindung sowie Ansprüche enthält, in denen der gewünschte Schutzmfang festgelegt wird. Zum besseren Verständnis der Erfindung können auch Zeichnungen oder Diagramme beigefügt werden. Der Hauptvorteil der Eintragung eines Gebrauchsmusters besteht darin, dass ein sofortiger vorläufiger Schutz gewährt wird, ohne dass eine formelle oder materielle Prüfung erforderlich ist. Sobald die Anmeldung eingereicht und die entsprechende Gebühr entrichtet wurde, wird eine Eintragungsurkunde ausgestellt. Diese gibt dem Inhaber des Gebrauchsmusters das ausschließliche Recht, die Erfindung zu benutzen und Dritten die Benutzung zu verbieten.

Schulte (2008) betont, dass die Registrierung eines Gebrauchsmusters eine maximale Laufzeit von 10 Jahren ab dem Anmeldedatum hat. Während dieses Zeitraums kann der Inhaber des Gebrauchsmusters seine gesetzlichen Rechte geltend machen und rechtliche Schritte gegen diejenigen ergreifen, die seine Erfindung verletzen.

Für das Produkt MUL wurden Gespräche mit zwei Patentanwälten geführt. Nach einer detaillierten Analyse des Produkts kamen sie zu dem Schluss, dass es die Voraussetzungen für eine Patentierbarkeit nicht erfüllt. Die Anwälte empfahlen daher die Eintragung eines Gebrauchsmusters<sup>5</sup> und einer Marke, um einen sofortigen Schutz zusätzlich zu den bestehenden Urheberrechten und gewerblichen Schutzrechten zu erhalten.

---

<sup>5</sup> <https://www.patentamt.at/quicklinks/wiki/gebrauchsmuster>

## 2.6 Hypothesen

Unter Berücksichtigung der oben genannten Literatur können die folgenden Hypothesen aufgestellt werden, um die Nützlichkeit des Tools zu bestimmen und festzustellen, ob es den Prozess der Umrechnung von SI-Einheiten tatsächlich verbessert.

- H1:** Wenn MUL zur Umrechnung von Maßeinheiten anstelle der herkömmlichen Methoden verwendet wird, wird eine signifikante Verbesserung der Wirksamkeit bei der Umrechnung beobachtet werden.
- H2:** Es ist nur eine kurze Schulung zur Verwendung des MULs erforderlich, um die Umrechnung von Maßeinheiten effizienter zu gestalten als bei der herkömmlichen Methode.
- H3:** Wenn eine umfangreiche Schulung und praktische Übung in der Verwendung von MUL zur Umrechnung von Maßeinheiten bereitgestellt wird, dann zeigen die Benutzer eine Verbesserung in der Genauigkeit und Wirkungsgrad der Umrechnung.
- H4:** Wenn Benutzer Schwierigkeiten haben, die Struktur des metrischen Systems zu verstehen, die richtigen Einheiten für die Konvertierung zu identifizieren, die richtigen Konversionsfaktoren auszuwählen und grundlegende mathematische Fähigkeiten bei der Durchführung von Einheitenumrechnungen fehlen, könnte MUL eine effektive Lösung sein, um diese Defizite zu beheben.

### **3 Methoden und Vorgehensweise**

#### **3.1 Theoretischer Hintergrund**

Der Autor Pepels, W. (2016) konzentriert sich auf das Produktmanagement und behandelt verschiedene Aspekte der Entwicklung, Einführung und erfolgreichen Verwaltung neuer Produkte auf dem Markt. Pepels untersucht die verschiedenen Prozesse und Strategien, die bei der erfolgreichen Einführung neuer Produkte eine Rolle spielen. Themen wie die Identifizierung von Marktchancen, die Forschung und Entwicklung neuer Produkte, die Marktsegmentierung und die Positionierungsstrategie werden diskutiert. Der Autor geht auch auf das Thema Markenmanagement ein. Es wird die Bedeutung des Aufbaus und der Aufrechterhaltung einer starken Marke sowie Strategien für Branding, Markenbildmanagement und effektive Markenkommunikation analysiert. Die strategische Planung von Produktprogrammen wird ebenfalls untersucht. Der Autor behandelt Themen wie das Management des Produktpportfolios, die Ausrichtung der Produkte auf die Unternehmensstrategie, das Produktlebenszyklusmanagement und die Bewertung der Produktleistung auf dem Markt.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde das vorgeschlagene Konzept von Günther Schuh (2013) als wertvolle Literaturquelle berücksichtigt. Der Autor erforscht, wie die Philosophie und Techniken des Lean Thinking effektiv zur Förderung von Innovationen genutzt werden können. Schuh betont die Bedeutung von:

- Verschwendungsbeleidigung: Hierbei geht es darum, alle Aktivitäten und Prozesse zu identifizieren und zu beseitigen, die während des Innovationsprozesses keinen Mehrwert für den Kunden schaffen. Dies beinhaltet die Optimierung der Ressourcen, die bei der Produkt- und Prozessentwicklung verwendet werden. (Schuh, 2013)
- Kundenzentrierter Wert: Hierbei liegt ein starker Fokus auf dem Verständnis und der Erfüllung der Kundenbedürfnisse während des Innovationsprozesses. Dies umfasst Marktforschung, frühes und häufiges Kundenfeedback und die Anpassung von

Innovationsansätzen an die Wünsche und Anforderungen der Kunden. (Schuh, 2013)

- Kontinuierliche Verbesserung: Der Innovationsprozess wird als kontinuierlicher Lern- und Verbesserungszyklus betrachtet. Experimente und schnelle Iterationen werden gefördert, Daten werden gesammelt und analysiert, um Bereiche für Verbesserungen zu identifizieren, und Änderungen werden agil umgesetzt. Das Ziel besteht darin, aus Fehlern und Erfolgen zu lernen und Produkte und Prozesse kontinuierlich zu optimieren. (Schuh, 2013)
- Zusammenarbeit und Teamarbeit: Aktive Zusammenarbeit zwischen Teammitgliedern und verschiedenen Bereichen der Organisation wird gefördert. Offene Kommunikation, Wissensaustausch und die Beteiligung aller Beteiligten am Innovationsprozess werden unterstützt. Die multidisziplinäre Zusammenarbeit ermöglicht es, die Stärken unterschiedlicher Perspektiven zu nutzen und den Innovationsprozess zu beschleunigen. (Schuh, 2013)
- Visualisierung und Transparenz: Visuelle Werkzeuge werden verwendet, um den Status des Innovationsprozesses für alle Beteiligten transparent und verständlich zu machen. Dies umfasst die Verwendung von visuellen Boards, Flussdiagrammen und Grafiken, um Fortschritt, Meilensteine, Probleme und wichtige Kennzahlen darzustellen. Die Visualisierung erleichtert die Kommunikation, die Identifizierung von Engpässen und die Entscheidungsfindung auf der Grundlage klarer Informationen. (Schuh, 2013)
- Flexibilität und Anpassungsfähigkeit: Der Innovationsprozess passt sich schnell an, wenn neue Informationen vorliegen und sich Marktbedingungen und Kundenanforderungen ändern. Es wird angestrebt, eine flexible Organisationsstruktur aufrechtzuerhalten, die schnelle Entscheidungsfindung und Implementierung von Änderungen ermöglicht. Die Fähigkeit, sich anzupassen und bei

Bedarf zu pivotieren, ist entscheidend für den Erfolg in einer Innovationsumgebung. (Schuh, 2013)

Diese Themen sind relevant, da sie einen umfassenden und detaillierten Überblick über die wesentlichen Aspekte des Produktentwicklungs- und -managementprozesses geben, die bei der Entwicklung der MUL verwendet wurden.

Die Autoren Daniel R. A. Schallmo & Klaus Lang (2020) bieten eine detaillierte und praktische Perspektive für die Anwendung von Design Thinking in verschiedenen Kontexten. Es bietet eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zum Verständnis und zur Anwendung der grundlegenden Prinzipien des nutzerzentrierten Designs, die für die Entwicklung neuer Lösungen entscheidend sind. Diese Ressource war für die Entwicklung von MUL relevant, da sie wertvolle Informationen darüber lieferte, wie die Herausforderungen bei der Lösung des Problems, mit dem die Studierenden konfrontiert sind, nämlich Schwierigkeiten bei der Umrechnung von SI-Einheiten, angegangen werden können. Durch die Anwendung der Design-Thinking-Prinzipien wurde ein iterativer Prozess durchgeführt, um das identifizierte Problem anzugehen. Dies geschah in folgenden Phasen:

- Empathisieren: Dieser Schritt beinhaltet ein gründliches Verständnis der Benutzer, ihrer Bedürfnisse, Wünsche und Herausforderungen. Es wird durch direkte Beobachtung, Forschung und Interaktion mit den Benutzern erreicht, um ein tiefes Verständnis ihrer Erfahrungen zu erlangen. (Schallmo & Lang, 2020)
- Definieren: Nachdem Daten über die Benutzer gesammelt wurden, wird das Problem oder die Herausforderung in klaren und prägnanten Begriffen definiert. Diese Phase beinhaltet die Synthese der gesammelten Informationen und die Festlegung eines spezifischen Ansatzes zur Lösung des Problems. (Schallmo & Lang, 2020)
- Ideenfindung: In dieser Phase werden eine Vielzahl von Ideen generiert, um das in der vorherigen Phase identifizierte Problem zu lösen. Designer werden ermutigt, divergent zu denken und unkonventionelle Lösungen zu erkunden. Kreatives Denken wird

gefördert und Techniken wie Brainstorming und laterales Denken werden eingesetzt. (Schallmo & Lang, 2020)

- Prototyping: Sobald die vielversprechendsten Ideen ausgewählt wurden, wird ein greifbarer Prototyp oder eine visuelle Darstellung der vorgeschlagenen Lösung erstellt. Prototypen können in ihrer Komplexität variieren, von schnellen Skizzen bis hin zu interaktiven Modellen, und werden verwendet, um die Ideen zu testen und zu verfeinern. (Schallmo & Lang, 2020)
- Testen: In dieser Phase wird der Prototyp den Benutzern präsentiert und ihre Rückmeldungen und Beobachtungen werden gesammelt. Das Ziel ist es, ein klares Verständnis dafür zu bekommen, wie die vorgeschlagene Lösung auf die Bedürfnisse und Erwartungen der Benutzer eingeht. Die Testergebnisse werden verwendet, um das Design zu überarbeiten und zu verbessern. (Schallmo & Lang, 2020)
- Implementieren: Nachdem das Design basierend auf dem Feedback der Benutzer verfeinert wurde, erfolgt die endgültige Umsetzung. Dies beinhaltet die Umsetzung des Designs in eine praktische Lösung und die Planung der Implementierung. (Schallmo & Lang, 2020)
- Lernen: Der letzte Schritt des Design-Thinking-Prozesses beinhaltet die Reflexion über die Erfahrung und das Lernen daraus. Die Ergebnisse werden analysiert, der Erfolg der implementierten Lösung wird bewertet und es werden Lektionen für zukünftige Projekte identifiziert. (Schallmo & Lang, 2020)

Die Schritte sind in der *Abb. 3* dargestellt, die auch den Schritt "Testen des Prototyps" beschreibt und hervorhebt, eine Aktivität, die das Ziel dieser Masterarbeit sein wird, um Informationen über das MUL zu sammeln, indem es der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

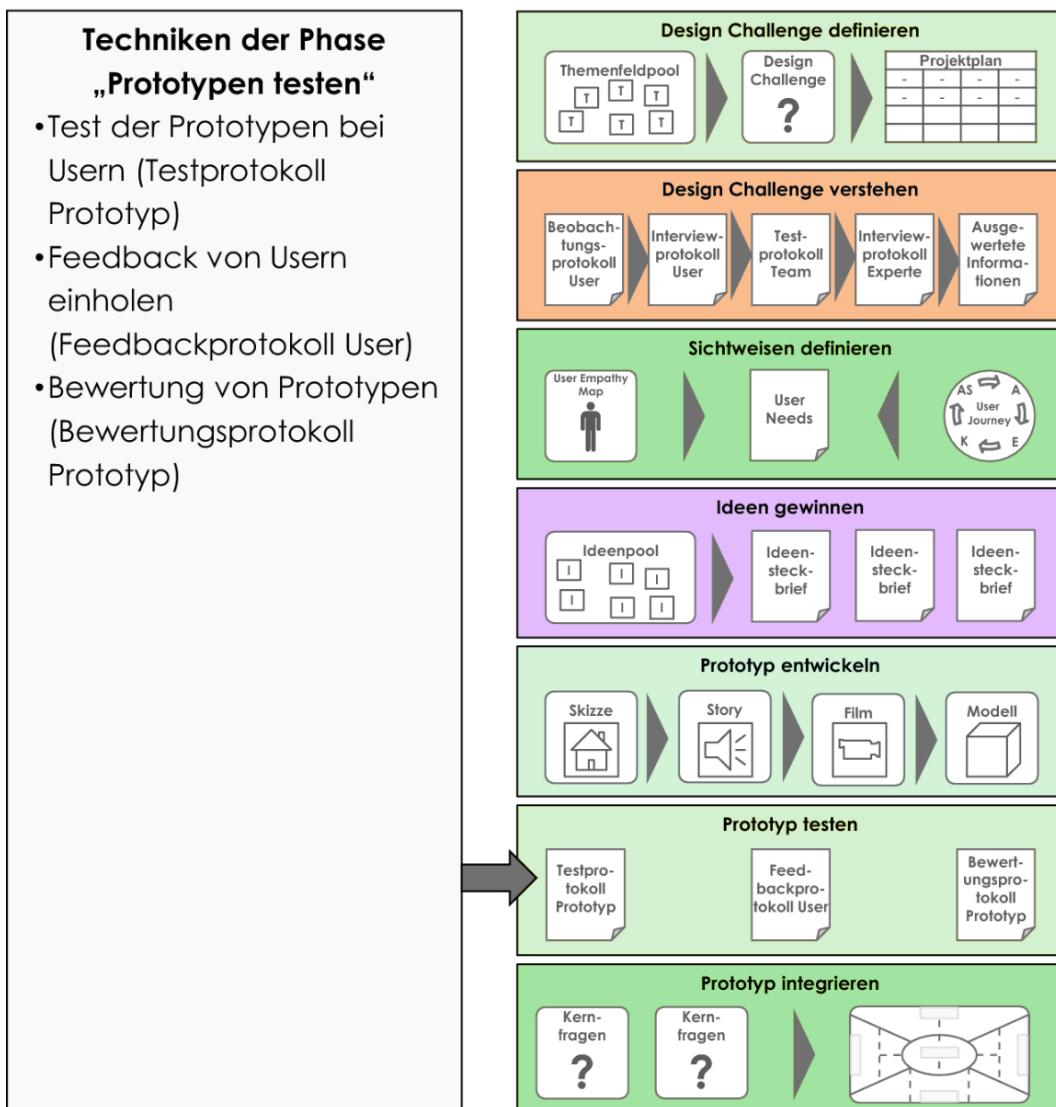


Abb. 3: Techniken der Phase Prototypen testen (Schallmo & Lang, 2020, S. 110)

Auf der Grundlage der oben genannten Texte wurde der Prototyp des Produkts entwickelt, und es wurde auch festgestellt, dass die Marktforschung ein wesentlicher Punkt in den verschiedenen Theorien ist, die für die Entwicklung neuer Produkte vorgeschlagen werden. Daher ist es notwendig, Tests mit verschiedenen Arten von Benutzern durchzuführen, um Daten über die Verwendung des Produkts zu sammeln. Diese Daten werden es ermöglichen, die Bedürfnisse, Präferenzen und Verhaltensweisen der Benutzer bei der Verwendung des Umrechnungstools für SI-Einheiten zu bewerten, wie von Pepels (2016) vorgeschlagen. Zu diesem Zweck werden die folgenden von Bruhn (2022)

beschriebenen Marktforschungsmethoden analysiert, um zu bestimmen, welche am besten für die Marktbewertung des MUL geeignet ist.

## 3.2 Marktforschung

### 3.2.1 Form der Befragung

Unter Berücksichtigung weiterer Literatur wie Saris und Gallhofer (2014) und Beatty, Collins, Kaye, Padilla, Willis und Wilmot (2019) kann ein verlässlicher Hinweis darauf gefunden werden, dass die gängigste Methode für Nutzerexperimente und Datenerhebungen heutzutage Fragebögen sind, da durch das Stellen von Fragen an die Probanden Informationen über deren Einstellungen, Meinungen, Verhalten oder andere Aspekte gesammelt werden können.

Auch Bruhn (2022) hebt diese Methode hervor und nennt einige Vorteile von Befragungen, wie die Möglichkeit, detaillierte Informationen von einer großen Anzahl von Probanden zu sammeln und spezifische, für die Forschungsfrage relevante Fragen zu formulieren. Der Autor erwähnt jedoch auch die Nachteile von Befragungen, wie z.B. eine mögliche Verzerrung durch soziale Erwünschtheit oder eine geringe Rücklaufquote bei schriftlichen oder Online-Befragungen. Außerdem gibt es viele verschiedene Umfrageformate, und es müssen die Formate ausgewählt werden, die am besten geeignet sind, um die für das Projekt benötigten Informationen zu sammeln.

#### 3.2.1.1 Persönliche Befragung

bei der ein Interviewer die Befragung von Personen in einem persönlichen Gespräch durchführt. Diese Methode kann entweder in einem face-to-face-Interview oder in einer Gruppenbefragung durchgeführt werden. Persönliche Befragungen können auf verschiedene Arten durchgeführt werden, wie z.B. durch eine zufällige Straßenauswahl oder durch das Sammeln von Teilnehmern auf einer Veranstaltung oder in einem Geschäft. Bei einer persönlichen Befragung kann der Interviewer detaillierte Informationen und

Erklärungen geben, um sicherzustellen, dass die Fragen klar und verständlich sind. Der Interviewer kann auch Nachfragen stellen, um sicherzustellen, dass die Antworten der Teilnehmer vollständig und genau sind. (Bruhn, 2019)

### 3.2.1.2 Telefonische Befragung

Bei der telefonischen Befragung wird der Fragebogen telefonisch durchgeführt. Der Interviewer stellt die Fragen und notiert die Antworten des Befragten. Diese Methode ist oft schneller und günstiger als die persönliche Befragung, kann aber zu geringeren Antwortraten führen. (Bruhn, 2019)

### 3.2.1.3 Online-Befragung

Bei der Online-Befragung wird der Fragebogen über das Internet oder per E-Mail verteilt. Die Teilnehmer können den Fragebogen in ihrem eigenen Tempo ausfüllen und die Antworten werden automatisch erfasst. Diese Methode ist kostengünstig und kann eine breite Zielgruppe erreichen, hat aber auch Nachteile wie zum Beispiel eine geringere Antwortrate und mögliche Verzerrungen durch Selbstselektion. (Bruhn, 2019)

### 3.2.1.4 Schriftliche Befragung

Bei der schriftlichen Befragung wird der Fragebogen auf Papier verteilt, den die Teilnehmer ausfüllen und zurücksenden. Diese Methode ist kostengünstig und kann eine breite Zielgruppe erreichen, hat aber auch Nachteile wie zum Beispiel eine geringere Antwortrate und mögliche Verzerrungen durch Selbstselektion. (Bruhn, 2019)

### 3.2.1.5 Panel-Befragung

Bei der Panel-Befragung wird eine Gruppe von Teilnehmern über einen längeren Zeitraum befragt. Die Teilnehmer werden regelmäßig zu verschiedenen Themen befragt, um Veränderungen im Zeitverlauf zu messen. Diese Methode ist nützlich, um Trends zu erkennen, hat aber auch Nachteile wie zum Beispiel eine geringere Teilnahmebereitschaft der Teilnehmer und mögliche Verzerrungen durch Panelmüdigkeit. (Bruhn, 2019)

### 3.2.2 Beobachtung

Bei dieser Methode werden Verhaltensmuster von Kunden und potenziellen Kunden direkt beobachtet und dokumentiert. Beobachtungen können in verschiedenen Umgebungen durchgeführt werden, wie z.B. in einem Einzelhandelsgeschäft oder online. (Bruhn, 2019)

### 3.2.3 Experimente

#### 3.2.3.1 Marktexperimente

Unternehmen können Marktexperimente durchführen, um verschiedene Marketingstrategien in unterschiedlichen Segmenten zu testen und Daten über die Ergebnisse zu sammeln (Bruhn, 2019).

#### 3.2.3.2 Das Laborexperiment

Hierbei wird das Experiment in einem kontrollierten Laborumfeld durchgeführt, um eine hohe Kontrolle über die unabhängigen Variablen zu gewährleisten. (Bruhn, 2019)

### 3.2.3.3 Das Feldexperiment

Wird das Experiment in einer natürlichen Umgebung durchgeführt, in der die Teilnehmer normalerweise agieren würden. Diese Art von Experimenten ist oft weniger kontrolliert, aber realitätsnäher. (Bruhn, 2019)

### 3.2.3.4 Das Quasi-Experiment

Es ist eine alternative Methode zum vollständigen Experiment beschrieben. Es handelt sich um eine Methode, bei der der Forscher keine vollständige Kontrolle über die unabhängige Variable hat, da sie nicht manipuliert werden kann. Stattdessen wird eine bestehende Situation oder Gruppierung ausgewählt und die Auswirkungen der unabhängigen Variable auf diese Situation oder Gruppierung untersucht. Dadurch können keine zufälligen Zuweisungen vorgenommen werden und die Ergebnisse können weniger zuverlässig sein als bei einem vollständigen Experiment. (Bruhn, 2019)

### 3.2.3.5 Marktforschungspanels

Marktforschungspanels sind Gruppen von Personen, die regelmäßig befragt werden, um Informationen über ihre Einstellungen und Verhaltensweisen zu sammeln. Diese Methode ermöglicht es Unternehmen, Verhaltensänderungen im Laufe der Zeit zu verfolgen. (Bruhn, 2019)

## 3.2.4 Sekundärforschung

Wie auch der Autor Bruhn (2019) in seinem Buch beschreibt, ist die Sekundärforschung dadurch gekennzeichnet, dass sie sich mit der Sammlung, Aufbereitung und Interpretation von bereits vorhandenen oder leicht zugänglichen Daten beschäftigt. Dies gilt sowohl für Informationen innerhalb des Unternehmens (interne Informationsquellen) als auch für Informationen, die auf dem Markt verfügbar sind (externe

Informationsquellen). Zu den internen Informationsquellen zählen alle Daten, die bereits in einem anderen Zusammenhang erhoben oder gewonnen wurden (z.B. im Rahmen von Unternehmensstatistiken, Kosten- und Leistungsrechnungen, Umsatzberichten oder Marketingplanungen). Interne Informationsquellen dienen vor allem dem Verständnis der Ursachen vergangener Ereignisse und sind für die Beantwortung zukunftsorientierter Fragestellungen im Marketing wenig hilfreich. Sekundäre externe Informationsquellen sind in der Regel allgemeiner Natur und beziehen sich auf den Markt als Ganzes (z.B. amtliche Statistiken, Verbandsstudien, Fachpublikationen, Verlagsstudien, Datenbanken usw.). Sie geben Hinweise auf Veränderungen und Verschiebungen im Markt. Besondere Bedeutung hat die Internetrecherche über Suchmaschinen erlangt. Die Vorteile von Sekundärdaten liegen darin, dass sie leicht verfügbar sind und relativ kostengünstig beschafft werden können. Dem steht jedoch der Nachteil gegenüber, dass die Daten oft veraltet und in der Regel nicht geeignet sind, die spezifischen Marketingfragen eines Unternehmens zu beantworten. Dennoch wird jedes Unternehmen ein System entwickeln, um verfügbare Sekundärinformationen systematisch zu sammeln, auszuwerten und sowohl intern als auch extern aufzubereiten.

Um die für die Validierung der Hypothese erforderlichen Daten zu sammeln, wurden zwei der oben beschriebenen Methoden in Betracht gezogen. Bei der ersten Methode handelt es sich um ein "Quasi-Experiment", bei dem die derzeitige Fähigkeit der Nutzer, Einheiten umzurechnen, mit den Ergebnissen verglichen wird, die bei der Verwendung von MUL erzielt werden. Bei der zweiten Methode handelt es sich um eine persönliche Befragung, um die Meinung der Experten zu den Schwierigkeiten beim Erlernen und Umrechnen der SI-Einheiten sowie ihre Meinung zum Tool und zu den im Experiment gesammelten Daten einzuholen.

### 3.2.5 Format der Befragung

Für beide Methoden sind Erhebungen erforderlich, daher werden die von Saris und Gallhofer (2014) vorgeschlagenen Methoden für die Erstellung von Erhebungen

und die Formulierung von Fragen berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die folgenden Richtlinien bei der Durchführung einer geeigneten Umfrage zu befolgen.

### 3.2.5.1 Ziele der Umfrage definieren

Das Ziel der Umfrage so genau wie möglich definiert werden sollte, um sicherzustellen, dass die Umfragefragen und -antworten gezielt auf dieses Ziel ausgerichtet sind. Wenn das Ziel der Umfrage nicht klar definiert ist, können die Ergebnisse verwirrend oder ungenau sein und es kann schwierig sein, aussagekräftige Schlüsse zu ziehen. (Saris & Gallhofer, 2014)

### 3.2.5.2 Umfragefragen entwerfen

Die Umfragefragen sollten so gestaltet sein, dass sie leicht verständlich sind und keine Missverständnisse hervorrufen. Sie sollten einfach und präzise formuliert sein und keine Zweideutigkeiten aufweisen. Die Antwortoptionen sollten alle relevanten Möglichkeiten abdecken und sollten sorgfältig ausgewählt werden, um sicherzustellen, dass sie vollständig und genau sind. (Saris & Gallhofer, 2014)

### 3.2.5.3 Eine repräsentative Stichprobe auswählen

Um eine repräsentative Stichprobe auszuwählen, ist es wichtig, die Merkmale der Zielgruppe genau zu definieren, wie Alter, Geschlecht, Einkommen und Bildungsstand. Die Stichprobengröße sollte groß genug sein, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen, aber auch klein genug, um die Kosten im Rahmen zu halten. Eine zufällige Stichprobenauswahl ist wichtig, um sicherzustellen, dass jedes Mitglied der Zielgruppe die gleiche Chance hat, ausgewählt zu werden. Allerdings gibt es auch Fälle von undefinierter Zielgruppe, wie bei explorativen Studien oder der Untersuchung neuer Phänomene. Bei der Stichprobenziehung mit

undefinierter Zielgruppe ist ein breiterer Zugang zur Bevölkerung erforderlich, um sicherzustellen, dass alle möglichen Teilnehmerinnen und Teilnehmer berücksichtigt werden. Mehrere Stichproben aus verschiedenen Quellen sollten gezogen werden, um eine möglichst breite Abdeckung der Zielgruppe zu erreichen. Es ist wichtig zu beachten, dass bei einer Stichprobe mit undefinierter Zielgruppe vorsichtig vorgegangen werden sollte, da die Ergebnisse möglicherweise nicht auf die gesamte Bevölkerung verallgemeinert werden können. Stattdessen sollten diese Ergebnisse als Hinweise auf mögliche Trends oder Zusammenhänge betrachtet werden, die weitere Untersuchungen erfordern. (Saris & Gallhofer, 2014)

### 3.2.5.4 Struktur der Umfrage festlegen

Um eine erfolgreiche Umfrage durchzuführen, müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden. Eine klare Strukturierung in Themenbereiche ist hierbei von besonderer Bedeutung, um sicherzustellen, dass alle relevanten Fragen abgedeckt werden und die Teilnehmer nicht verwirrt werden. Eine logische Anordnung der Fragen hilft den Teilnehmern, die Fragen besser zu verstehen und zu beantworten. Klare und präzise Antwortoptionen geben den Teilnehmern ausreichend Auswahlmöglichkeiten, um ihre Meinung oder ihr Feedback auszudrücken. Auch Filterfragen können verwendet werden, um sicherzustellen, dass die Teilnehmer nur Fragen beantworten, die für sie relevant sind. Eine kurze Zusammenfassung am Anfang oder Ende der Umfrage kann den Teilnehmern helfen, den Zweck und das Ziel der Umfrage zu verstehen und ihnen eine Vorstellung davon zu geben, wie viel Zeit die Umfrage in Anspruch nehmen wird. Ein ansprechendes Design und Layout der Umfrage können die Teilnehmer dazu motivieren, die Umfrage zu beantworten. Eine explorative Studie erfordert eine besondere Aufmerksamkeit bei der Gestaltung der Umfragestruktur, um den Anforderungen gerecht zu werden. Hier sind offene Fragen besonders wichtig, da sie den Teilnehmern die Möglichkeit geben, ihre Meinung und neue Perspektiven zu teilen. Weniger vordefinierte Antwortoptionen können auch sinnvoll sein, um sicherzustellen,

dass die Teilnehmer ihre Antworten frei formulieren können. Im Gegensatz zu anderen Umfragen können Filterfragen in explorativen Studien weniger nützlich sein, da die Forscher nicht immer vorhersagen können, welche Fragen für die Teilnehmer relevant sind und welche nicht. Eine gewisse Flexibilität und Kreativität in der Umfragestruktur kann es den Teilnehmern ermöglichen, ihre Antworten frei zu formulieren und unerwartete Erkenntnisse zu gewinnen. Durch die Berücksichtigung dieser Aspekte kann sichergestellt werden, dass die Untersuchung eine Struktur aufweist, die den Anforderungen einer explorativen Studie entspricht und zu neuen Erkenntnissen und Hypothesen führen kann. Es ist wichtig, die Bedürfnisse und Erwartungen der Teilnehmer im Auge zu behalten, um eine Umfrage zu erstellen, die präzise und zuverlässige Ergebnisse liefert. Eine gut strukturierte und sinnvoll gestaltete Umfrage kann dazu beitragen, dass die Teilnehmer engagierter und motivierter sind, was letztendlich zu besseren Ergebnissen führen kann. (Saris & Gallhofer, 2014)

### 3.2.5.5 Umfrage validieren

Um sicherzustellen, dass eine Umfrage relevant und zuverlässig ist, können verschiedene Tests und Verfahren angewendet werden. Pretests sind eine Möglichkeit, potenzielle Probleme oder Schwächen zu identifizieren und die Umfrage entsprechend anzupassen. Reliabilitätstests messen die Konsistenz der Antworten auf verschiedene Fragen und sie helfen Probleme in der Umfrage zu identifizieren. Validitätstests sind wichtig, um sicherzustellen, dass die Erhebung tatsächlich das misst, was sie messen soll. Pilotstudien sind größere Vorabtests, die durchgeführt werden, um die Erhebung an einer größeren Stichprobe zu validieren und zu überprüfen, ob die Ergebnisse konsistent und zuverlässig sind. Schließlich ist es wichtig, Umfragen regelmäßig zu re-testen, um sicherzustellen, dass sie weiterhin relevant und zuverlässig sind (Saris & Gallhofer, 2014).

Es werden auch wertvolle Richtlinien für die Arten von Fragen, die in Umfragen verwendet werden können, von Saris und Gallhofer (2014) gegeben, welche im Folgenden beschrieben werden.

- Offene Fragen: Diese Fragen ermöglichen es den Befragten, frei und ohne Einschränkungen zu antworten. Sie sind nützlich, um detaillierte und spezifische Informationen zu einem Thema zu erhalten. Allerdings können sie schwierig zu analysieren sein und aufgrund des Mangels an Struktur in der Frage zu inkonsistenten Antworten führen. (Saris & Gallhofer, 2014)
- Geschlossene Fragen: Diese Fragen bieten vorgegebene Antwortoptionen wie "Ja" oder "Nein" oder eine Skala von Antworten. Sie sind einfach zu analysieren und können quantitative Daten liefern, was sie für statistische Analysen nützlich macht. Allerdings können sie die Antworten der Befragten einschränken und liefern keine detaillierten Informationen. (Saris & Gallhofer, 2014)
- Halboffene Fragen: Diese Fragen bieten vorgegebene Antwortoptionen, erlauben den Befragten aber auch eine freie Antwort, wenn ihre Antwort nicht unter den vorgegebenen Optionen zu finden ist. Diese Fragen kombinieren die Vorteile offener und geschlossener Fragen, können aber schwieriger zu analysieren sein. (Saris & Gallhofer, 2014)
- Dichotome Fragen: Diese Fragen bieten nur zwei Antwortoptionen, wie "Ja" oder "Nein". Sie sind einfach zu beantworten und zu analysieren, können aber die Antworten der Befragten einschränken und liefern keine detaillierten Informationen. (Saris & Gallhofer, 2014)
- Skalenfragen: Diese Fragen bieten eine Antwortskala von einer negativen zu einer positiven Antwort. Sie ermöglichen eine quantitative Messung der Antwort, können aber schwierig zu interpretieren sein, wenn die Skala nicht klar definiert ist. (Saris & Gallhofer, 2014)
- Mehrfachauswahlfragen: Diese Fragen bieten mehrere vorgegebene Antwortoptionen, die es dem Befragten ermöglichen, die Option auszuwählen, die am besten zu seiner Antwort passt. Diese Fragen sind einfach zu beantworten und zu analysieren, können aber die Antworten der Befragten einschränken und liefern keine detaillierten Informationen. (Saris & Gallhofer, 2014)

Die Autoren Saris und Gallhofer (2014) bieten auch wertvolle Richtlinien zur Verbesserung der Fragestellung in einer Umfrage. Sie schlagen vor, dass es zunächst entscheidend ist, die Schlüsselkonzepte klar zu definieren, die in der

Umfrage gemessen werden sollen. Zum Beispiel ist es wichtig, eine präzise Definition dafür festzulegen, was unter "Kundenzufriedenheit" verstanden wird, wenn das Ziel darin besteht, die Kundenzufriedenheit zu messen. Nachdem die Schlüsselkonzepte definiert wurden, wird empfohlen, allgemeine Fragen zu formulieren, die Informationen zu diesen Konzepten liefern. Diese Fragen sollten offen sein und eine spezifische Antwort nicht vorschlagen. Das Ziel ist es, umfassende und vielfältige Informationen zu den zuvor definierten Konzepten zu sammeln. Anschließend müssen die allgemeinen Fragen in spezifischere Fragen unterteilt werden. Diese spezifischen Fragen sollten klar, konkret und eng mit den zuvor definierten Konzepten verbunden sein. Ihr Ziel ist es, detaillierte und präzise Informationen über die spezifischen Aspekte zu erhalten, die bewertet werden sollen.

## 4 Durchführungen der Untersuchung

### 4.1 Grundsätzliche Überlegungen

In Anlehnung an Design Thinking und Lean Thinking wurde die Entwicklung von MUL durch die frustrierende Situation einiger Schülerinnen und Schüler des Berufsförderungsinstituts Wien (BFI) initiiert, die in Mathematikprüfungen Einheiten umrechnen mussten und deren Noten größtenteils durch Umrechnungsfehler und nicht durch das Verständnis des Problems beeinflusst wurden. Nach dieser Erfahrung wurde die Schwierigkeit bei der Durchführung dieser Umrechnungen erkannt, die auch in anderen in der Literaturrecherche erwähnten Forschungsarbeiten von Dinçer & Osmanoglu (2018), Hallagan (2013), Lübbert (2017) und Lassnitzer & Gaidoschik (2019) wahrgenommen und beschrieben wurde.

Das Hauptproblem wurde definiert und die Notwendigkeit erkannt, ein Werkzeug zu entwickeln, das die Umrechnung von Einheiten auf praktische und genaue Weise erleichtert. Es wurden Ideen entwickelt und an der Erstellung eines Prototyps des Umrechnungswerkzeugs gearbeitet, wie in der [Abb. 4](#) dargestellt.

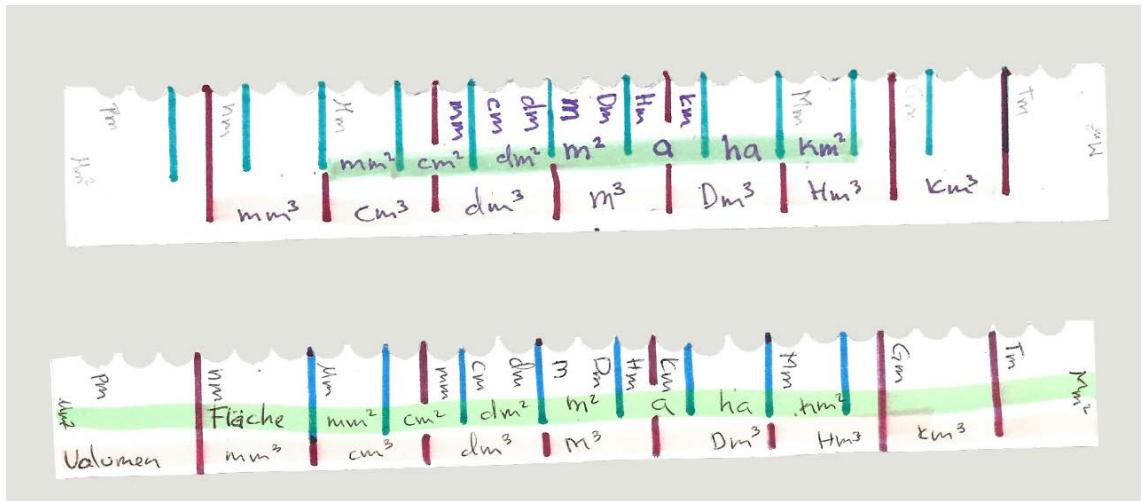


Abb. 4: Skizze Prototyp MUL V00

Unter Berücksichtigung der Empfehlungen von Experten wie Pepels, W. (2016), Daniel R. A. Schallmo und Klaus Lang (2020) und Günther Schuh (2013). Deren Erkenntnisse und Erfahrungen zeigen, wie wichtig es ist, im Rahmen des Produktentwicklungsprozesses eine Marktbewertung durchzuführen, um die Marktfähigkeit und den Markterfolg des Produkts sicherzustellen.

Daher war es unerlässlich, sowohl die technischen und wissenschaftlichen Aspekte der Produktentwicklung als auch die für eine erfolgreiche Vermarktung erforderlichen Marketingstrategien zu berücksichtigen. Die Anwendung von Design Thinking ermöglichte es, diese Aspekte zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass das Endprodukt den Qualitätsstandards entspricht und den Bedürfnissen des Zielmarktes gerecht wird.

Nach der Entwicklung von MUL wurden umfangreiche Tests mit einigen MUL-Prototypen auf privater Basis durchgeführt. Ziel dieser Tests war es, Feedback und Beobachtungen zu sammeln, um das Produkt zu verbessern. Auf der Grundlage der Ergebnisse wurde das Design von MUL verfeinert und es wurden mehrere Versionen des Tools erstellt, wie die in Abb. 5 dargestellte, die zur aktuellen Version in Abb. 6 führte.

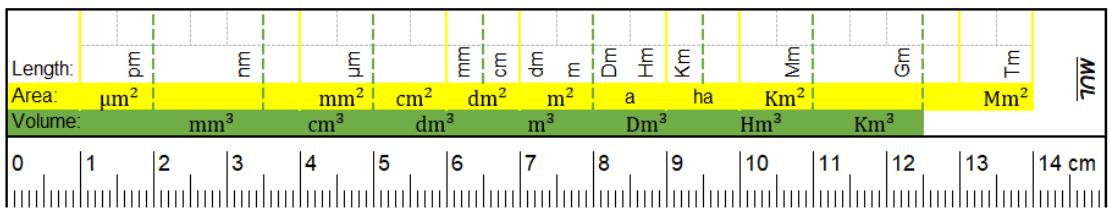


Abb. 5: Skizze Prototyp MUL V01

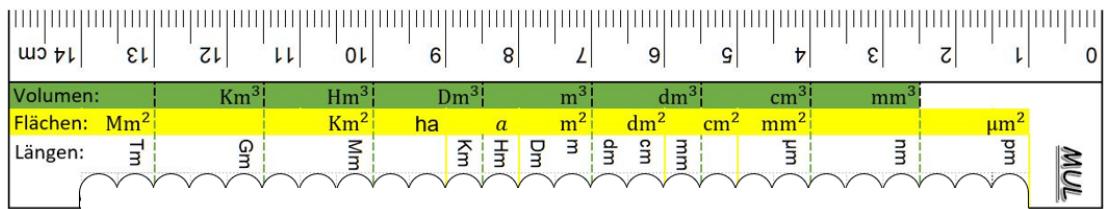


Abb. 6: Skizze Aktueller Stand Prototyp MUL V02

In Anlehnung an die Theorie des Design Thinking wird eine Marktevaluierung des Produkts als unerlässlich erachtet, weshalb diese Aktivität als Masterarbeit Ziel vorgeschlagen wurde. Ziel dieser Evaluierung ist die Validierung der Funktionsweise von MUL und der Verbesserungen, die es dem Benutzer bei der Umrechnung von SI-Einheiten bietet. Auf diese Weise soll die Akzeptanz des Produkts bei den Nutzern, die verschiedenen sozialen Gruppen angehören, ermittelt werden. Darüber hinaus werden diese Informationen in späteren Phasen eine genaue und strategische Bewertung des Produkts ermöglichen, um es effizient auf den Markt zu bringen.

## 4.2 Befragung

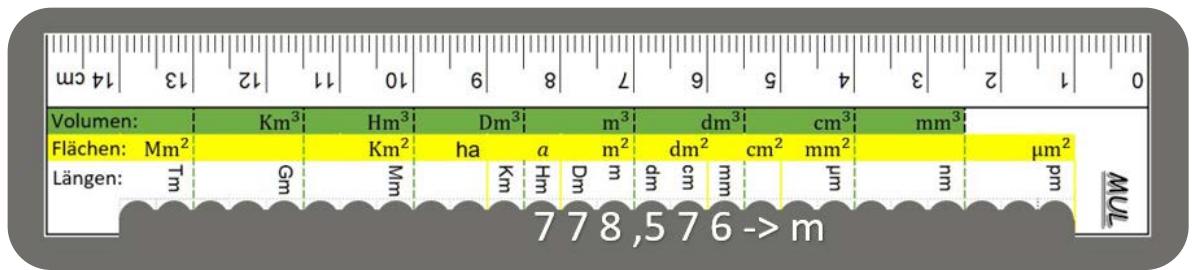
Um die für die Bewertung der Nützlichkeit des Instruments erforderlichen Daten zu sammeln, wird eine persönliche Befragung durchgeführt. Diese Befragung ermöglicht es, Unterschiede in den Fähigkeiten der Befragten zur Umrechnung von SI-Einheiten festzustellen, da dieses Thema in der Schule gelernt wird und ein Leben lang relevant bleibt. Diese Fähigkeiten werden dann mit den erworbenen

Fähigkeiten nach einer kurzen Erklärung der Methode zur Verwendung des MULs verglichen.

Dieser Prozess erfordert sorgfältige Arbeit, da er eine direkte Interaktion mit den Befragten beinhaltet, um ihnen die Methode der Verwendung von MUL im Detail zu erklären und ihre Fähigkeiten bei der Umrechnung von Einheiten mit Hilfe des Tools zu bewerten.

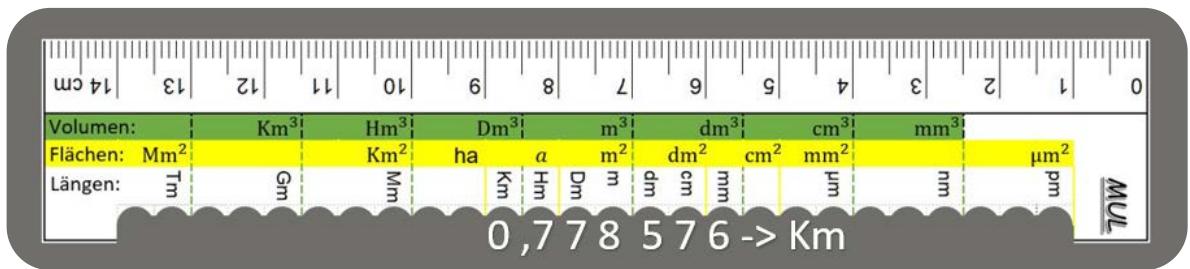
Um die Funktionsweise von MUL zu erläutern, wurde ein Handbuch entwickelt, das den folgenden Text und ein Beispiel für die Umrechnung von 778,576 Metern [m] in Kilometer [km] enthält, wie in [Abb. 7](#) und [Abb. 8](#) dargestellt.

**Beispiel für die Verwendung des Tools zur Umrechnung von Millimetern in Meter.**



*Abb. 7: MUL mit 778,576 Meter [m]*

1. Schreibe die Zahl ohne das Komma, aber achte darauf, wo das Halbkreis-Symbol liegt. Das Halbkreis-Symbol markiert eine bestimmte Einheit, die du bei der Umrechnung berücksichtigen musst.
2. Finden auf dem Lineal die Position der Anfangseinheit und platziere die Spitze der rechten Seite der Einheit an der Stelle, an der das ursprüngliche Komma stand. Dadurch bestimmst du den Bezugspunkt für die Umrechnung.



3. Abb. 8: MUL mit 0,778576 Kilometer [km]

3. Finden im Tool die gewünschte Einheit und positioniere das Komma rechts neben der Einheit. Beachte dabei, dass jede Einheit, um die sich der Dezimalpunkt nach rechts bewegt, einer Multiplikation der Zahl mit zehn entspricht, während jede Einheit, um die sich der Dezimalpunkt nach links bewegt, einer Division der Zahl durch zehn entspricht. Verwende diese Information, um das Komma entsprechend zu verschieben und die korrekte Umrechnung zu erhalten.

Dieser Ansatz ermöglicht es, genaue und relevante Daten über die Wirksamkeit des MULs zu sammeln und Bereiche zu identifizieren, in denen die Fähigkeiten der Anwender zur Umrechnung von SI-Einheiten verbessert werden können. Die Auswertung der Testergebnisse liefert wertvolle Informationen über die Auswirkungen, die MUL auf die Fähigkeit der Anwender haben kann, Umrechnungen effizienter und genauer durchzuführen.

Grund für die Verwendung präziser methodischer Ansätze, um die Gültigkeit und Zuverlässigkeit der gesammelten Daten zu gewährleisten. Die direkte Interaktion mit den Befragten und der Ausschluss anderer Instrumente während der Auswertung sind daher notwendige Maßnahmen, um die Qualität der Forschung und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Zu diesem Zweck wurde ein Fragebogen entwickelt, der im *Anhang A (S. 116)* enthalten ist. Der Fragebogen soll die notwendigen Informationen liefern und ist in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil werden die aktuellen Kenntnisse der Befragten durch die Lösung von sechs Aufgaben zur Umrechnung metrischer SI-Einheiten ermittelt.

Die ersten beiden Übungen befassten sich mit Längeneinheiten wie in der [Tabelle 1](#):

Terameter	Gigameter	Megameter	Kilometer	Hektometer	Dekameter	meter	decimeter	centimeter	millimeter	micrometer	nanometer	picometer
Tm	Gm	Mm	Km	Hm	Dm	m	dm	cm	mm	μm	nm	pm
0,000000000001	0,0000000001	0,000001	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1000	1000000	1000000000	1000000000000

*Tabelle 1: Längenmaßeinheiten*

Die beiden folgenden Aufgaben sind in Flächeneinheiten (QuadratEinheiten) ausgedrückt, wie in der [Tabelle 2](#):

Quadratmegameter	Quadratkilometer	Hektar	Ar	Quadratmeter	Quadratzentimeter	Quadratdezimeter	Quadratmilimeter	Quadratmillimeter	Quadratkilometer
Mm <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	ha	a	m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	μm <sup>2</sup>	
0,000000000001	0,000001	0,0001	0,01	1	100	10000	1000000	1000000000000	

*Tabelle 2: Flächenmaßeinheiten*

Und die beiden letzten Aufgaben in Volumeneinheiten (Kubik Einheiten), wie z. B. in der [Tabelle 3](#):

Kubikkilometer	Kubikhектометр	Kubikhектометр	Kubikdekameter	Kubikmeter	Kubikdezimeter	Kubizentimeter	Kubikmillimeter
Km <sup>3</sup>	Hm <sup>3</sup>	Dm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	
0,000000001	0,000001	0,001	1	1000	1000000	1000000000	

*Tabelle 3: Volumenmaßeinheiten*

In der nächsten Phase, nach dem Lösen der ersten Aufgaben, wird die Verwendung des MUL erklärt und der Teilnehmer wird gebeten, in Anwesenheit des Interviewers drei Aufgaben zu lösen, eine für jede Art von Einheit. Dies ermöglicht es, das Verständnis der Erklärung zu überprüfen und zu beurteilen, ob der Teilnehmer in der Lage ist, die Aufgaben mit dem Tool zu lösen.

Es folgt ein weiterer Test, der aus sechs Aufgaben besteht, die dem ersten Test ähneln, jedoch mit anderen Zahlen und Einheiten. Der Kandidat verwendet MUL, um diese Aufgaben zu lösen. Am Ende des Tests werden die Aufgaben korrigiert, um festzustellen, ob bessere Ergebnisse erzielt wurden oder ob die für die Lösung der sechs Aufgaben benötigte Zeit verkürzt werden konnte. Abschließend werden schriftliche Fragen gestellt, sowohl Multiple-Choice-Fragen als auch offene Fragen, um die Zufriedenheit und die Akzeptanz des Produkts durch den Teilnehmer zu bewerten.

Um die Fairness der Tests zu gewährleisten und die Erstellung der Fragebögen zu automatisieren, wurde ein Code in Visual Basic entwickelt und einige Bedingungen in einer Excel-Tabelle formuliert (*Anhang in DM. A, S. 127*). Dieser Code garantiert die Zufälligkeit der Zahlen und Einheiten in den Übungen und verhindert ihre Wiederholung im Test. Die Auswahl der Zahlen und Einheiten erfolgt über die Excel-Funktion " $=ZUFALLSZAHL()$ "<sup>6</sup>, die mit Hilfe des Mersenne-Twister-Algorithmus (Ali et al., 2019) Pseudozufallszahlen erzeugt, wodurch die Korrelation zwischen den Zahlen und Einheiten in den Tests deutlich reduziert wird.

Zur Erzeugung der Zahlen werden die durch die Formel " $=ZUFALLSZAHL()$ " gelieferten Werte zwischen 0 und 1 verwendet und für die erste Übung jeder Einheitsart mit einer anderen durch die Formel erzeugten ganzen Zahl zwischen 2 und 1000 multipliziert.

$$\begin{aligned} X &= \text{ZUFALLSBEREICH}(2; 1000) * \text{ZUFALLSZAHL}(\ ) \\ &= 506,0000 * 0,7413 = 375,1067 \end{aligned}$$

Um eine Zahl zu erhalten, mit der der Befragte arbeiten kann, und um einen Unterschied zur zweiten Übung zu schaffen, wird eine neue Zahl zwischen 2 und

---

<sup>6</sup> <https://support.microsoft.com/de-de/office/zufallszahl-funktion-4cbfa695-8869-4788-8d90-021ea9f5be73>

1000 durch eine andere Zufallszahl zwischen 1000 und 100000 dividiert, wie in der Formel und dem Beispiel unten gezeigt.

$$X = \frac{\text{ZUFALLSBEREICH}(2; 1000)}{\text{ZUFALLSBEREICH}(1000; 100000)} = \frac{0,0002}{0,9261} = 0,0002$$

Es wurde eine Bedingung definiert, um zu verhindern, dass die generierten Zahlen mehr als 4 Nachkommastellen haben.

$$= \text{WENN}(Cells1 * Cells2 < 0,00001; Cells1 * Cells2 * 100; Cells1 * Cells2)$$

Ist das Ergebnis kleiner als 0,00001, wird es mit 100 multipliziert, um zwei Nachkommastellen zu eliminieren.

Um den Zusammenhang zwischen den zufällig generierten Zahlen und den Maßeinheiten sowie deren Umrechnungskursen herzustellen, wurde im Excel-Programm die [Tabelle 4](#) erstellt. In dieser Tabelle wird die Position der Einheit und der entsprechende Umrechnungskurs gespeichert.

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Umwandlungssatz	0	3	6	9	10	11	12	13	14	15	18	21	24
Längeneinheiten	Tm	Gm	Mm	Km	Hm	Dm	m	dm	cm	mm	μm	nm	pm
Umwandlungssatz	0	6	8	10	12	14	16	18	24				
Flächenmaßeinheiten	Mm²	Km²	ha	a	m²	dm²	cm²	mm²	μm²				
Umwandlungssatz	0	3	6	9	12	15	18						
Volumeneinheiten	Km³	Hm³	Dm³	m³	dm³	cm³	mm³						

*Tabelle 4: Maßeinheiten Umwandlungssatz*

Für die Längeneinheiten wird eine Zahl mit der Funktion "`=ZUFALLSBEREICH(1;13)`" erzeugt, die ganze Zahlen im Bereich von 1 bis 13 zurückgibt, die den in der [Tabelle 4](#) angegebenen Einheiten entsprechen. Auf die gleiche Weise wurde die Zufallsgenerierung für die anderen Einheitstypen definiert.

Um die Operationen nicht zu umfangreich werden zu lassen, wurde die Auswahl der Maßeinheiten, in die die Zahlen umzurechnen sind, auf maximal sechs Stellen beschränkt, und zwar für die Längeneinheiten, für die folgende Formel verwendet wird

= WENN(ODER(13 – M1 > 6; 13 – M1 = 0); ZUFALLSBEREICH(2; 6); 13 – M1)

M1 = Original Maßeinheit

Dies entscheidet, ob die letzte Einheit der Übung mit einer Zufallszahl zwischen 2 und 6 erzeugt wird oder ob einfach zwischen den 13 Positionen und der Position der ursprünglichen Einheit subtrahiert wird. Auf diese Weise muss der Benutzer nicht zwischen Giga-Metern und Pico-Metern umrechnen. Ähnliche Begrenzer werden auch für die anderen Einheiten verwendet.

Zusätzlich zu dieser Kodierung wurde ein aus sechs Seiten bestehendes Umfrageformat erstellt, das im beigefügten [Anhang A \(S. 116\)](#) dargestellt ist. Die erste Seite enthält ein Feld für die Angaben zum Befragten, wie Geschlecht, Bildungsniveau und Alter. Außerdem gibt es einen ersten Satz von sechs Fragen, die der Befragte auf der Grundlage seines Wissens beantworten soll, und die Informationstabelle auf der sechsten Seite, die in der Abbildung zu sehen ist.

Auf der zweiten Seite befinden sich ein Beispiel und eine Anleitung für die Verwendung des MULs und die drei Trainingsübungen, die der Teilnehmer zusammen mit dem Interviewer löst. ([Anhang B, S. 117](#))

Auf der dritten Seite befinden sich die folgenden sechs Aufgaben, die mit dem Tool zu lösen sind. ([Anhang C, S. 118](#))

Auf der vierten Seite, werden vier Fragen gestellt, um die Akzeptanz, Bereitschaft und Wahrnehmung des Teilnehmers zu bewerten. ([Anhang D, S. 119](#))

Auf der fünften Seite sind die Antworten auf die beiden Tests der Umfrage. ([Anhang E, S. 120](#))

Die Listen der metrischen SI-Maßeinheiten sind auf Seite sechs in der richtigen Reihenfolge aufgeführt und können von den Teilnehmern als Hilfsmittel verwendet werden. ([Anhang F, S. 121](#))

Dieses Format erleichtert sowohl das Ausdrucken als auch die Entwicklung des Tests für die Teilnehmer und vermeidet gleichzeitig mögliche Unannehmlichkeiten beim Ausdrucken der Umfragen. Um dies zu erreichen, wurde ein Code entwickelt, der die Werte in der Excel-Tabelle aktualisiert und auswertet und überprüft, dass keiner der Werte gleich Null ist, so dass der Test nicht abgebrochen werden muss.

Darüber hinaus speichert das Programm die Umfrage im PDF-Format (Portable Document Format), wodurch sichergestellt wird, dass das Format beim Ausdruck des Dokuments nicht verändert wird.

#### 4.2.1 Auswahl der Testpersonen

Da es sich bei MUL um ein innovatives Produkt ohne definierten Markt handelt, ist es notwendig, Tests mit verschiedenen Personengruppen durchzuführen, um die Gruppe zu identifizieren, die am meisten von diesem Werkzeug profitieren kann. Zu diesem Zweck wurden Evaluationen mit verschiedenen Gruppen von Erwachsenen an verschiedenen Orten durchgeführt, wie z.B. in Unternehmen, zu Hause und an öffentlichen Orten, wo die Personen freiwillig bereit waren, MUL zu testen. Zusätzlich wurde der Zugang zur Gruppe der Studierenden der FH St. Pölten ermöglicht, die sich ebenfalls freiwillig zur Teilnahme an der Untersuchung bereit erklärt haben. Anzumerken ist, dass bei diesen Befragungen keine relevanten persönlichen Daten der Befragten abgefragt oder gespeichert wurden, d.h. sie nahmen anonym teil, so dass eine Datenschutzerklärung nicht notwendig ist.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt wurde in Betracht gezogen, dass Kinder und Jugendliche in Schulen eine relevante Gruppe für den Test sein könnten. Aufgrund der langwierigen Verfahren im Bildungsministeriums<sup>7</sup> und der begrenzten Zeit für die Durchführung der Masterarbeit war es jedoch nicht möglich, Zugang zu diesen Gruppen zu erhalten. Andererseits wurde der Schluss gezogen, dass es effektiver wäre, wenn die Eltern die Vorteile des Tools erkennen würden, da sie diejenigen sind, die in das Produkt investieren. Folglich werden die Jugendlichen, die das Gerät besitzen, zu einer Marketing-Pipeline für MUL.

---

<sup>7</sup> <https://www.bildung-noe.gv.at/service/Formular-f-r-Allgemeines-Anbringen-.html>

## 4.3 Statistische Erhebung

Da es keinen definierten Zielmarkt gibt, muss die Anzahl der Umfragen für eine unendliche Grundgesamtheit berechnet werden. Dazu wird die statistische Formel zur Bestimmung des Stichprobenumfangs unter Berücksichtigung eines Konfidenzniveaus und einer Fehlertoleranz verwendet.

Da der Stichprobenumfang nicht bekannt ist und die Hypothesen einen einseitigen Test erlauben, d.h. es soll nur beurteilt werden, ob das Ergebnis mit MUL besser ist, werden die Werte für den Punktschätzer ( $\hat{p}$ ) und die Ausfallwahrscheinlichkeit ( $\hat{q}$ ) auf 0,5 gesetzt, wodurch sichergestellt wird, dass der größtmögliche Stichprobenumfang erreicht wird. Dadurch wird garantiert, dass der Stichprobenumfang für die Schätzung des Populationsanteils ( $p$ ) ausreicht (Triola & Lossi, 2018) (Puhani, 2020).

$$n = \frac{Z^2 \cdot \hat{p} \cdot \hat{q}}{E^2}$$

Wobei:

- $n$  ist der Stichprobenumfang.
- $Z$  ist der kritische Wert der Standardnormalverteilung, der dem gewünschten Konfidenzniveau entspricht.
- $\hat{p}$  ist die Erfolgswahrscheinlichkeit.
- $\hat{q}$  ist die Misserfolgswahrscheinlichkeit, die berechnet wird als  $q = 1 - p$ .
- $E$  ist die gewünschte Fehlermarge.

Als Beispiel für ein Konfidenzniveau von 90% und einen Fehler von 7% ergibt sich

$$n = \frac{1,282^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,07^2} = 83,7946 \cong 84$$

Dies bedeutet, dass für einen statistischen Test mit Normalverteilung, einem Konfidenzniveau von 90% und einem Fehler von 7% eine Mindeststichprobe von 84 Teilnehmern erforderlich ist, um die Fähigkeit zur Schätzung des Populationsanteils ( $p$ ) zu gewährleisten.

Wertetabelle n									
$\sigma = 0,5$									
Kn	Znorm ↓ \ F →	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	
99%	2,33	846	669	542	448	376	321	277	
98%	2,05	660	521	422	349	293	250	216	
97%	1,88	553	437	354	293	246	210	181	
96%	1,75	479	379	307	254	213	182	157	
95%	1,64	423	335	271	224	188	161	139	
94%	1,55	378	299	242	200	168	144	124	
93%	1,48	341	269	218	180	152	129	112	
92%	1,41	309	244	198	164	138	117	101	
91%	1,34	281	222	180	149	125	107	92	
90%	1,28	257	203	165	136	115	98	84	

Tabelle 5: Berechnungen des Stichprobenumfangs

*Tabelle 5* zeigt die Berechnungen der verschiedenen Konfidenzniveaus, Fehler und inversen Wahrscheinlichkeiten für die einseitige Normalverteilung wie oben beschrieben.

Um die in *Tabelle 5* errechneten Bewerberzahlen zu erhalten, wurde intensiv an der Sammlung von Fragebögen gearbeitet. Es wurde ein Stand an der FH. St. Pölten ein Stand beantragt, für den Informationsplakate entwickelt (*Anhang J, S. 125* und *Anhang K, S. 126*) und in der Umgebung des Instituts verteilt wurden, wodurch eine große Anzahl von Personen auf die Umfrage aufmerksam gemacht wurde. An anderen Tagen wurden die Personen nach dem Zufallsprinzip im Institut befragt und besuchten auch einige Firmen, mit denen sie in Kontakt stehen, sowie einige öffentliche Plätze in den Städten St. Pölten, Linz und Wien. Auf diese Weise konnten insgesamt 95 Befragungen durchgeführt werden.

Darüber hinaus bot sich die Gelegenheit, Umfragen in Kolumbien durchzuführen, wo 20 Antworten gesammelt wurden. Diese neue Möglichkeit erlaubt einen Vergleich zwischen zwei Ländern mit unterschiedlichen akademischen und sozialen Standards, um festzustellen, ob es Unterschiede in der Anwendung des Instruments und seiner Ergebnisse gibt. Für diese Umfragen wurde das gleiche Formular verwendet. Es war notwendig, die einleitenden Texte, die Erklärung der Funktionsweise des MUL und die Seite sechs des Formulars mit den Hilfstabellen für die Befragten zu übersetzen. Da der Schwerpunkt auf dem mathematischen Aspekt liegt, wurden keine Änderungen am Programm zur Erstellung der Formulare vorgenommen (*Anhang in DM. C, S. 128*).

#### 4.3.1 Stichproben Allgemein

Insgesamt wurden 116 Personen befragt, davon 55 Männer im Alter von 15 bis 57 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 24,5 Jahren. Außerdem wurden 61 Frauen im Alter von 13 bis 56 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 22 Jahren befragt. Die Stichprobe verteilt sich wie folgt auf die akademischen Fachrichtungen, wie aus [Tabelle 6](#) ersichtlich ist:

Gender	Bildungsniveau	Zahl
männlich ♂	Hauptschule	6
	Matura	17
	Lehre	6
	Hochschule	12
	Pflichtschule	2
	Kein	12
weiblich ♀	Hauptschule	6
	Matura	26
	Lehre	4
	Hochschule	14
	Pflichtschule	3
	Kein	8

*Tabelle 6: Gruppierung nach Bildungsniveau Gesamte Stichprobe*

Die Tabelle enthält ein Kästchen "Kein", das 20 Personen entspricht, die keine Angaben zu ihrem Bildungsniveau gemacht haben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den ersten Erhebungen keine Notwendigkeit gesehen wurde, diese Information zu erheben. Nach einer Analyse dieser Erhebungen wurde es jedoch als wichtig erachtet, diese Information zu haben, um beurteilen zu können, ob die akademische Note die Testergebnisse beeinflussen könnte. Teilnehmer, die diese Information nicht zur Verfügung stellen wollten, sind ebenfalls in dieser Kategorie enthalten.

### 4.3.2 Stichproben in Österreich

In Österreich wurden 45 Männer im Alter von 16 bis 57 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 23 Jahren befragt. Außerdem wurden 50 Frauen im Alter von 15 bis 56 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 22 Jahren befragt. Diese Personen weisen die folgende Bildungsverteilung auf, wie aus *Tabelle 7* ersichtlich ist:

Gender	Bildungsniveau	Zahl
männlich ♂	Hauptschule	3
	Matura	15
	Lehre	4
	Hochschule	9
	Pflichtschule	2
	Kein	12
weiblich ♀	Hauptschule	3
	Matura	22
	Lehre	4
	Hochschule	11
	Pflichtschule	2
	Kein	8

*Tabelle 7: Gruppierung nach Bildungsniveau Österreich Stichprobe*

Diese Informationen über das Bildungsniveau werden für den Vergleich der Ergebnisse der beiden Länder nützlich sein. Auf diese Weise kann festgestellt werden, ob bildungs- und sozialbedingte Unterschiede einen Einfluss auf die Lösung von Problemen bei der Umrechnung in SI-Einheiten haben, die für alle Bildungssysteme in gleicher Weise standardisiert sind.

#### 4.3.2.1 Stichproben der erweiterten Umfrage in Österreich

Unter Berücksichtigung der Anmerkungen einiger Teilnehmer wurde geprüft, ob mit zunehmender Erfahrung bei der Anwendung des Instruments bessere Ergebnisse erzielt werden könnten oder ob eine größere Wirkungsgrad bei der Umrechnung der Einheiten erreicht werden könnte.

Ein neuer Test mit sechs Aufgaben wurde hinzugefügt. Die Aufgaben wurden unter den gleichen Bedingungen wie die vorherigen Aufgaben bearbeitet. Die Testperson verwendete erneut MUL, um die SI-Einheiten umzurechnen. Dies war das zweite Mal, dass der Proband das Tool benutzte. Vor der Bearbeitung der zusätzlichen Aufgaben wurden die vorherigen Tests besprochen, um dem Probanden ein Feedback zu geben. Dies gab der Testperson die Möglichkeit, Fehler zu korrigieren und sie zu motivieren, bessere Ergebnisse zu erzielen.

Es ist anzumerken, dass diese Gruppe von Teilnehmern Teil der österreichischen Befragtengruppe ist. Diese Personen weisen die folgende Bildungsverteilung auf, wie aus [Tabelle 8](#) ersichtlich ist:

Gender	Bildungsniveau	Zahl
männlich ♂	Hauptschule	0
	Matura	6
	Lehre	0
	Hochschule	3
	Pflichtschule	0
	Kein	1
weiblich ♀	Hauptschule	1
	Matura	5
	Lehre	0
	Hochschule	3
	Pflichtschule	0
	Kein	0

*Tabelle 8: Gruppierung nach Bildungsniveau in der Umfrage Erweiterung*

Neunzehn Personen wurden nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, um an dieser Umfrage teilzunehmen. Davon waren 10 Männer im Alter zwischen 20 und 38 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 29 Jahren. Die anderen 9 Personen waren Frauen im Alter zwischen 19 und 31 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 22 Jahren.

### 4.3.3 Stichproben in Kolumbien

In Kolumbien wurden 10 Männer im Alter von 21 bis 57 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 35,5 Jahren befragt. Außerdem wurden 11 Frauen im Alter von 13 bis 49 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 31 Jahren befragt. Diese Personen weisen die folgende Bildungsverteilung auf, wie aus *Tabelle 9* ersichtlich ist:

Gender	Bildungsniveau	Zahl
männlich ♂	Hauptschule	3
	Matura	2
	Lehre	2
	Hochschule	3
	Pflichtschule	0
	Kein	0
weiblich ♀	Hauptschule	3
	Matura	4
	Lehre	0
	Hochschule	3
	Pflichtschule	1
	Kein	0

*Tabelle 9: Gruppierung nach Bildungsniveau Kolumbien Stichprobe*

Die in Kolumbien zur Verfügung stehende Zeit erlaubte keine weiteren Tests, und aufgrund der Jahreszeit waren die Schulen in den Ferien, was die Möglichkeit, eine größere Anzahl von Jugendlichen zu testen, ebenfalls einschränkte.

## 4.4 Sekundärforschung, Expertengespräche

Bei der Entwicklung dieser Masterarbeit wurde davon ausgegangen, dass eine sekundäre Informationsquelle erforderlich ist, um die Situation, die sich aus der Umstellung auf die SI-Einheiten ergibt, zu untermauern. Als Sekundärquelle wurde ein Interview mit zwei erfahrenen Professoren durchgeführt, die an verschiedenen

Universitäten und Instituten Fächer wie Mathematik, Physik, Algebra, Statistik und andere unterrichten.

Für diese Interviews wurde ein Datenschutzdokument ([Anhang G, S. 122](#)) erstellt, in dem der Zweck des Interviews und die Datenschutzrechte der Befragten erläutert wurden. Jeder Befragte hat dieses Dokument zum Zeitpunkt des Interviews unterschrieben. Folgende Personen wurden befragt:

Befragter 1: Lehrerin von FH. St. Pölten. Eine bearbeitete Version des Audios befindet sich im [Anhang in DM. E, S. 128](#).

Befragter 2: Lehrerin von FH. St. Pölten und Zukunftsakademie Mostviertel. Eine bearbeitete Version des Audios befindet sich im [Anhang in DM. F, S. 129](#).

Außerdem wurde ein Protokoll mit einem Gesprächsleitfaden erstellt, um sicherzustellen, dass das Thema des Gesprächs im Rahmen des Gesprächs bleibt ([Anhang H, S. 123](#)). Darüber hinaus wurde eine Liste möglicher Fragen erstellt, die in [Anhang I \(S. 124\)](#) enthalten ist. Diese Fragen sollten es dem Interviewer ermöglichen, die Ansichten des Befragten einzuschätzen und sich auf Themen im Zusammenhang mit der Forschungsfrage zu konzentrieren.

In den beigefügten Interviews wurde nach der Wahrnehmung der Lehrer bezüglich der Schwierigkeiten ihrer Schüler bei der Umrechnung von Einheiten gefragt. Beide Experten bejahten die Frage und erwähnten, dass einige Schüler Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Maßeinheiten haben, sowohl zwischen dem internationalen und dem imperialen System als auch zwischen verschiedenen Einheiten. Sie wiesen auch darauf hin, dass einer der möglichen Gründe für diese Schwierigkeiten der Mangel an Übung und die Komplexität dieser Art von Aufgabe sein könnte.

Nach der Präsentation von MUL, in der die Funktionsweise und die theoretischen Anwendungsmöglichkeiten erläutert wurden, wurden die Experten gebeten, das Tool zu bewerten und ihre Meinung dazu abzugeben, ob MUL für die Schüler nützlich wäre und ob sie glauben, dass es ihnen die Arbeit bei der Lösung von Problemen mit SI-Einheiten erleichtern würde. Auf diese Weise müssten die Schüler nicht so viel Zeit und Mühe auf die Umrechnung von Einheiten verwenden

und könnten sich mehr auf die Lösung des eigentlichen Problems konzentrieren. Die Antwort der Experten war positiv, da sie der Meinung waren, dass die MUL die Arbeit der Schüler wirklich erleichtern würde.

## 5 Ergebnisse

Um die in dieser Arbeit aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, müssen einige Indikatoren definiert werden, um die Unterschiede zwischen den beiden evaluierten Methoden zu messen. Zunächst wird die Fähigkeit, Einheiten umzurechnen, anhand des aktuellen Wissensstandes und mit Hilfe von drei Listen mit metrischen SI-Einheiten, die in den Aufgaben vorkommen können, bewertet. Die Liste der SI-Einheiten ist in [Tabelle 4](#) aufgeführt. Die zweite Methode zur Umrechnung von SI-Einheiten wird mit Hilfe von MUL durchgeführt, ein Beispiel ist in [Abb. 7](#) und [Abb. 8](#) dargestellt.

In der Umfrage wurde die Anzahl der richtigen Antworten und die Zeit, die jeder Teilnehmer für jeden Test benötigte, erfasst. Außerdem wurden die Antworten auf die Akzeptanzfragen erhoben. Der erste verwendete Indikator ist daher

- **Richtige Antworten:** Indikator für die Anzahl der Einheitenumrechnungen, die der Teilnehmer richtig gelöst hat.
- **Prozentsatz der richtigen Antworten:** Dieser Indikator wird durch die Berechnung des Prozentsatzes der richtig gelösten Aufgaben ermittelt. Er wird berechnet, indem die Anzahl der richtigen Antworten durch sechs geteilt wird, was der Gesamtzahl der Aufgaben pro Test entspricht.
- **Durchschnittliche Zeit pro richtig beantwortete Frage:** Dieser Wert wird in Minuten gemessen und berechnet, indem die gesamte Testzeit durch die Anzahl der richtigen Antworten geteilt wird.
- **Wirkungsgrad:** Dieser Indikator wird gemessen, indem der Anteil der richtigen Antworten im Verhältnis zur benötigten Zeit berechnet wird. Für diese Berechnung wird der Prozentsatz der richtigen Antworten durch die Gesamtzeit geteilt, die für den Test benötigt wurde. Diese Zeit wurde in

Stunden umgerechnet, um einen leicht interpretierbaren und vergleichbaren Wert zu erhalten.

Die signifikanten Ziffern sind die Ziffern, die zur Genauigkeit eines numerischen Wertes beitragen. Die Angabe von Ergebnissen mit zwei Dezimalstellen nach dem Komma stellt sicher, dass Zahlen mit großen Dezimalstellen mindestens zwei signifikante Stellen haben. Dadurch wird die Fehlergrenze bei Messungen und Berechnungen verringert. Dies bedeutet, dass jeder in Berechnungen verwendete Wert eine Genauigkeit von bis zu  $\pm 0,005$  Einheiten hat, was eine bessere Kontrolle des maximalen Fehlers bei mathematischen Operationen ermöglicht. Es ist wichtig zu beachten, dass Messfehler durch verschiedene interne und externe Faktoren verursacht werden können. Die Berücksichtigung und Kontrolle dieser Fehlerquellen können die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Ergebnisse verbessern (Harris, 2014).

## 5.1 Allgemein Ergebnissen

### 5.1.1 Bewertung der aktuellen Fähigkeiten der Person

Die Daten aus den Erhebungen in Österreich und Kolumbien werden gemeinsam berechnet und ausgewertet, um einen Überblick zu erhalten und damit der Wirkungsgrad des MUL zu validieren.

Für den ersten Test, bei dem die Teilnehmer ohne vorherige Vorbereitung Zahlen von einer Einheit in eine andere umrechnen mussten, wurde festgestellt, dass jeder Teilnehmer im Durchschnitt 1,78 Aufgaben richtig beantwortete, was 29,60% der Aufgaben entspricht (d.h. 100% sind die 6 Aufgaben). Die Teilnehmer benötigten im Durchschnitt 2,66 Minuten, um eine Einheit richtig umzurechnen, was ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 5,32 richtigen Aufgaben pro Stunde ergibt.

Wie die [Abb. 9](#) zeigt, konnten 50,86% der 116 Teilnehmer nicht mehr als eine richtige Antwort zur Umrechnung von SI-Einheiten geben, wenn das in der Jugend bis zum Test erworbene Wissen und die Behaltensleistung im Bereich der Umrechnung von metrischen SI-Einheiten berücksichtigt werden.

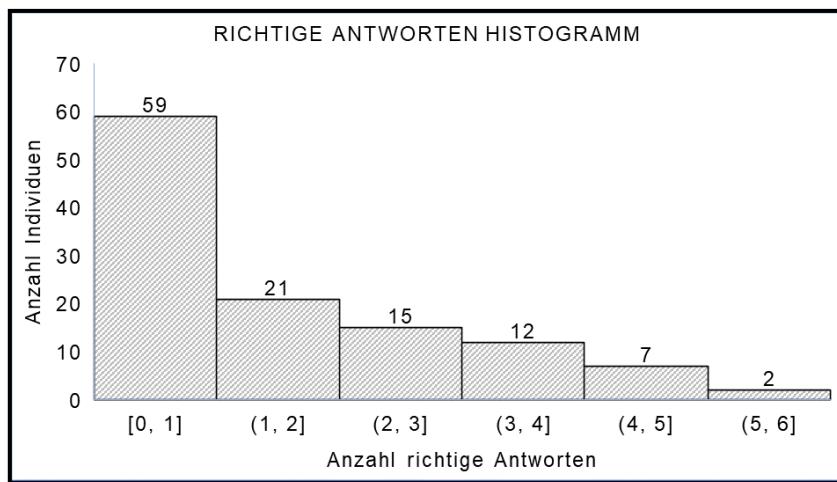


Abb. 9: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1.

Bei der Bewertung der Effizienz der Teilnehmer ist festzustellen, dass die derzeitige Methode zur Umrechnung der SI-Einheiten eine hohe kognitive Belastung darstellt, was zu einem höheren Zeitaufwand bei der Lösung der Aufgaben führt. Abb. 10 zeigt, dass 31,90% der Teilnehmer eine Effizienz von 1 richtigen Aufgabe pro Stunde hatten.

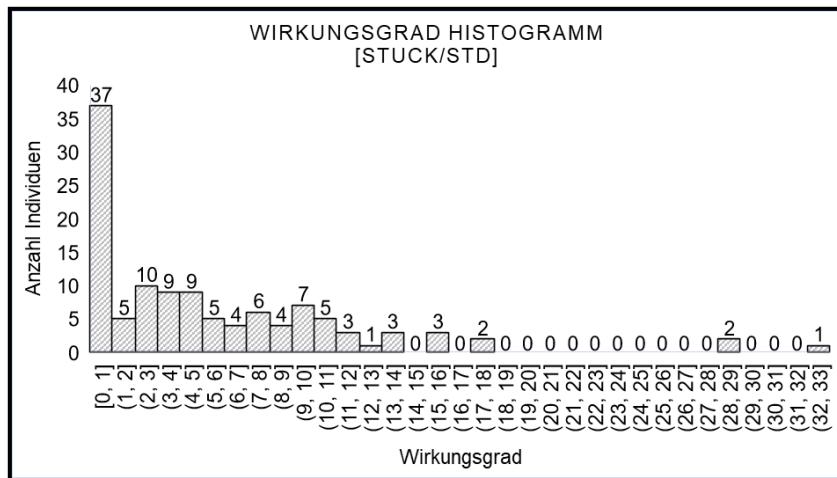


Abb. 10: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1.

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass die Teilnehmer Schwierigkeiten mit den derzeit angebotenen Methoden zur Umrechnung von SI-Einheiten haben. Diese Methoden erlauben es ihnen nicht, Aufgaben zur Umrechnung von SI-Einheiten effektiv und effizient zu lösen, wenn sie spontan und ohne vorherige Vorbereitung damit konfrontiert werden.

Es ist auch möglich zu beurteilen, ob es einen Unterschied zwischen Männern und Frauen gibt. Nach den in der Abb. 11 dargestellten Ergebnissen haben von den 76 Männern, die an der Umfrage teilgenommen haben, 47,37% maximal eine Aufgabe richtig beantwortet. Von den 61 Frauen haben 57,38% ebenfalls maximal eine Aufgabe richtig beantwortet.

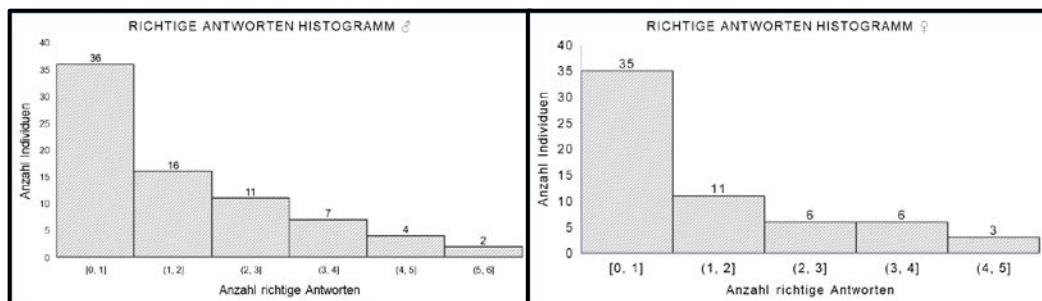


Abb. 11: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 von Männern ♂ und Frauen ♀.

Bemerkenswert ist, dass nur 2,63% der Männer alle 6 Aufgaben richtig beantworten konnten, was auf gute mathematische Fähigkeiten schließen lässt. Der erste Befragte benötigte 1,06 Minuten pro Antwort, was einer Wirkungsgrad von 9,45 Aufgaben pro Stunde entspricht. Der zweite Befragte benötigte 2,36 Minuten pro Aufgabe, was einer Wirkungsgrad von 4,23 Aufgaben pro Stunde entspricht.

Bei der Auswertung des in Abb. 12 dargestellten Wirkungsgradindikators wurde festgestellt, dass 28,95% der Männer in der Lage waren, bis zu 1 Aufgabe pro Stunde richtig zu lösen, während 82,89% (63 von 76) der Männer einen Wirkungsgradindikator von gleich oder weniger als 10 richtigen Aufgaben pro Stunde erreichten. Andererseits hatten 36,07% der Frauen einen Indikator

zwischen 0 und 1 richtigen Aufgaben pro Stunde und 85,25% (52 von 61) waren in der Lage, gleich oder weniger als 10 richtige Aufgaben pro Stunde zu lösen.

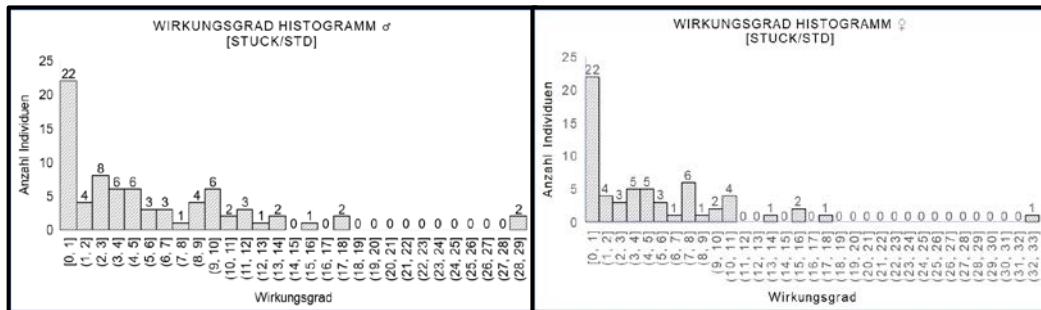


Abb. 12: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1 von Männern ♂ und Frauen ♀.

Zwei Männer waren so effizient, dass sie mehr als 28 Aufgaben pro Stunde lösen konnten. Die Person mit dem höchsten Wirkungsgrad war jedoch eine Frau, die 5 der 6 Antworten richtig löste, in einer Zeit von 0,31 Minuten pro richtige Antwort. Damit konnte sie 32,61 richtige Aufgaben pro Stunde lösen.

Aus den Daten in [Tabelle 10](#) und [Abb. 13](#) geht hervor, dass die 55 Männer im Mittel 2,05 Aufgaben richtig gelöst haben, während die 61 Frauen im Mittel 1,53 Aufgaben richtig gelöst haben.

Gender	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkunggrad mittelwert
männlich ♂	2,0545	2,6326	6,0140
weiblich ♀	1,5246	2,6859	4,6986

Tabelle 10: der Ergebnisse von Test 1 der Männern ♂ und Frauen ♀.

Nach einer weiteren Analyse können die auf der [Tabelle 11](#) angezeigten Ergebnisse nach dem Bildungsniveau der Männer und Frauen bewertet werden. Die Männer mit Maturitätsabschluss erzielten mit durchschnittlich 2,59 richtigen Antworten das beste Ergebnis. Die Männer der Gruppe, bei der nicht nach dem Bildungsniveau gefragt wurde, benötigten im Durchschnitt 1,89 Minuten pro

richtige Antwort und waren damit am schnellsten. Bemerkenswert ist auch die Leistung der Männer mit Abitur, die mit durchschnittlich 2,45 Minuten pro richtige Antwort an zweiter Stelle liegen. Die Männer dieser Gruppe schafften im Durchschnitt 8,84 Aufgaben pro Stunde.

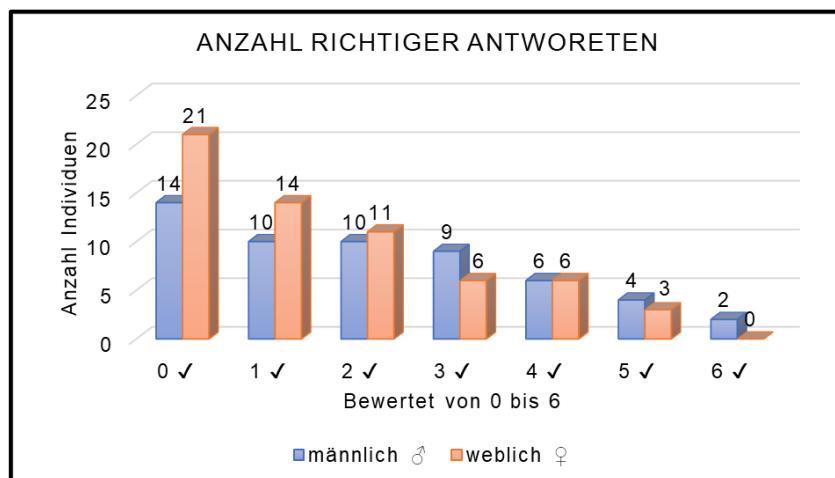


Abb. 13: Vergleich der Ergebnisse in Test 1 zwischen Männern ♂ und Frauen ♀.

Gender	Bildungsniveau	Personen mit Anzahl richtiger Antworten							Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
		0 ✓	1 ✓	2 ✓	3 ✓	4 ✓	5 ✓	6 ✓			
männlich ♂	Hauptschule	3	0	2	1	0	0	0	1,1667	3,4477	2,9783
	Matura	3	3	2	2	4	3	0	2,5882	2,4539	8,8442
	Lehre	3	2	1	0	0	0	0	0,6667	3,4347	1,9154
	Hochschule	3	2	2	2	1	1	1	2,2500	2,6271	5,1961
	Pflichtschule	0	2	0	0	0	0	0	1,0000	3,7667	2,6758
	Kein	2	1	3	4	1	0	1	2,4167	1,8935	6,9460
weiblich ♀	Hauptschule	1	1	3	1	0	0	0	1,6667	2,6019	4,6263
	Matura	6	6	5	3	3	3	0	2,0000	2,0233	6,5894
	Lehre	2	2	0	0	0	0	0	0,5000	2,8417	1,5032
	Hochschule	8	4	0	0	2	0	0	0,8571	3,1798	3,0754
	Pflichtschule	1	0	0	1	1	0	0	2,3333	3,0958	3,8629
	Kein	3	1	3	1	0	0	0	1,2500	3,8066	3,3597

Tabelle 11: Der Ergebnisse nach akademischem Niveau Test 1 von Männern ♂ und Frauen ♀.

Die einzige weibliche Befragte mit Pflichtschulabschluss schnitt beim ersten Indikator mit 2,33 richtigen Aufgaben in Test 1 besser ab. Bei den beiden anderen Indikatoren schneiden die Frauen mit Matura besser ab, mit einer durchschnittlichen Zeit von 2,02 Minuten pro richtiger Antwort und einer durchschnittlichen Effizienz von 6,59 richtigen Aufgaben pro Stunde.

### 5.1.2 Bewertung der Fähigkeiten der Person mit MUL

Im Anschluss an die Auswertung der Ergebnisse des zweiten Tests erhalten die Teilnehmer eine kurze Erläuterung der Funktionsweise des MULs und lösen 6 Aufgaben zur Umrechnung von SI-Einheiten, die genauso aufgebaut sind wie der erste Test. In diesem Fall haben die Teilnehmer Zugang zu MUL, so dass sie beurteilen können, ob das Tool für ihre Leistung nützlich ist.

Die Untersuchung ergab, dass die Teilnehmer im Durchschnitt 4,86 Aufgaben richtig lösten, was 81,32% der 6 Aufgaben entspricht. Es wurde auch festgestellt, dass es 1,11 Minuten dauerte, um eine Einheit richtig umzurechnen, was ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 13,43 Aufgaben pro Stunde ergibt.

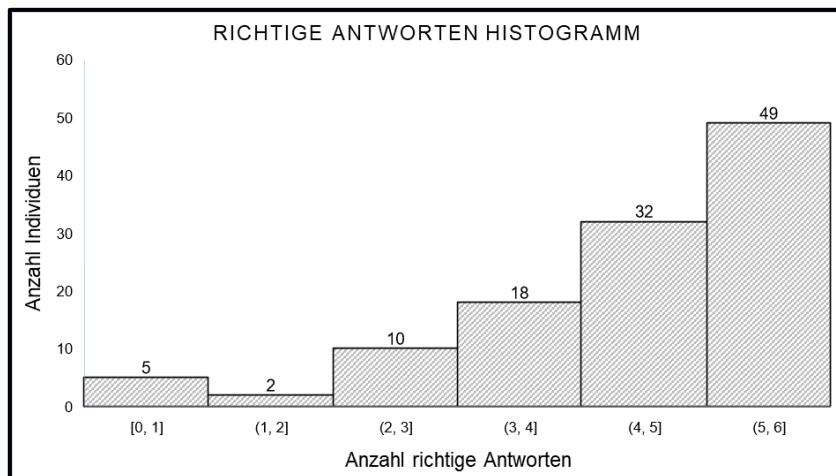


Abb. 14: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 mit MUL.

Wie in Abb. 14 zu sehen ist, hat der Einsatz von MUL zu einer Verbesserung der Testergebnisse geführt. Konkret haben 42,24% der Teilnehmer die Einheitenumrechnung bei allen 6 Aufgaben richtig durchgeführt. Darüber hinaus haben 85,34% (99 von 116) der Teilnehmer mehr als 3 Aufgaben richtig gelöst, was mehr als der Hälfte der Teilnehmer entspricht, die den Test mit "bestanden" bewertet hätten.

Die Analyse der Wirkungsgraddaten der Teilnehmer beim Lösen des Tests mit dem MUL ergab, dass 99,14% (115 von 116) ein Wirkungsgrad von mehr als einer

richtigen Übung pro Stunde erreichten. Darüber hinaus erreichten 63,64% (77 von 116) ein Wirkungsgrad von mehr als 10 Übungen pro Stunde, wie in Abb. 15 dargestellt.

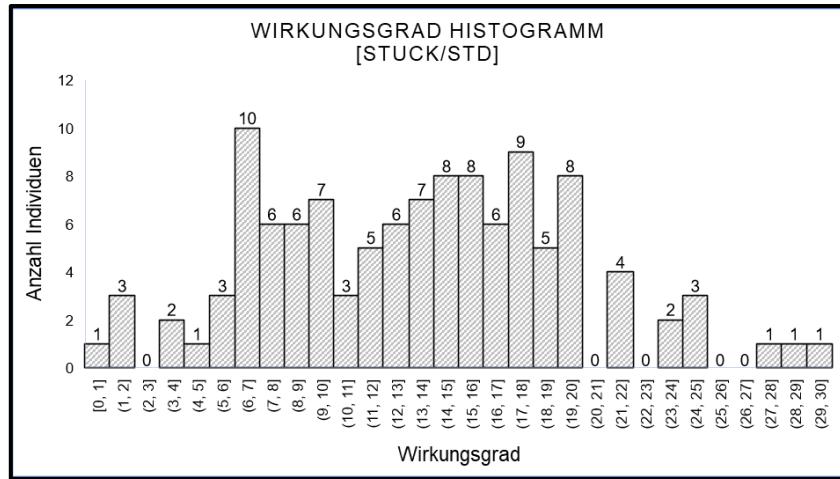


Abb. 15: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 mit MUL.

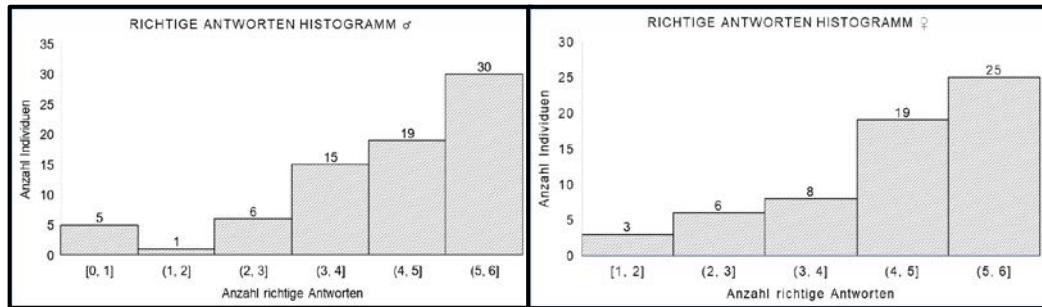


Abb. 16: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 von Männern ♂ und Frauen ♀.

Eine weitere Analyse der Unterschiede zwischen Männern und Frauen, wie in Abb. 16 dargestellt, zeigt, dass von den 76 Männern, die an der Umfrage teilgenommen haben, 39,47% alle 6 Fragen richtig beantwortet haben, während nur 6,58% (5) eine oder keine der Aufgaben richtig beantwortet haben. Im Gegensatz dazu haben von den 61 Frauen 40,98% alle 6 Fragen richtig beantwortet, während nur 4,92% eine oder keine der Fragen richtig beantwortet haben.

Bei der Auswertung des in Abb. 17 dargestellten Wirkungsgradindikators wurde festgestellt, dass 57,89% (44 von 76) der Männern eine Wirkungsgrad zwischen 10 und 20 korrekten Aufgaben pro Stunde aufwiesen, während 6,58% (5 von 76) eine Wirkungsgrad von mehr als 20 korrekten Aufgaben pro Stunde erreichten. Auf der anderen Seite lösten 55,74% (34 von 61) der Frauen ihre Aufgaben mit einer Wirkungsgrad zwischen 10 und 20 korrekten Aufgaben pro Stunde, und 11,48% (7 von 61) erreichten eine Wirkungsgrad von mehr als 20 korrekten Aufgaben pro Stunde.

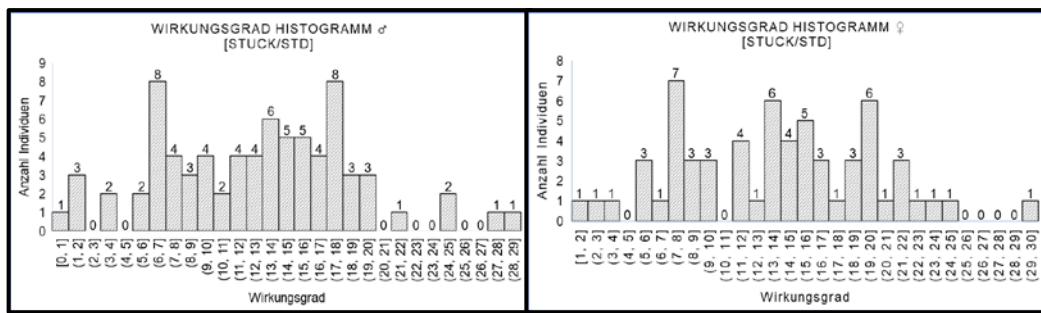


Abb. 17: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 von Männern ♂ und Frauen ♀.

Bei genauerer Betrachtung der drei Fälle, die bei der Auswertung von Test 1 identifiziert wurden, kann festgestellt werden, dass die beiden Männer, die alle 6 Fragen von Test 1 richtig beantwortet haben, auch alle 6 Aufgaben von Test 2 richtig beantwortet haben. Der erste benötigte nur 0,56 Minuten pro Aufgabe und erreichte eine Wirkungsgrad von 17,82 richtigen Aufgaben pro Stunde. Der zweite Mann benötigte 0,53 Minuten pro Aufgabe und löste die Aufgaben mit einer Wirkungsgrad von 18,85 Aufgaben pro Stunde.

Ebenso löste die Frau, die in Test 1 eine ausgezeichnete Wirkungsgrad aufwies, in Test 2 alle 6 Aufgaben in 0,40 Minuten pro Aufgabe und erreichte eine Wirkungsgrad von 24,82 Aufgaben pro Stunde. Im Gegensatz dazu löste die Frau mit dem besten Wirkungsgradindikator in Test 2 die 6 Aufgaben in einer durchschnittlichen Zeit von 0,33 Minuten pro Aufgabe und einer Wirkungsgrad von 30 Aufgaben pro Stunde. Es ist anzumerken, dass diese Person keine der Aufgaben in Test 1 richtig beantwortete.

Gender	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
männlich ♂	4,8000	1,2421	12,7698
weiblich ♀	4,9180	0,9987	14,0277

Tabelle 12: Der Ergebnisse Test 1 von Männern ♂ und Frauen ♀.

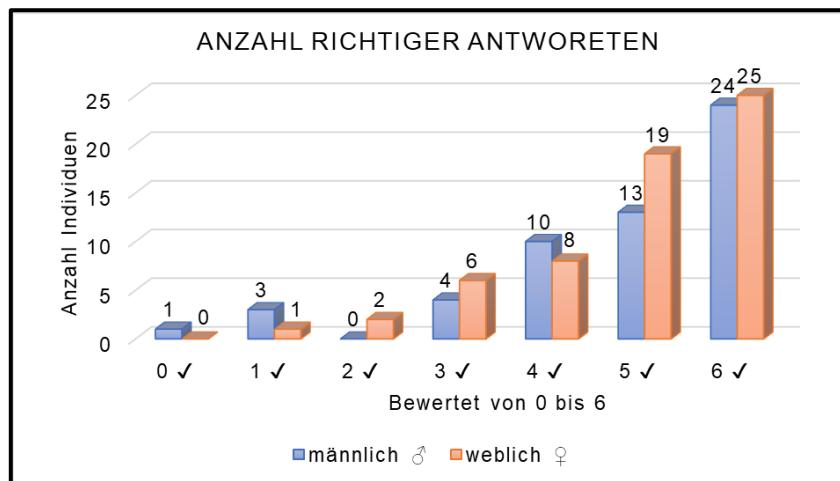


Abb. 18: Vergleich der Ergebnisse in Test 1 zwischen Männern ♂ und Frauen ♀.

Aus den Daten in Tabelle 12 und Abb. 18 geht hervor, dass die Frauen bei allen Indikatoren besser abschnitten und im Durchschnitt 4,92 richtige Übungen und einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 14,03 richtigen Übungen pro Stunde erreichten. Die Männer schnitten mit durchschnittlich 4,80 richtigen Übungen und einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 12,77 richtigen Übungen pro Stunde ebenfalls gut ab.

Die Analyse nach Bildungsniveau für Test 2 ergab die in der Tabelle 13 dargestellten Ergebnisse, aus denen hervorgeht, dass die Männer mit Pflichtschulabschluss mit durchschnittlich 6 richtigen Antworten, einer Bearbeitungszeit von 0,63 Minuten pro richtige Antwort und einen Wirkungsgrad von 15,93 richtigen Antworten pro Stunde am besten abschnitten. An zweiter Stelle lagen die Teilnehmer mit Hochschulabschluss und Matura mit durchschnittlich 4,92

richtigen Antworten, einer Bearbeitungszeit von 0,82 Minuten pro richtige Antwort und ein Wirkungsgrad von 14,46 richtigen Antworten pro Stunde.

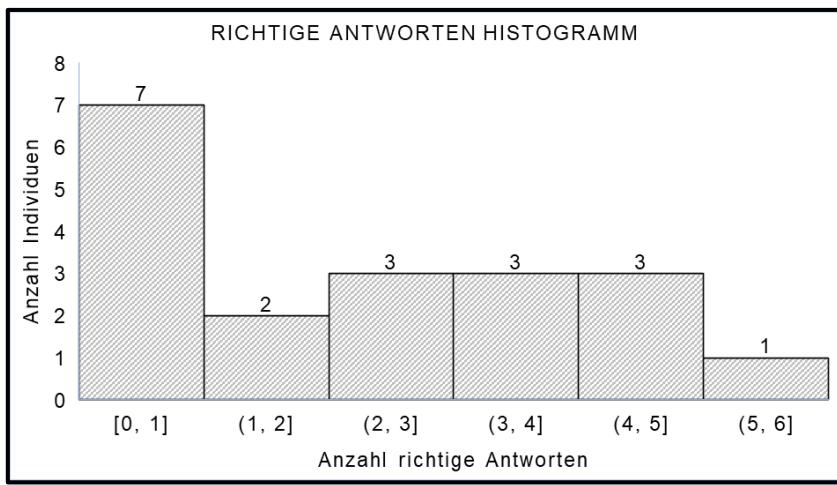
Gender	Bildungsniveau	Personen mit Anzahl richtiger Antworten						Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
		0 ✓	1 ✓	2 ✓	3 ✓	4 ✓	5 ✓			
männlich ♂	Hauptschule	0	1	0	0	0	2	3	4,8333	1,5808
	Matura	0	0	0	2	5	3	7	4,8824	0,8194
	Lehre	0	0	0	1	2	0	3	4,8333	1,1440
	Hochschule	1	0	0	1	0	4	6	4,9167	1,5247
	Pflichtschule	0	0	0	0	0	0	2	6,0000	0,6278
	Kein	0	2	0	0	3	4	3	4,3333	1,5406
weiblich ♀	Hauptschule	0	0	0	1	2	2	1	4,5000	0,8315
	Matura	0	0	1	3	3	7	12	5,0000	0,8460
	Lehre	0	0	0	0	1	1	2	5,2500	0,9313
	Hochschule	0	0	0	1	0	4	9	5,5000	0,6552
	Pflichtschule	0	0	0	0	0	3	0	5,0000	1,2022
	Kein	0	1	1	1	2	2	1	3,7500	2,1786

Tabelle 13: Der Ergebnisse nach akademischem Niveau Test 2 von Männern ♂ und Frauen ♀.

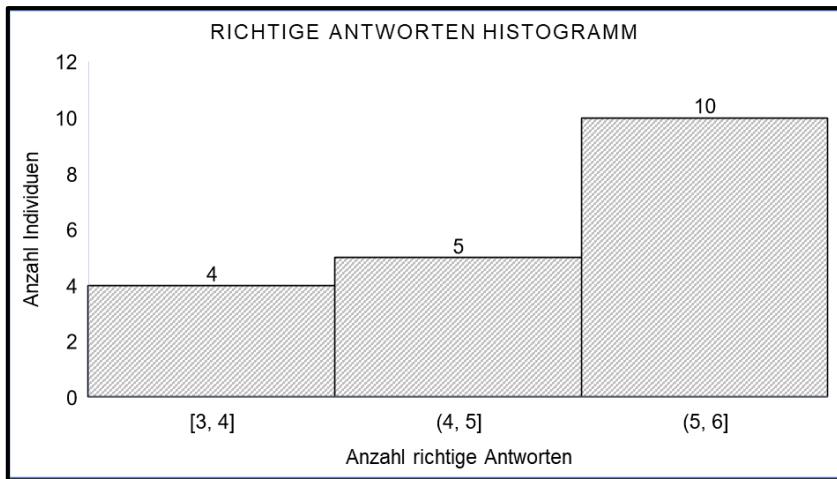
Frauen mit Hochschulabschluss erzielten die besten Ergebnisse mit durchschnittlich 5,5 richtigen Antworten, einer Zeit von 0,66 Minuten pro richtige Antwort und einen Wirkungsgrad von 17,37 richtigen Antworten pro Stunde. An zweiter Stelle folgt die Lehreabschluss Gruppe mit durchschnittlich 5,25 richtigen Antworten und die Gruppe mit Maturaabschluss mit einer Zeit von 0,85 Minuten pro richtige Antwort und ein Wirkungsgrad von 14,40 richtigen Antworten pro Stunde.

## 5.2 Ergebnisse der erweiterten Umfrage in Österreich

Durch eine detaillierte Analyse der Daten der 19 Teilnehmer, die an der erweiterten Umfrage teilgenommen hatten, wurde ein dritter Test mit MUL durchgeführt, um festzustellen, ob die Übung in der Anwendung von MUL die erzielten Ergebnisse verbessern würde.



*Abb. 19: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.*

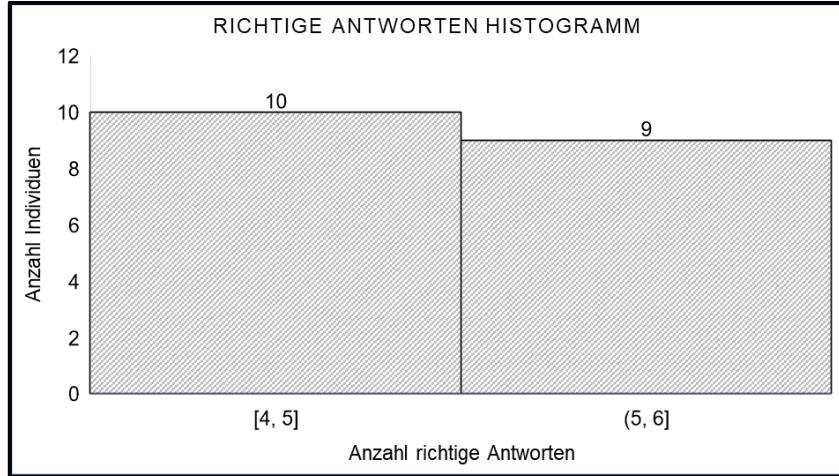


*Abb. 20: Histogramm der richtigen Antworten mit MUL in Test 2 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.*

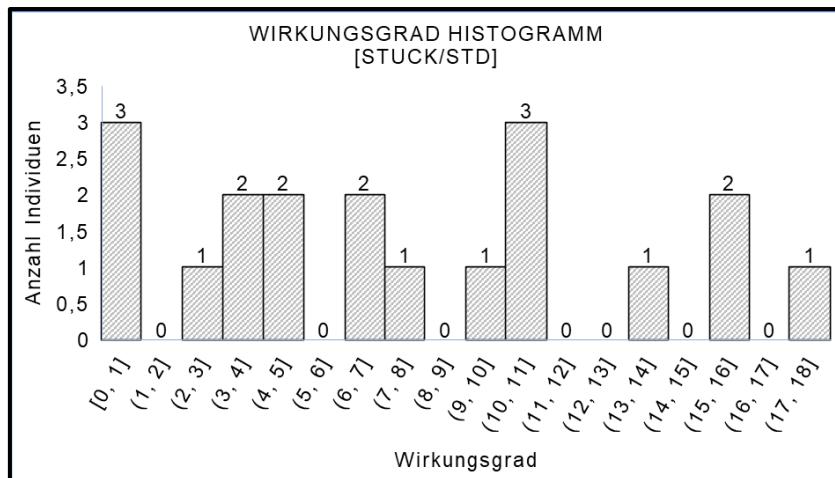
Es ist zu erkennen, dass die Ergebnisse der Teilnehmer in Test 1 ([Abb. 19](#)) zwischen 0 und 6 richtigen Antworten liegen. Bemerkenswert ist, dass 36,84% der Teilnehmer höchstens eine Aufgabe richtig beantworteten, während nur 5,26% alle 6 Aufgaben richtig beantworteten.

In Test 2 der Umfrage ([Abb. 20](#)), der der ersten Verwendung von MUL durch die Teilnehmer entspricht (sowohl in der Umfrage als auch im Alltag), ist zu beobachten, dass sich die Spanne der Anzahl richtiger Aufgaben verringert und

zwischen 3 und 6 richtigen Aufgaben liegt. Konkret haben 21,05% der Teilnehmer 3 bis 4 Aufgaben richtig beantwortet, während 52,63% alle 6 Aufgaben richtig beantwortet haben.



*Abb. 21: Histogramm der richtigen Antworten mit MUL in Test 3 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.*



*Abb. 22: Histogramm der Wirkungsgrades in Test 1 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.*

In Test 3 ([Abb. 21](#)) schließlich, in dem untersucht wurde, ob der Einsatz von MUL einen Unterschied in den Ergebnissen ausmacht, ist eine signifikante Verbesserung festzustellen, da das schlechteste Ergebnis in diesem Test bei 4

richtigen Aufgaben lag. Bei diesem Test konnten 52,63% der Teilnehmer 4 bis 5 Aufgaben richtig beantworten, während 47,37% alle 6 Aufgaben richtig lösten.

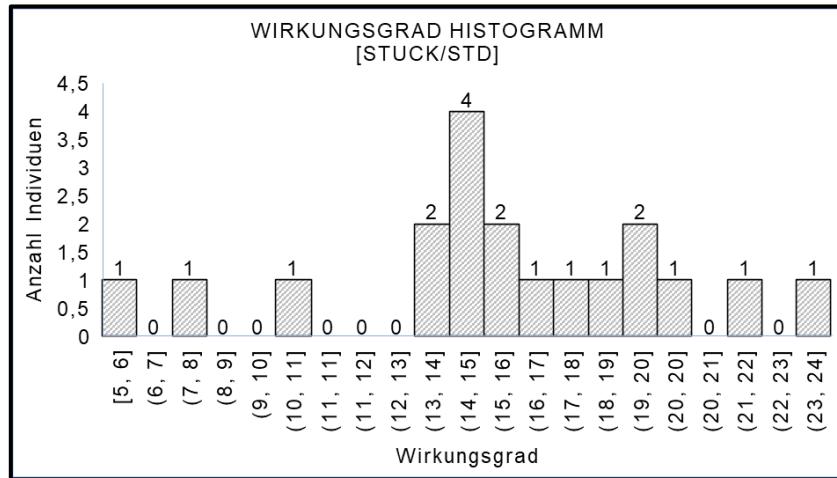


Abb. 23: Histogramm der Wirkungsgrades mit MUL in Test 2 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.

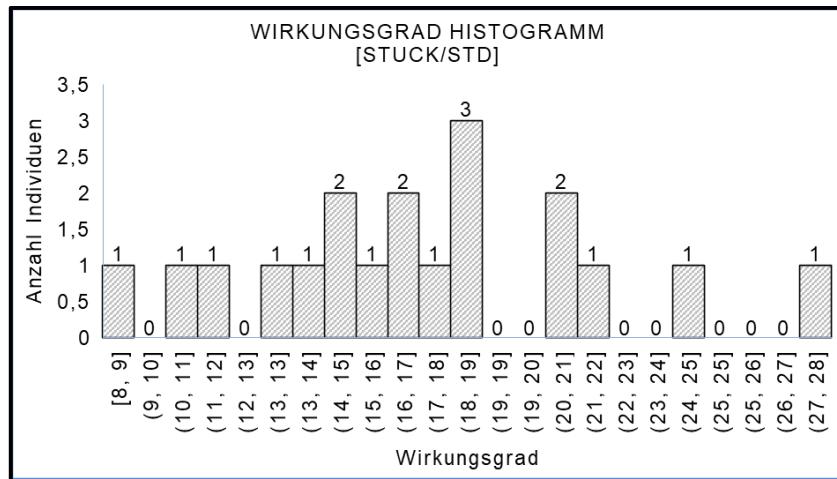


Abb. 24: Histogramm der Wirkungsgrades mit MUL in Test 3 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.

In Test 1 (Abb. 22) erreichten 84,21% (16 von 19) der Teilnehmer eine Effizienz von bis zu 15 richtigen Aufgaben pro Stunde. In Test 2 (Abb. 23) ist eine Verbesserung zu erkennen, da der Teilnehmer mit der schlechtesten Leistung 5,18 richtige Aufgaben pro Stunde lösen konnte und 52,63% (10 von 19) mit MUL eine Effizienz von mehr als 15 richtigen Aufgaben pro Stunde erreichten.

Nach der Korrektur der beiden Tests und der Rückmeldung an die Teilnehmer wurde Test 3 ([Abb. 24](#)) durchgeführt. Dabei erreichten 63,16% (12 von 19) der Teilnehmer mit etwas mehr Erfahrung im Umgang mit MUL eine Effizienz von mehr als 15 richtigen Übungen pro Stunde.

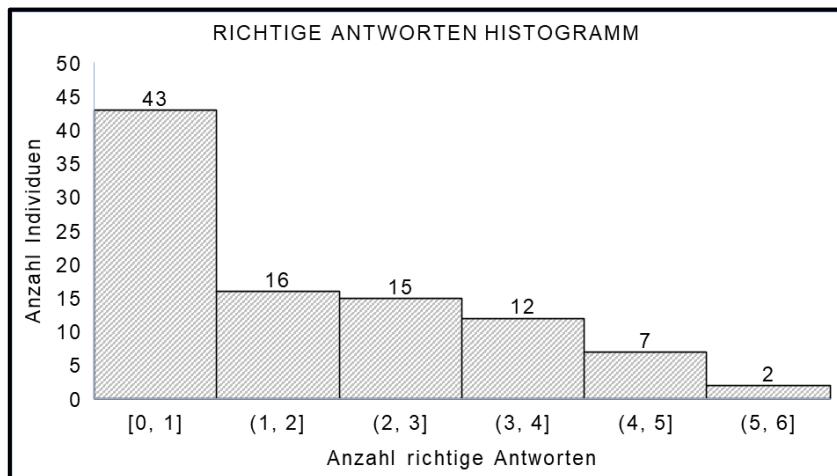
Eine vergleichende Analyse zwischen Männern und Frauen wird im Rahmen dieser Evaluierung aufgrund der unzureichenden Stichprobengröße als nicht sinnvoll erachtet. Mit den oben dargestellten Informationen können jedoch einige der aufgestellten Hypothesen beantwortet werden.

## 5.3 Ergebnisse zwischen den Staaten im Vergleich

### 5.3.1 Ergebnisse in Österreich

#### 5.3.1.1 Bewertung der aktuellen Fähigkeiten der Person

Werden die erhobenen Daten nach Ländern aufgeschlüsselt, ergeben sich für Österreich in Test 1 folgende Ergebnisse.



*Abb. 25: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 in Österreichsichprobe.*

Die Auswertung der richtigen Antworten, wie in [Abb. 25](#) dargestellt, zeigt, dass 45,26% höchstens eine Frage richtig beantwortet haben. Darüber hinaus gab es,

wie bereits erwähnt, zwei österreichische Teilnehmer, die alle 6 Fragen richtig beantworten konnten.

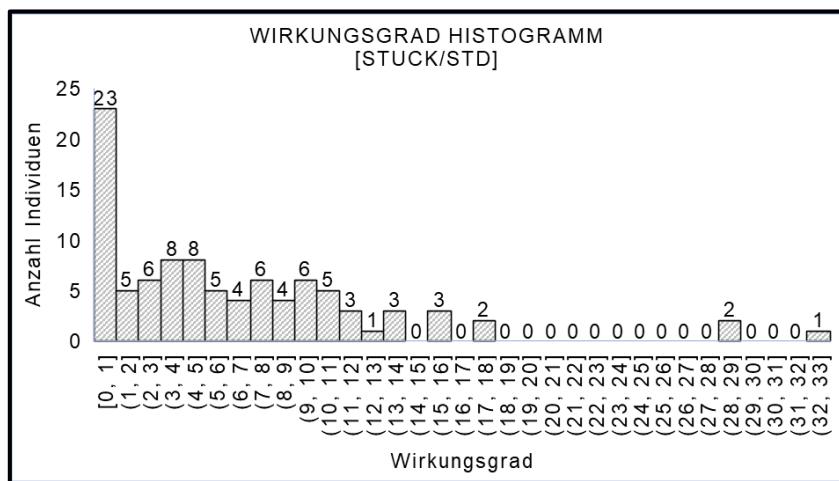


Abb. 26: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1 der österreichischen Stichprobe.

Bei der Analyse der Wirkungsgraddaten der Teilnehmer am Lösungstest 1 zeigt sich, dass 75,79% (72 von 95) ein Wirkungsgrad von mehr als 1 richtigen Aufgaben pro Stunde erreichten. Darüber hinaus zeigten 21,05% (20 von 95) ein Wirkungsgrad von mehr als 10 Aufgaben pro Stunde, wie in Abb. 26 dargestellt.

Gender	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkunngrad mittelwert
männlich ♂	2,3333	2,1666	6,9464
weiblich ♀	1,7400	2,2742	5,5054

Tabelle 14: Der Ergebnisse von Test 1 in Österreich von Männern ♂ und Frauen ♀.

Aus den Daten in Tabelle 14 und Abb. 27 geht hervor, dass die Männer in Test 1 bei allen Indikatoren besser abschnitten: Sie erzielten im Durchschnitt 2,33 richtige Aufgaben, brauchten im Durchschnitt 2,16 Minuten pro richtige Antwort und konnten 6,95 Aufgaben pro Stunde richtig lösen. Die Frauen hingegen lösten im Durchschnitt 1,74 Aufgaben richtig.

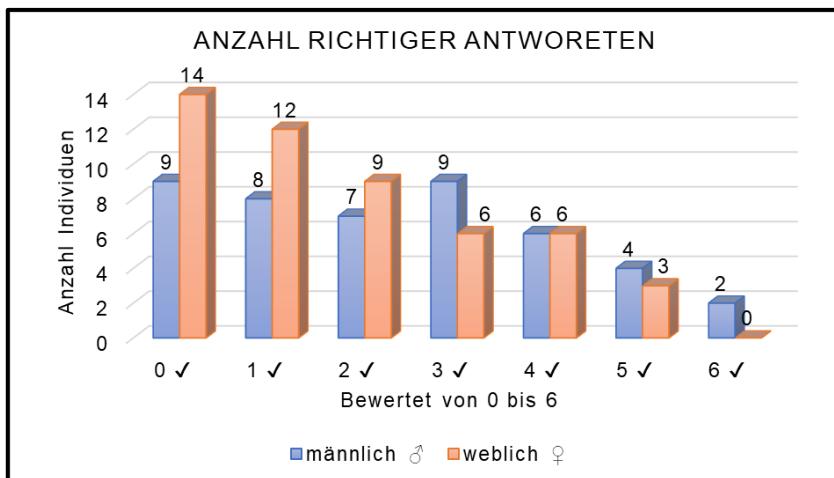


Abb. 27: Vergleich der Ergebnisse in Test 1 in Österreich zwischen Männern ♂ und Frauen ♀.

Gender	Bildungsniveau	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
männlich ♂	Hochschule	2,7778	2,2639	6,6821
	Matura	2,8000	1,6133	9,8014
	Lehre	1,0000	3,2354	2,8731
	Hauptschule	1,0000	3,2426	1,7442
	Pflichtschule	1,0000	3,7667	2,6758
	Kein	2,4167	1,8935	6,9460
weiblich ♀	Hochschule	1,0000	1,8848	3,8274
	Matura	2,3182	1,8457	7,5602
	Lehre	0,5000	2,8417	1,5032
	Hauptschule	2,0000	2,3481	7,4547
	Pflichtschule	3,5000	1,7521	5,7944
	Kein	1,2500	3,8066	3,3597

Tabelle 15: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 1 von Männern ♂ und Frauen ♀ in Österreichsichprobe.

Wie aus Tabelle 15 ersichtlich, erzielten Männer mit Matura die besten Ergebnisse bei allen drei Indikatoren mit Werten von 2,8 richtigen Antworten, 1,61 Minuten pro richtige Antwort und 9,80 richtigen Antworten pro Stunde. Frauen mit Pflichtschulabschluss hingegen erzielten mit durchschnittlich 3,50 richtigen Aufgaben das beste Ergebnis und waren mit durchschnittlich 1,75 Minuten pro richtige Antwort auch am schnellsten. Frauen mit Matura erreichten einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 7,56 richtigen Aufgaben pro Stunde.

### 5.3.1.2 Bewertung der Fähigkeiten der Person mit MUL

Es folgen die Daten der österreichischen Teilnehmer von Test 2, bei dem das MUL verwendet wurde. Bei der Analyse der richtigen Antworten zeigt Abb. 28, dass nur 6,32% höchstens eine Antwort richtig beantworteten, während 41,05% alle Aufgaben richtig beantworteten.

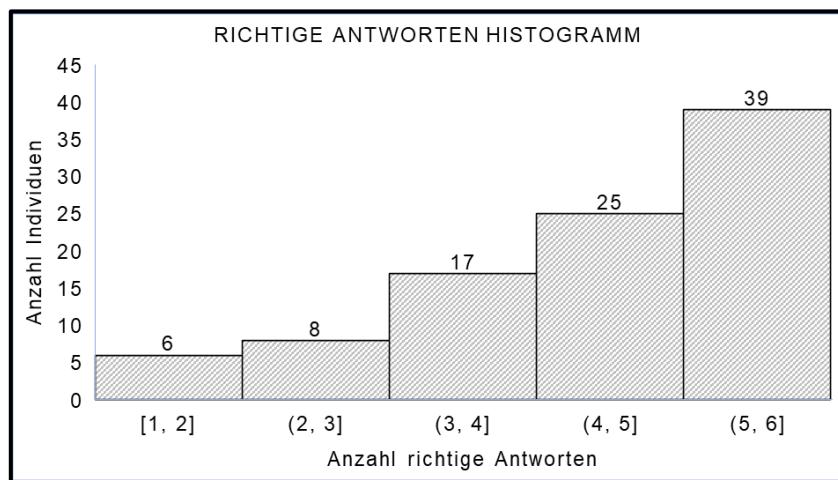


Abb. 28: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 in Österreichsichprobe.

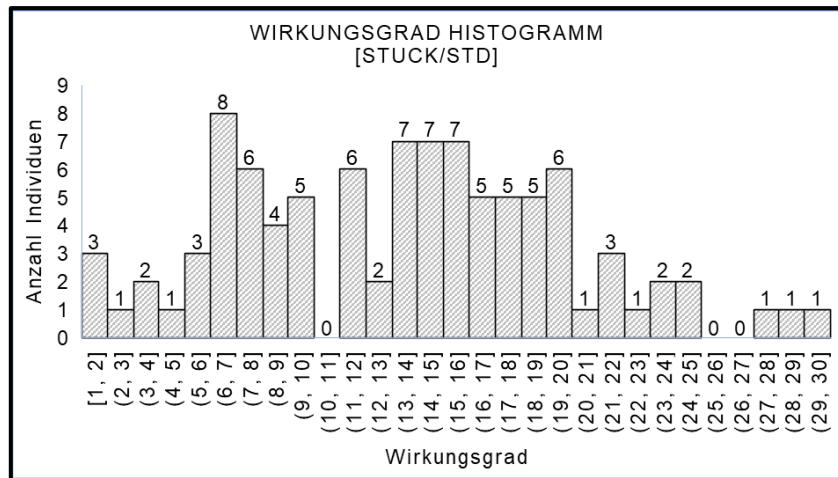
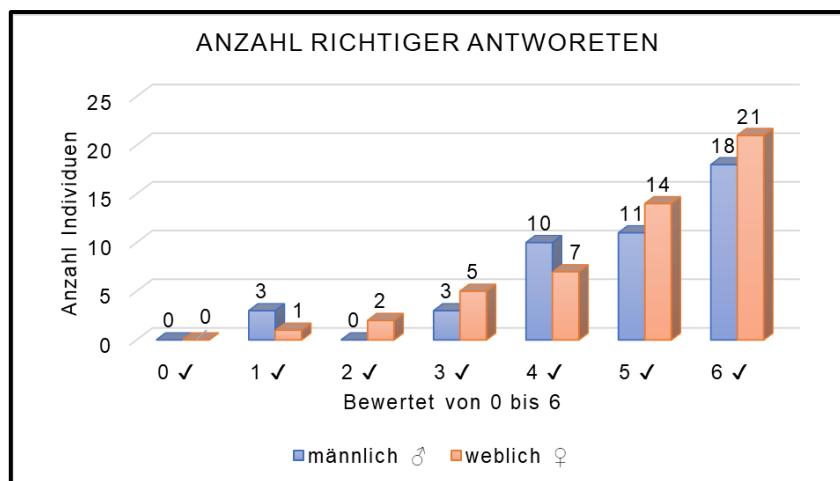


Abb. 29: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 in Österreichsichprobe.

Die Auswertung der Wirkungsgrad der Teilnehmer zeigt, dass 96,84% (92 von 95) ein Wirkungsgrad von mehr als 1 richtigen Übungen pro Stunde erreichten. Darüber hinaus zeigten 65,26% (62 von 95) ein Wirkungsgrad von mehr als 10 Übungen pro Stunde, wie in [Abb. 29](#) dargestellt.

Gender	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
männlich ♂	4,7778	1,1290	12,9461
weiblich ♀	4,8800	1,0070	14,4890

*Tabelle 16: Der Ergebnisse von Test 2 in Österreich bei Männern ♂ und Frauen ♀.*



*Abb. 30: Vergleich der Ergebnisse in Test 2 in Österreich zwischen Männern ♂ und Frauen ♀.*

[Tabelle 16](#) und [Abb. 30](#) zeigen, dass die Frauen bei allen Indikatoren besser abschnitten als die Männer und im Durchschnitt 4,88 richtige Übungen und ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 14,49 richtigen Übungen pro Stunde erreichten. Andererseits schnitten auch die Männer mit durchschnittlich 4,78 richtigen Übungen und einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 12,95 richtigen Übungen pro Stunde gut ab.

Gender	Bildungsniveau	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungrad mittelwert
männlich ♂	Hochschule	5,3333	0,7436	16,4294
	Matura	4,7333	0,8503	13,7193
	Lehre	5,0000	1,1917	9,4252
	Hauptschule	4,0000	2,2831	9,4427
	Pflichtschule	6,0000	0,6278	15,9292
	Kein	4,3333	1,5406	10,9193
weiblich ♀	Hochschule	5,4545	0,6082	18,4671
	Matura	4,9091	0,8550	14,4903
	Lehre	5,2500	0,9313	13,7043
	Hauptschule	5,0000	0,6539	15,5568
	Pflichtschule	5,0000	0,8667	12,6478
	Kein	3,7500	2,1786	9,4679

Tabelle 17: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 2 von Männern ♂ und Frauen ♀ in Österreichsichprobe.

Die Daten in Tabelle 17 zeigen, dass Männer mit Pflichtschulabschluss im Durchschnitt am besten abschnitten. Sie erzielten durchschnittlich 6 richtige Antworten, eine Zeit von 0,63 Minuten pro richtige Antwort und eine Effizienz von 15,93 richtigen Antworten pro Stunde. Männer mit Hochschulabschluss erreichten eine Effizienz von 16,43 richtigen Antworten pro Stunde, was erwähnenswert ist, da es eine Verbesserung bei der Nutzung von MUL darstellt. Andererseits schnitten Frauen mit Hochschulabschluss im Vergleich zu den anderen Bildungsniveaus ebenfalls gut ab: Sie lösten durchschnittlich 5,45 richtige Aufgaben mit einer Antwortzeit von 0,61 Minuten und einer Effizienz von 18,47 richtigen Antworten pro Stunde.

### 5.3.2 Ergebnisse in Kolumbien

#### 5.3.2.1 Bewertung der aktuellen Fähigkeiten der Person

Im Rahmen der Forschung wird eine detaillierte Analyse der in Kolumbien während des Tests 1 gesammelten Daten durchgeführt, die eine genaue Untersuchung der Leistungen der kolumbianischen Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei der Lösung der Aufgaben zur Umrechnung in SI-Einheiten ermöglicht.

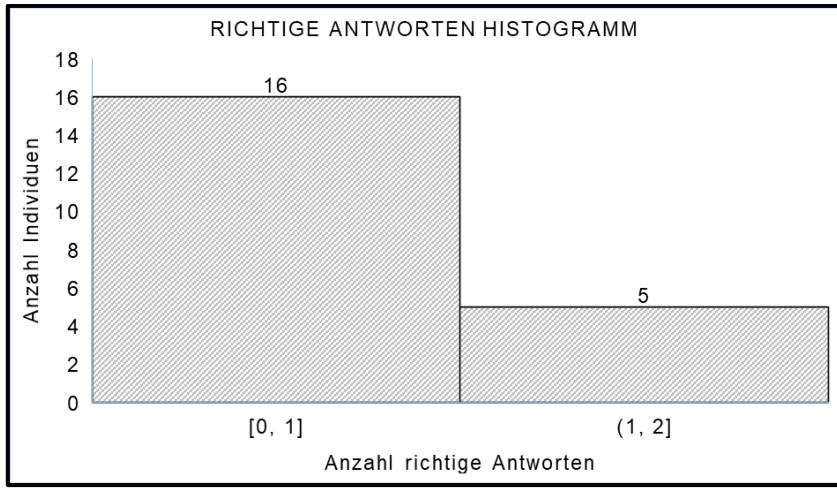


Abb. 31: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 in Kolumbiensichprobe.

Aus der Abb. 31 geht hervor, dass 76,19% der Teilnehmer höchstens eine Antwort richtig beantworteten und dass in diesem Fall das beste Ergebnis darin bestand, 2 der 6 Aufgaben richtig zu beantworten.

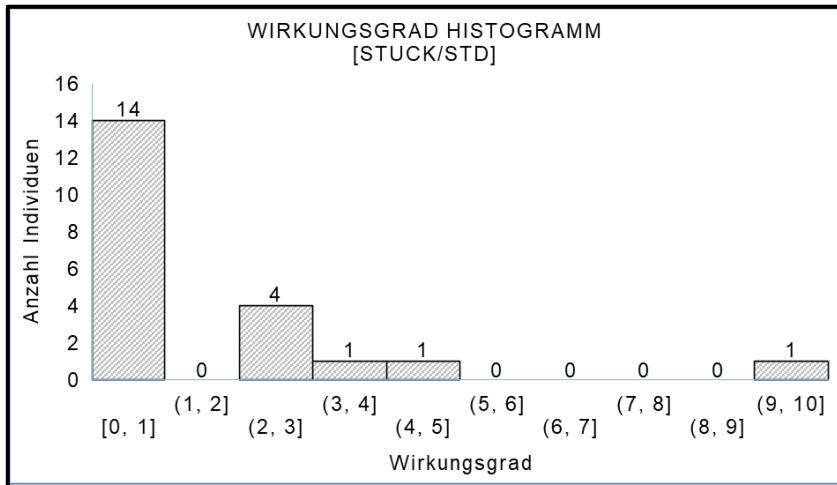


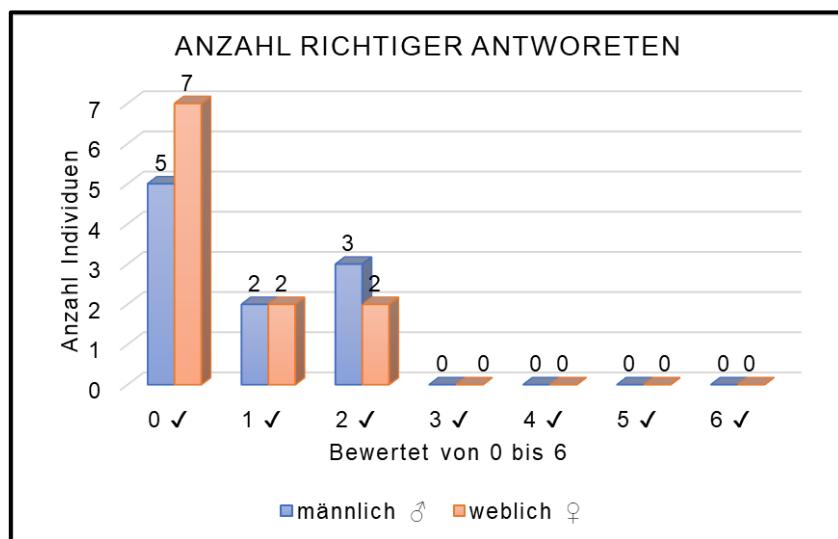
Abb. 32: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1 in Kolumbiensichprobe.

Bei der Analyse der Effizienzdaten der Teilnehmer bei der Lösung von Test 1 zeigt sich, dass nur 33,33% (7 von 21) der Teilnehmer eine Effizienz von mehr als einer

richtigen Aufgabe pro Stunde erreichten. Darüber hinaus erreichte nur 1 Teilnehmer eine Effizienz von bis zu 10 richtigen Aufgaben pro Stunde, wie aus der folgenden [Abb. 32](#) hervorgeht.

Gender	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
männlich ♂	0,8000	4,7292	1,8180
weiblich ♀	0,5455	4,5576	1,0316

*Tabelle 18: Ergebnissen von Test 1 in Kolumbien bei Männern ♂ und Frauen ♀.*



*Abb. 33: Vergleich der Ergebnisse in Test 1 in Kolumbien zwischen Männern ♂ und Frauen ♀.*

[Tabelle 18](#) und [Abb. 33](#) mit den Ergebnissen aus Kolumbien zeigen, dass die Männer in Test 1 bei den meisten Indikatoren besser abschnitten und im Durchschnitt 0,80 richtige Aufgaben erhielten. Die Frauen hingegen erreichten im Durchschnitt nur 0,55 richtige Aufgaben.

Die [Tabelle 19](#) zeigt die Ergebnisse der verschiedenen Gruppen für die 3 bewerteten Indikatoren. Männer mit Hauptschulabschluss erzielten mit durchschnittlich 1,33 richtigen Antworten, 3,65 Minuten pro richtige Antwort und 4,21 richtigen Antworten pro Stunde die besten Ergebnisse.

Gender	Bildungsniveau	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungsgrad mittelwert
männlich ♂	Hochschule	0,6667	3,7167	0,7380
	Matura	1,0000	8,7583	1,6646
	Lehre	0,0000	3,8333	0,0000
	Hauptschule	1,3333	3,6528	4,2125
	Pflichtschule	1,0000	8,7583	1,6646
	Kein	0,6667	3,7167	0,7380
weiblich ♀	Hochschule	0,3333	7,9278	0,3180
	Matura	0,2500	3,0000	1,2500
	Lehre	0,3333	7,9278	0,3180
	Hauptschule	1,3333	2,8556	1,7980
	Pflichtschule	0,0000	5,7833	0,0000
	Kein	0,3333	7,9278	0,3180

Tabelle 19: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 1 von Männern ♂ und Frauen ♀ in Kolumbiensichprobe.

Frauen mit Pflichtschulabschluss erzielten dagegen mit 1,33 richtigen Antworten die beste durchschnittliche Leistung und waren mit durchschnittlich 1.79 Minuten pro richtige Antwort auch am schnellsten.

### 5.3.2.2 Bewertung der Fähigkeiten der Person mit MUL

Weiter geht es mit den Daten der Kolumbianern Teilnehmer in Test 2, in dem das MUL verwendet wurde.

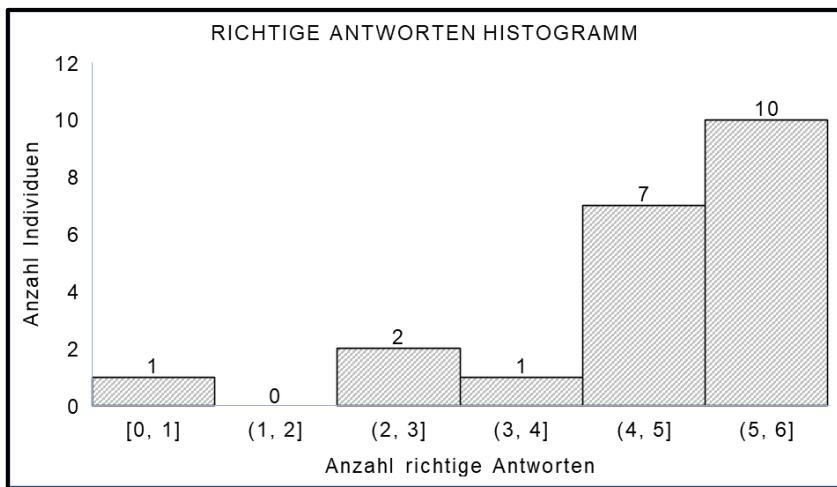


Abb. 34: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 in Kolumbiensichprobe.

Beginnend mit der Analyse der richtigen Antworten zeigt Abb. 34, dass 95,24% (20 von 21) der Teilnehmer mehr als eine richtige Antwort gegeben haben. Des Weiteren ist zu erkennen, dass 47,62% alle Aufgaben richtig beantwortet haben.

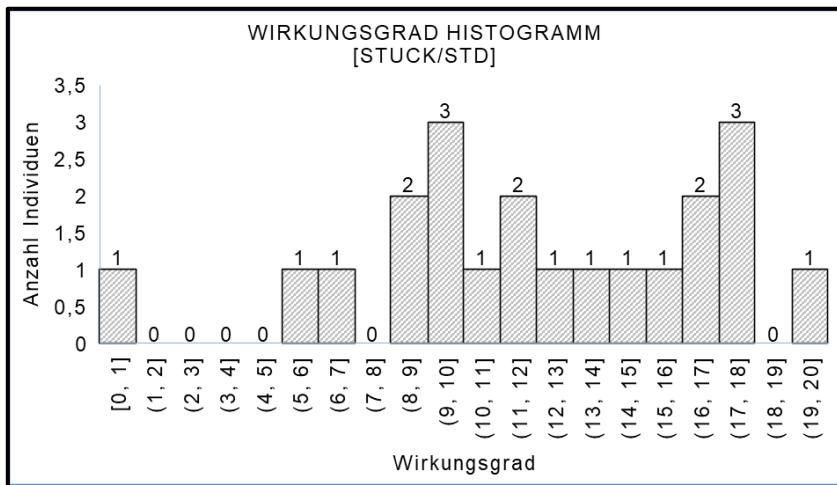


Abb. 35: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 in Kolumbiensichprobe.

Hinsichtlich der Effizienz der Teilnehmer ist festzustellen, dass 95,24% (20 von 21) der Teilnehmer eine Effizienz von mehr als einer korrekten Übung pro Stunde

erreichten. Darüber hinaus erreichten 61,90% (13 von 21) eine Effizienz von mehr als 10 Übungen pro Stunde, wie aus der Abb. 35 ersichtlich ist.

Gender	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkunnggrad mittelwert
männlich ♂	4,9000	1,7512	11,9765
weiblich ♀	5,0909	0,9609	11,9310

Tabelle 20: Ergebnisse von Test 2 in Kolumbien bei Männern ♂ und Frauen ♀.

Aus den in Tabelle 20 und Abb. 36 zusammengestellten Informationen geht hervor, dass die Frauen auch bei Test 2 hinsichtlich der Anzahl der richtigen Übungen und der benötigten Zeit besser abschnitten als die Männer. Sie erreichten im Durchschnitt 5,09 richtige Aufgaben und eine Zeit von 0,96 Minuten pro richtige Aufgabe. Im Gegensatz dazu waren die Männer mit durchschnittlich 11,98 richtigen Übungen pro Stunde etwas effizienter.

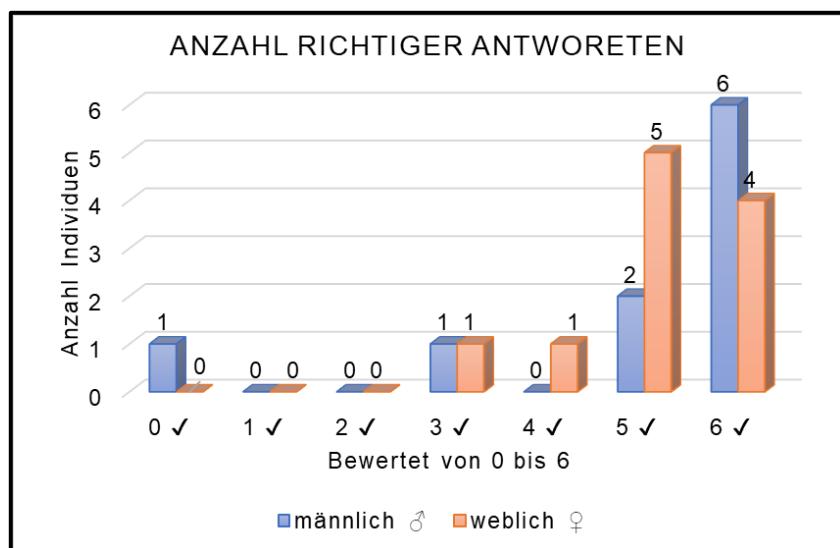


Abb. 36: Vergleich der Ergebnisse in Test 2 in Kolumbien zwischen Männern ♂ und Frauen ♀.

Gender	Bildungsniveau	Ergebnis mittelwert	Zeit mittelwert	Wirkungrad mittelwert
♂ <b>männlich</b>	Hochschule	3,6667	3,8680	8,5427
	Matura	6,0000	0,5875	17,0237
	Lehre	4,5000	1,0486	11,8396
	Hauptschule	5,6667	0,8785	12,1369
	Pflichtschule	0,0000	0,0000	0,0000
	Kein	0,0000	0,0000	0,0000
♀ <b>weiblich</b>	Hochschule	5,6667	0,8274	13,3677
	Matura	5,5000	0,7967	13,9212
	Lehre	0,0000	0,0000	0,0000
	Hauptschule	4,0000	1,0092	10,0383
	Pflichtschule	5,0000	1,8733	5,3381
	Kein	0,0000	0,0000	0,0000

*Tabelle 21: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 2 von Männern ♂ und Frauen ♀ in Kolumbiensichprobe.*

Aus dem Inhalt der *Tabelle 21* geht hervor, dass Männer mit Abitur die besten Ergebnisse bei den Durchschnittswerten der drei Indikatoren erzielen, mit folgenden Werten: 6 richtige Aufgaben, 0,59 Minuten pro richtige Antwort und 17,02 richtige Aufgaben pro Stunde.

Auch hier stechen die Frauen mit Hochschulabschluss mit durchschnittlich 5,67 richtigen Übungen hervor, aber bei den beiden anderen Indikatoren gelingt es den Frauen mit Abitur, die Übungen mit einer Geschwindigkeit von 0,8 Minuten pro richtige Übung durchzuführen und eine Effizienz von 13,92 richtigen Übungen pro Stunde zu erreichen.

## 6 Fazit und Ausblick

### 6.1 Überprüfung der Hypothesen

Die Auswertung der Ergebnisse und die im Folgenden dargestellten Schlussfolgerungen sollen die aufgestellten Hypothesen bestätigen oder widerlegen.

- H1:** Wenn MUL zur Umrechnung von Maßeinheiten anstelle der herkömmlichen Methoden verwendet wird, wird eine signifikante Verbesserung der Wirksamkeit bei der Umrechnung beobachtet werden.
- H2:** Es ist nur eine kurze Schulung zur Verwendung des MULs erforderlich, um die Umrechnung von Maßeinheiten effizienter zu gestalten als bei der herkömmlichen Methode.

Basierend auf den gesammelten und analysierten Informationen wurde der Unterschied in der Treffsicherheit der Teilnehmer zwischen den beiden Tests berechnet. Dabei wurde festgestellt, dass die Teilnehmer im ersten Test durchschnittlich 29,60% der Übungen korrekt beantworteten, während sie im zweiten Test 81,32% richtig beantworteten. Dies entspricht einer Differenz von 51,71% in der Treffsicherheit der Teilnehmer, was darauf hindeutet, dass sie mit Hilfe des Tools deutlich mehr Fragen richtig beantworten konnten.

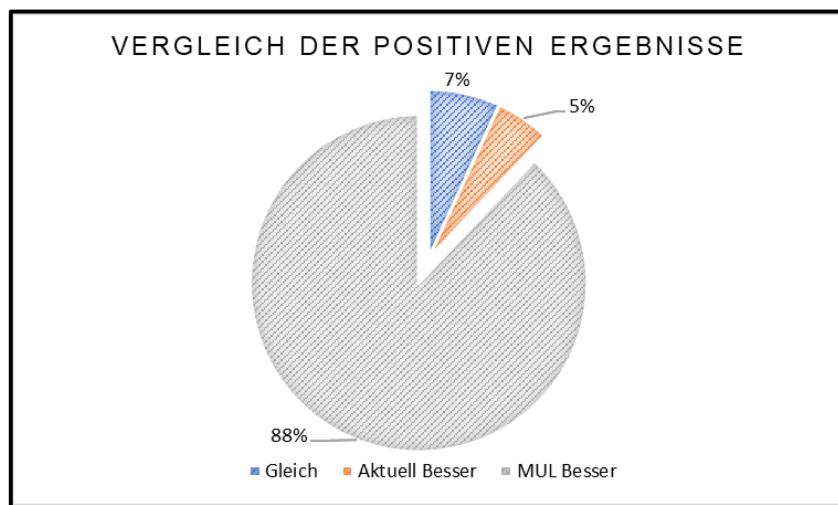


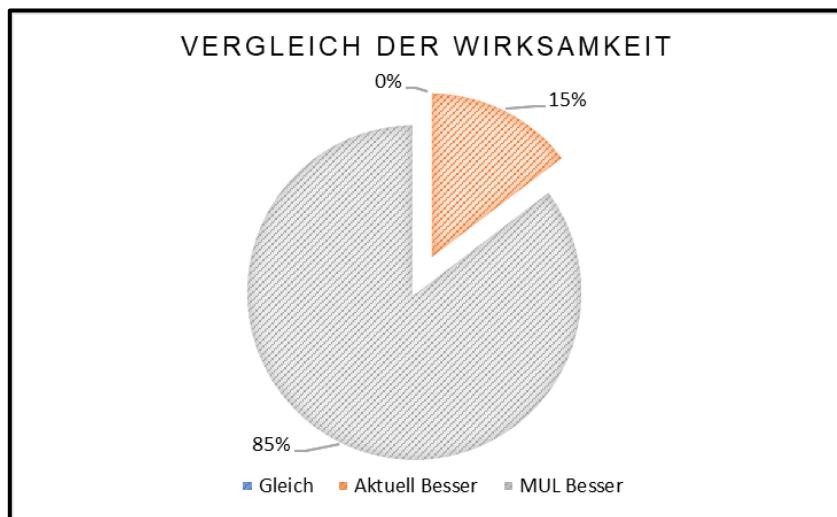
Abb. 37: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 und Test 2.

In Abb. 37 werden die Ergebnisse verglichen, die von jedem Befragten in den beiden Tests erzielt wurden. Diejenigen, deren Ergebnis im ersten Test besser war als im zweiten, gehören zur Gruppe "Aktuell Besser", die 5,17% der Teilnehmer

entspricht. Wenn das Ergebnis zwischen beiden Tests gleich war, wird die Person der Gruppe "Gleich" zugeordnet, die 6,90% aller Teilnehmer repräsentiert. Schließlich wird, wenn das Ergebnis im zweiten Test besser war, die Person der Gruppe "MUL Besser" zugeordnet, die 87,93% aller Teilnehmer ausmacht. Dies zeigt, dass für viele der Teilnehmer MUL einen signifikanten Unterschied in der Umrechnung von Einheiten im SI bewirkt hat.

Außerdem wird eine Differenz von durchschnittlich 1,55 Minuten in der Zeit, die benötigt wird, um eine Frage richtig zu beantworten, beobachtet. Diese Zahl ergibt sich aus der Subtraktion der durchschnittlichen Zeit von 2,66 Minuten im ersten Test von der durchschnittlichen Zeit von 1,11 Minuten im zweiten Test. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Teilnehmer mithilfe des Tools die Übungen schneller lösen konnten.

Diese Vorinformation ist entscheidend für die Berechnung des Effizienzindikators, der in [Abb. 38](#) gegenübergestellt wird.



*Abb. 38: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 und Test 2.*

In diesem Diagramm werden dieselben zuvor erwähnten Gruppen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass nur 14,66% der 116 Teilnehmer in der ersten Prüfung im Vergleich zur zweiten eine höhere Effizienz erzielten, indem sie MUL verwendeten. Das bedeutet, dass 85,34% der Teilnehmer ihre Effizienz durch die Verwendung

von MUL verbessert haben, was einen durchschnittlichen Unterschied von 8,11 richtigen Übungen pro Stunde zwischen den beiden Tests bedeutet. Dieses quantitative Ergebnis bestätigt die H1 und zeigt, dass die Verwendung von MUL zu einer signifikanten Verbesserung der Effizienz der Probanden in der Stichprobe führt.

Bei einem Vergleich zwischen Männern und Frauen zeigt sich in Abb. 39, dass bei der Verwendung von MUL 84,21% eine Steigerung in der Anzahl der korrekten Antworten verzeichneten. Lediglich 6,58% der Männer (5 Männer) erzielten im Test 2 mit MUL ein schlechteres Ergebnis als in Test 1, während die übrigen Werte gleichblieben. Bei den Frauen wiederum verbesserten sich 95,08% durch die Verwendung von MUL. Lediglich 1,64% (1 Frau) zeigten eine Verschlechterung, während der Rest in beiden Tests das gleiche Ergebnis erzielte.

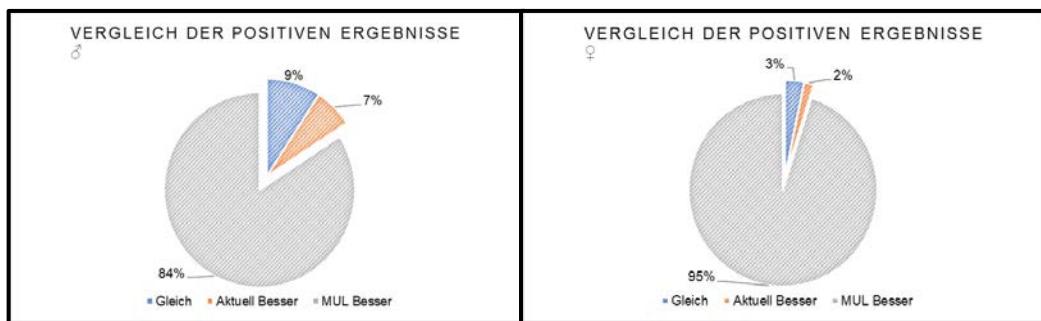
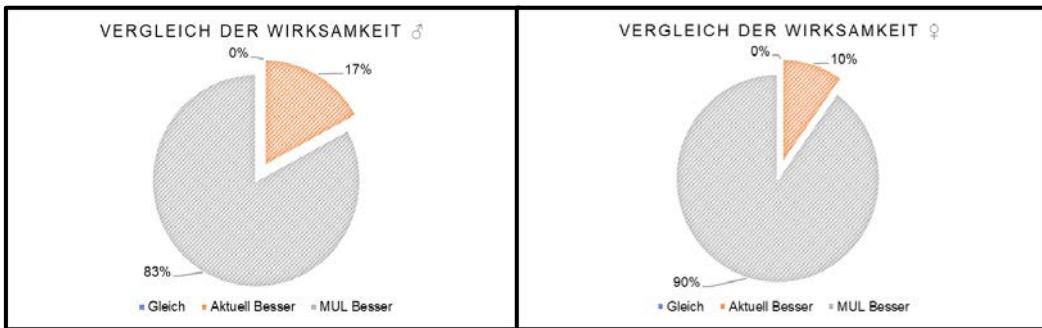


Abb. 39: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 und Test 2 bei Männern ♂ und Frauen ♀.

Es besteht also ein Unterschied von 10,87% zwischen Männern und Frauen, was darauf schließen lässt, dass Frauen die MUL geschickter nutzen. Dies kann jedoch nicht als signifikanter Unterschied oder Verzerrung angesehen werden, da die Stichprobe nicht groß genug ist, um Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zu ziehen, und diese Unterschiede auf externe Faktoren zurückzuführen sein könnten, die in der Studie nicht kontrolliert werden konnten. Auf der Grundlage der erzielten Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass sowohl männliche als auch weibliche Teilnehmer durch die Verwendung von MUL eine Verbesserung ihrer Ergebnisse erzielten.



*Abb. 40: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 und Test 2 bei Männern ♂ und Frauen ♀.*

Die Auswertung des Effizienzindikators in *Abb. 40* zeigt, dass 82,89% der männlichen Teilnehmer ihre Effizienz mit Hilfe von MUL verbessern konnten. Andererseits haben 90,16% der weiblichen Teilnehmer ihre Effizienz im Vergleich zu den Ergebnissen von Test 1 verbessert, während die übrigen Teilnehmer beider Gruppen ihre Leistung verschlechtert haben.

Das Ergebnis ist ein Unterschied von 7,27% zwischen Männern und Frauen, was bestätigt, dass Frauen geschickter mit der MUL umgehen. Dieser Unterschied kann jedoch mit vielen Faktoren wie Aufmerksamkeit, Verständnis oder Stress in Verbindung gebracht werden, so dass eine geschlechtsspezifische Verzerrung nicht nachgewiesen werden kann. Darüber hinaus gibt es keine ausreichenden Beweise, um die Hypothese H1 abzulehnen, da die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Männer und Frauen in der Lage war, ihre Effizienz bei der Anwendung der MUL signifikant zu verbessern.

Gender	Bildungsniveau	Ergebnis mittelwert Test 1	Ergebnis mittelwert Test 2	Delta-Ergebnis (Test 2 - Test 1)	Zeit mittelwert Test 1	Zeit mittelwert Test 2	Delta-Zeit (Test 1 - Test 2)	Wirkungsgrad mittelwert Test 1	Wirkungsgrad mittelwert Test 2	Delta- Wirkungsgrad (Test 2 - Test 1)
männlich ♂	Hochschule	2,2500	4,9167	2,6667	2,6271	1,5247	1,1024	5,1961	14,4578	9,2617
	Matura	2,5882	4,8824	2,2941	2,4539	0,8194	1,6344	8,8442	14,1081	5,2639
	Lehre	0,6667	4,8333	4,1667	3,4347	1,1440	2,2907	1,9154	10,2300	8,3146
	Hauptschule	1,1667	4,8333	3,6667	3,4477	1,5808	1,8669	2,9783	10,7898	7,8115
	Pflichtschule	1,0000	6,0000	5,0000	3,7667	0,6278	3,1389	2,6758	15,9292	13,2534
weiblich ♀	Kein	2,4167	4,3333	1,9167	1,8935	1,5406	0,3530	6,9460	10,9193	3,9733
	Hochschule	0,8571	5,5000	4,6429	3,1798	0,6552	2,5246	3,0754	17,3744	14,2990
	Matura	2,0000	5,0000	3,0000	2,0233	0,8460	1,1773	6,5894	14,4027	7,8134
	Lehre	0,5000	5,2500	4,7500	2,8417	0,9313	1,9103	1,5032	13,7043	12,2011
	Hauptschule	1,6667	4,5000	2,8333	2,6019	0,8315	1,7703	4,6263	12,7976	8,1712
	Pflichtschule	2,3333	5,0000	2,6667	3,0958	1,2022	1,8936	3,8629	10,2112	6,3483
	Kein	1,2500	3,7500	2,5000	3,8066	2,1786	1,6280	3,3597	9,4679	6,1082

Tabelle 22: Vergleich der Indikatoren zwischen Test 1 und Test 2 für das Bildungsniveau und für Männer ♂ und Frauen ♀.

Die Maßeinheiten für die Gewerkschaften in der Tabelle sind:

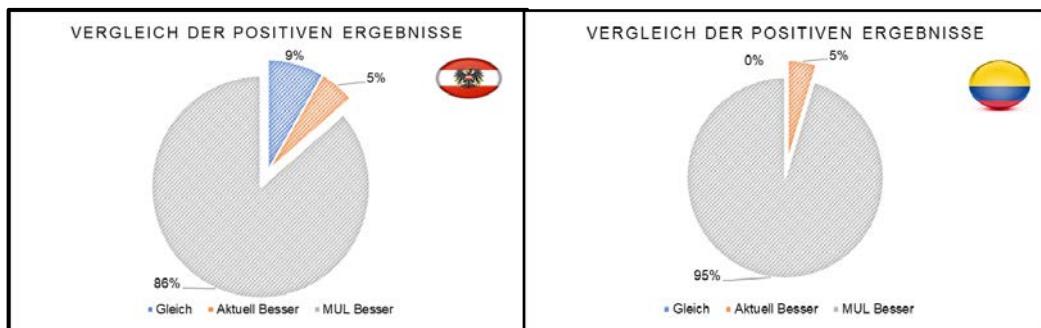
- Ergebnis → [Richtigen Antworten]
- Zeit → [Minuten für Richtigen Antworten]
- Wirkungsgrad → [Richtigen Antworten pro Stunden]

Bei der Analyse der Unterschiede nach Bildungsniveau und Geschlecht in [Tabelle 22](#) wird deutlich, dass beim Vergleich der Mittelwerte aller Indikatoren eine signifikante Verbesserung im zweiten Test erzielt wurde. Die Betrachtung der Deltawerte zeigt, dass immer ein positiver Wert erzielt wird, was eine Verbesserung in Test 2 bedeutet.

Es ist zu erkennen, dass die männlichen Teilnehmer mit Pflichtschulabschluss die besten Ergebnisse erzielten, mit einer Verbesserung von 5 richtigen Antworten zwischen den beiden Tests, einer Zeitersparnis von 3,14 Minuten pro richtige Antwort und einer Effizienzsteigerung von 13,25 richtigen Antworten pro Stunde.

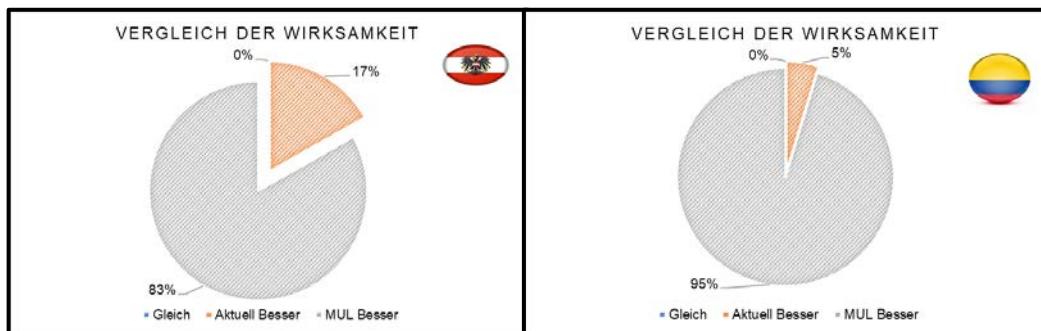
Die Frauen mit akademischem Lehreabschluss verbesserten sich zwischen den beiden Tests um 4,75 richtige Antworten. Bei den anderen Indikatoren zeigten sie jedoch keine signifikanten Veränderungen. Im Gegensatz dazu verbesserten sich die Frauen mit Hochschulabschluss zwischen den beiden Tests um 4,64 Aufgaben, reduzierten die benötigte Zeit pro richtige Antwort um 2,52 Minuten und verbesserten den Effizienzindikator um 14,3 richtige Aufgaben pro Stunde.

Die in [Tabelle 22](#) dargestellten Ergebnisse lassen nicht den Schluss zu, dass es einen signifikanten Unterschied oder eine Verzerrung der Testergebnisse in Bezug auf das akademische Niveau gibt. Es kann jedoch bestätigt werden, dass die Mehrheit der Personen, unabhängig von ihrem akademischen Niveau, im Durchschnitt in der Studie alle vorgeschlagenen Indikatoren verbessern konnte. Dies bestätigt, dass der MUL für alle Personengruppen von Nutzen ist.



*Abb. 41: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 und Test 2 für Österreicher und Kolumbianer.*

Bei der Auswertung der Unterschiede zwischen den Ländern ([Abb. 41](#)) zeigte sich, dass 86,32% der Österreicher bei Test 2 bessere Antworten gaben, während 95,24% der Kolumbianer einen signifikanten Unterschied auch in Test 2 bei der Einheitenumrechnung mit MUL aufwiesen.



*Abb. 42: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 und Test 2 für Österreicher und Kolumbianer.*

In der Effektivitätsanalyse ([Abb. 42](#)) wurde eine Verbesserung bei allen Teilnehmern festgestellt, da 83,16% der Österreicher und 95,24% der Kolumbianer ihre Fähigkeit, Einheiten umzurechnen, durch die Verwendung von MUL verbessert haben. Angesichts der Stichprobengröße, die in dieser Studie verwendet wurde, ist es wichtig zu beachten, dass die gewonnenen Schlussfolgerungen begrenzt sind und nicht auf die gesamte interessierende Population verallgemeinert werden können. Die Ergebnisse spiegeln nur die Merkmale und Beziehungen wider, die innerhalb der spezifischen Stichprobe dieser Studie beobachtet wurden.

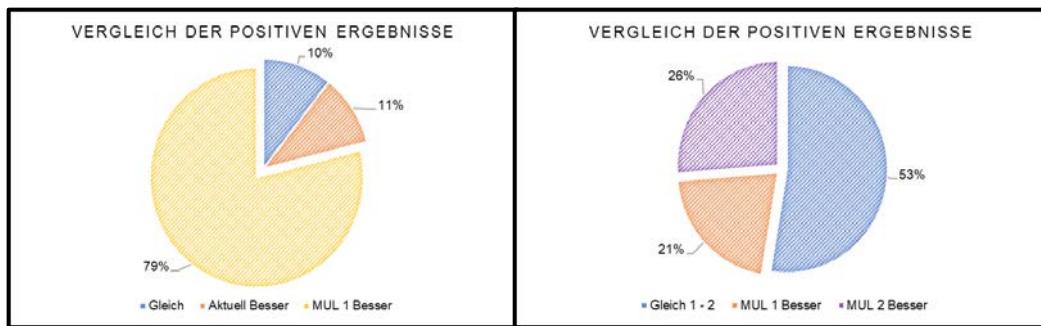
Auf der Grundlage aller oben dargestellten Ergebnisse kann der Schluss gezogen werden, dass die Hypothese H1 nicht abgelehnt wird, was uns auch erlaubt zu zeigen, dass MUL für diese Stichprobe ein nützliches Instrument zur Umrechnung von SI-Maßeinheiten war und dass es keine signifikante Verzerrung zwischen den Ergebnissen der beiden Länder gibt.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die oben durchgeföhrten Vergleiche den Tests 1 und 2 entsprachen, deren einziger Unterschied in der Verwendung von MUL bestand, erhielten die Teilnehmer eine kurze, 5-10 Minuten dauernde Erklärung zur Verwendung von MUL ([Anhang B, S. 117](#)) und führten nur drei Übungen zur Einheitenumrechnung (eine lineare, eine Flächen- und eine Volumenumrechnung) mit dem Tool durch. Es wurden keine ausreichenden Beweise gefunden, um H2 zu widerlegen, d.h. dass das Erlernen der Verwendung von MUL nicht viel Zeit in Anspruch nimmt und dass die Teilnehmer mit dieser kurzen Erklärung eine signifikante Verbesserung ihrer Ergebnisse erzielten.

Um H3 zu bestätigen oder zu verwerfen, ist eine detaillierte Analyse der Informationen aus dem erweiterten Test erforderlich.

**H3:** Wenn eine umfangreiche Schulung und praktische Übung in der Verwendung von MUL zur Umrechnung von Maßeinheiten bereitgestellt wird, dann zeigen die Benutzer eine Verbesserung in der Genauigkeit und Wirkungsgrad der Umrechnung.

Beim Betrachten der Ergebnisse in [Abb. 19](#), [Abb. 20](#) und [Abb. 21](#) wird deutlich, dass sich die Anzahl der richtig ausgeführten Übungen pro Teilnehmer bei jedem Test verbessert hat. Diese Information kann durch eine vergleichende Analyse der Testergebnisse bestätigt werden.



*Abb. 43: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 (Aktuell), Test 2 (MUL 1) und Test 3 (MUL 2) für Österreicher und Kolumbianer.*

Der Vergleich in [Abb. 43](#) zeigt, dass die Verbesserung zwischen dem Ist-Zustand (Test 1) und der ersten Übung mit MUL (Test 2) einen signifikanten Unterschied aufweist. In diesem Fall konnte bei 78,95% der Personen eine Verbesserung festgestellt werden. Beim Vergleich zwischen der ersten Übung mit MUL (Test 2) und der zweiten Übung (Test 3) fällt auf, dass der Unterschied nicht so signifikant ist. Nur 26,32% haben eine Verbesserung erzielt. Wichtig ist jedoch, dass 52,63% der Personen die Anzahl der richtigen Aufgaben in beiden Tests konstant halten konnten.

Der Vergleich der aktuellen Leistung (Test 1) der Teilnehmer mit der Leistung bei der ersten Übung mit MUL (Test 2) zeigt ein deutliches Ergebnis: 89,47% der Teilnehmer konnten die Einheiten schneller und präziser umrechnen ([Abb. 44](#)). 57,89% der Teilnehmer konnten ihre Leistung beim Vergleich der ersten (Test 2) und zweiten Übung (Test 3) mit MUL verbessern, entweder durch schnellere oder durch mehr richtige Antworten.

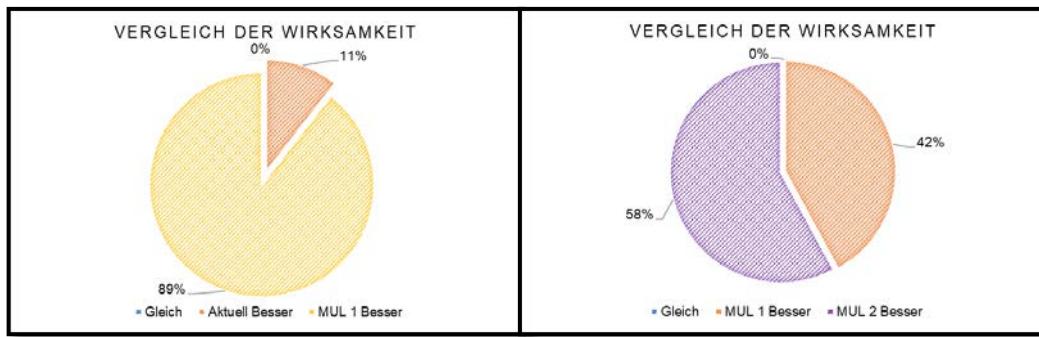


Abb. 44: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 (Aktuell), Test 2 (MUL 1) und Test 3 (MUL 2) für Österreicher und Kolumbianer.

Auf der Grundlage der obigen Informationen gibt es keine ausreichenden Beweise, um H3 zurückzuweisen. Es kann daher geschlussfolgert werden, dass mehr Übung mit MUL sowohl die Effizienz als auch die Sicherheit bei der Umrechnung von SI-Einheiten verbessert. Dieses Ergebnis unterstützt das Konzept "Übung macht den Meister" (anonym). Es ist offensichtlich, dass die wiederholte Verwendung von MUL beim Lösen von Aufgaben einen kontinuierlichen Lernprozess fördert und die Gedächtniskurve des Einzelnen stärkt (Frick-Salzmann, 2017). Es kann also festgestellt werden, dass das kontinuierliche Üben mit diesem Werkzeug zu einer besseren Beherrschung der Aufgaben führt, die mit seiner Verwendung und somit mit der Umrechnung von SI-Einheiten verbunden sind.

Anhand der Informationen aus der Literaturrecherche und den beiden Interviews mit Experten aus dem Bereich der Naturwissenschaften wird versucht, die folgende Hypothese zu bestätigen oder zu verwerfen.

**H4:** Wenn Benutzer Schwierigkeiten haben, die Struktur des metrischen Systems zu verstehen, die richtigen Einheiten für die Konvertierung zu identifizieren, die richtigen Konversionsfaktoren auszuwählen und grundlegende mathematische Fähigkeiten bei der Durchführung von Einheitenumrechnungen fehlen, könnte MUL eine effektive Lösung sein, um diese Defizite zu beheben.

Wie bereits erwähnt, weisen Literaturquellen (Dincer & Osmanoglu, 2018), (Hallagan, 2013), (Lübbert, 2017) und (Lassnitzer & Gaidoschik, 2019) auf Schwierigkeiten hin, die sowohl Jugendliche als auch Erwachsene bei der Umrechnung zwischen SI- und Imperial-Einheiten bzw. zwischen diesen Einheiten haben. Einer der häufigsten Fehler ist die Unkenntnis des Umrechnungsfaktors, was zu Fehlern in verschiedenen technischen Projekten geführt hat.

Andererseits wiesen die beiden Experten daraufhin, dass einige Schüler Schwierigkeiten haben, die Dimension der Einheiten zu verstehen, was sowohl das Erlernen der Beziehungen zwischen den Einheiten als auch das Lösen der Aufgaben erschwert. Diese Schwierigkeit wurde auch in der Umfrage deutlich hervorgehoben. Hypothetisch könnte dies ein Grund dafür sein, dass die Befragten nicht in der Lage waren, die Einheiten korrekt umzurechnen, obwohl sie an einem bestimmten Punkt ihrer Ausbildung Mathematik und Physik zu belegen hatten.

Zusammenfassend zeigen die oben dargestellten Ergebnisse, dass die Teilnehmer durch die Verwendung von MUL sowohl ihre Ergebnisse als auch ihre Effizienz bei der Einheitenumrechnung verbessern konnten. Daher gibt es keine ausreichenden Beweise, um H4 zu verwerfen. Da die Stichprobe nicht groß genug ist, um Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zu ziehen, kann die Hypothese aufgestellt werden, dass MUL ein wirksames Mittel sein könnte, um Schwächen beim Verständnis der Struktur des metrischen Systems, bei der Identifizierung geeigneter Einheiten für die Umrechnung, bei der Auswahl der richtigen Umrechnungsfaktoren und bei den grundlegenden mathematischen Fertigkeiten für die Umrechnung von SI-Einheiten zu beheben.

## 6.2 Fazit der Masterarbeit

Da das Hauptziel dieses Dokuments die Beantwortung der gestellten Forschungsfrage ist, werden im folgenden Abschnitt die Ergebnisse in Bezug auf die Forschungsfrage zusammengefasst und diskutiert.

*Welche spezifischen Vorteile können bei der Umrechnung von Maßeinheiten beobachtet werden, wenn MUL im Vergleich zur traditionellen Methode verwendet wird, und wie können diese Vorteile quantifiziert oder qualifiziert werden?*

Für die Entwicklung der Meisterarbeit war es unerlässlich, eine Methode zur Messung der Fähigkeiten und Fertigkeiten der Teilnehmer zu entwickeln. Daher wurde ein Test entwickelt, bei dem die Teilnehmer ihr Wissen, ihr Gedächtnis und ihre mathematischen Fähigkeiten einsetzen mussten, um das Problem der Einheitenumrechnung spontan, d.h. ohne vorherige Vorbereitung, zu lösen.

Anschließend wurde ein zweiter Test durchgeführt, bei dem derselbe Teilnehmer nach einer kurzen Erläuterung der Funktionsweise von MUL dieses Tool zur Lösung ähnlicher Aufgaben verwenden sollte. Durch den Vergleich der Ergebnisse der beiden Tests war es möglich, die oben genannten Fähigkeiten der Teilnehmer zu bewerten.

Um diese Fähigkeiten zu quantifizieren, war es notwendig, numerische Indikatoren wie "Prozentsatz richtiger Antworten", "durchschnittliche Zeit pro richtig beantwortete Frage" und "Effizienz" zu entwickeln, die es ermöglichen, Werte zu erhalten, die die Fähigkeiten sowohl der Teilnehmer mit als auch der Teilnehmer ohne MUL repräsentieren.

Sobald die Hypothesen bestätigt oder widerlegt sind, werden diese Ergebnisse als Grundlage für die Bewertung des Nutzens dienen, den MUL dem Anwender bieten kann.

In Bezug auf Hypothese H1, für die es nicht genügend Beweise gab, um sie zu verwerfen, wurde festgestellt, dass die Teilnehmer durch die Verwendung von MUL in der Lage waren, ihre Antworten signifikant zu verbessern. 87,93% der Stichprobe übertrafen die Anzahl der richtigen Antworten in Test 1, bei dem MUL nicht verwendet wurde, sondern nur die traditionelle Methode. Darüber hinaus waren 85,34% der Stichprobe effizienter, d. h. sie konnten die Aufgaben mit MUL schneller und/oder genauer lösen als mit der traditionellen Methode. Diese Ergebnisse waren in allen analysierten Gruppensegmenten wie Geschlecht,

Bildungsniveau und Nationalität ähnlich, was darauf hindeutet, dass es keine signifikanten Unterschiede in den Erhebungsdaten aufgrund dieser Variablen gibt.

Daraus kann geschlossen werden, dass diese Verbesserungen als Vorteil für denjenigen angesehen werden können, der MUL zur Umrechnung von SI-Einheiten verwendet.

Ein weiterer bemerkenswerter Vorteil ist die leichte Erlernbarkeit der Anwendung von MUL. Die Ergebnisse der Analyse, die zur Beantwortung von H2 durchgeführt wurde und für die es ebenfalls keine ausreichenden Beweise gab, um sie zu verwerfen, deuten darauf hin, dass eine Person innerhalb von 5 bis 10 Minuten in der Lage sein kann, SI-Einheitenumrechnungen mit MUL durchzuführen. Im Gegensatz dazu benötigt die traditionelle Methode mehr Zeit, um alle für die Durchführung von Einheitenumrechnungen erforderlichen Fähigkeiten zu erlernen. Diese leichte Erlernbarkeit von MUL stellt einen erheblichen Vorteil für die Anwender dar.

Angesichts der begrenzten Stichprobengröße ist es nicht möglich, diese Ergebnisse auf die gesamte Bevölkerung zu verallgemeinern. Dennoch ist es von Bedeutung anzumerken, dass die Vorteile der MUL möglicherweise von vielen Menschen genutzt werden könnten. Diese Resultate stellen eine solide Basis dar, um die potenzielle Nützlichkeit und Effektivität der MUL als wertvolles Instrument zur Umrechnung von SI-Einheiten für eine breite Palette von Individuen in Erwägung zu ziehen.

Zusammenfassend wurde untersucht, ob MUL den Prozess der Umrechnung von Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI) verbessert. Es wurde ein Fragebogen entwickelt, bei dem die Teilnehmer in einem ersten Test ohne Vorbereitung und in einem zweiten Test mit Hilfe von MUL Einheiten umrechnen mussten. In beiden Fällen wurden numerische Indikatoren verwendet, um die Fähigkeiten der Teilnehmer zu messen. Das Ergebnis war, dass MUL deutliche Vorteile bei der Umrechnung von Einheiten bietet. 88% der Teilnehmer erzielten mehr richtige Antworten und 85% zeigten eine höhere Effizienz bei der Verwendung von MUL im Vergleich zur traditionellen Methode. Diese Verbesserungen wurden in verschiedenen Segmenten der untersuchten Gruppe

beobachtet, wie z.B. Geschlecht, Bildungsniveau und Nationalität, was darauf hindeutet, dass MUL für eine breite Gruppe von Menschen von Vorteil ist.

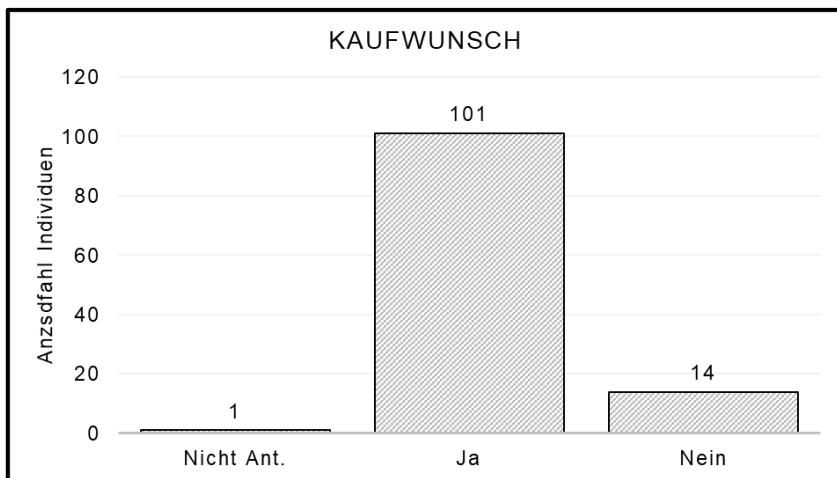
Darüber hinaus wird die leichte Erlernbarkeit von MUL hervorgehoben. Die Teilnehmer waren in der Lage, das Werkzeug in einer kurzen Zeit von 5 bis 10 Minuten zu erlernen, während die traditionelle Methode mehr Zeit erfordert, um die erforderlichen Fähigkeiten zu beherrschen. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass MUL ein Werkzeug zur Verbesserung der Umrechnung von SI-Einheiten sein kann.

## 6.3 Ausblick

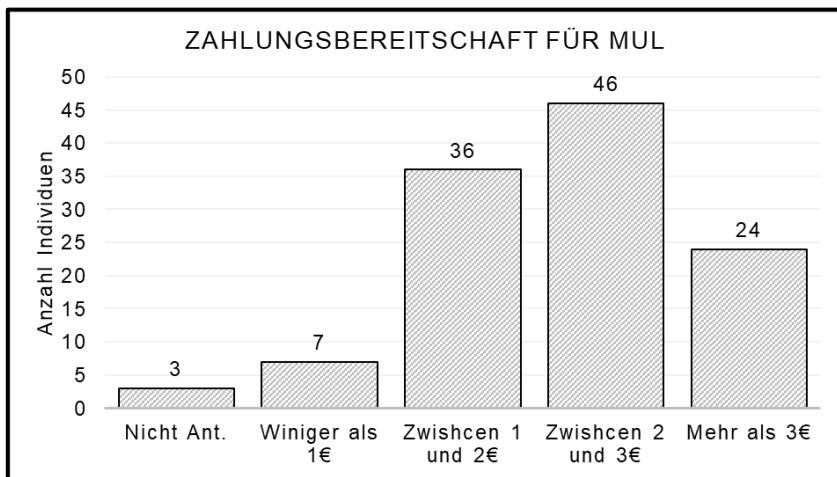
Im Rahmen der Befragung wurden weitere Daten erhoben, die nicht direkt mit der Forschungsfrage in Zusammenhang stehen, aber letztlich interessante Informationen lieferten und einen Mehrwert für die Arbeit und die MUL darstellen. Im [Anhang D, \(S. 119\)](#) finden sich die gestellten Fragen und im Folgenden werden die erhaltenen Informationen als weitere Anhaltspunkte für die Akzeptanz der MUL bei den Individuen dargestellt.

Wie in [Abb. 45](#) zu sehen ist, konnten 87,07% der Teilnehmer einen Nutzen in dem Produkt erkennen, was darauf hindeutet, dass sie bereit wären, es zu kaufen, wenn es auf den Markt käme.

Wie in [Abb. 46](#) dargestellt, wären 31,03% bereit, für MUL in der im Test vorgestellten Qualität einen Wert zwischen 1 und 2 € zu bezahlen. 39,66% wären bereit, einen Wert zwischen 2 und 3 € zu bezahlen und 20,69% wären bereit, mehr als 3 € für das Produkt zu bezahlen. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Verbesserung der Produktqualität die Zahlungsbereitschaft steigen würde.



*Abb. 45: Kaufinteresse an MUL.*

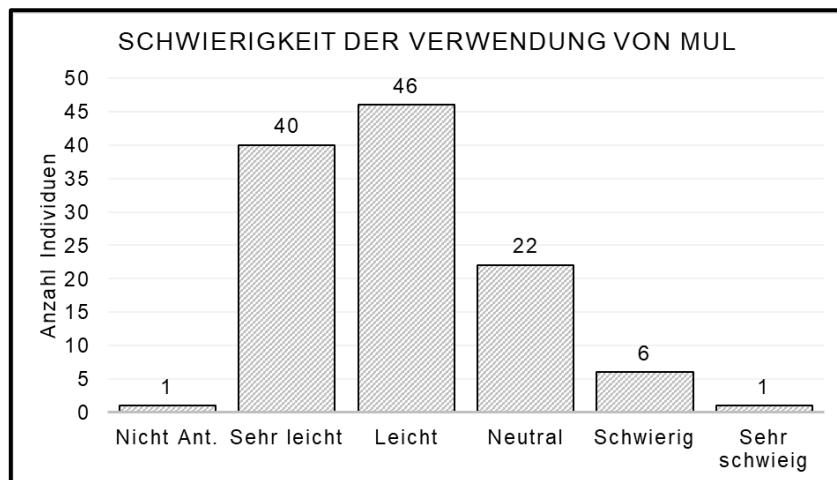


*Abb. 46: Zahlungsbereitschaft für MUL.*

Bewertung der Schwierigkeit, die MUL zu benutzen. [Abb. 47](#) zeigt, dass 74,14% der Befragten die Bedienung des MUL als sehr leicht oder leicht empfinden. Dieses Ergebnis wird durch die anderen Ergebnisse bestätigt, da die meisten Teilnehmer der Stichprobe die Funktionsweise der MUL mit einer kurzen Erklärung verstanden und auch ihre Testergebnisse verbessert haben.

Die Studie und die durchgeführten Analysen lassen den Schluss zu, dass die Ergebnisse einigen Einschränkungen unterliegen. Die Stichprobengröße reicht nicht aus, um verallgemeinerbare Schlussfolgerungen für die gesamte

interessierende Population zu ziehen. Die Ergebnisse spiegeln nur die Merkmale und Beziehungen wider, die innerhalb der in dieser Studie verwendeten spezifischen Stichprobe beobachtet wurden. Um fundiertere und repräsentativere Schlussfolgerungen für die Grundgesamtheit ziehen zu können, wären zukünftige Studien mit größeren und repräsentativeren Stichproben erforderlich.



*Abb. 47: Schwierigkeiten bei der Verwendung der MUL.*

Es ist zu bedenken, dass die Durchführung einer solchen Studie einen beträchtlichen Aufwand an Zeit, Mitteln und Personal erfordert. Im Fall dieser Arbeit standen keine dieser Ressourcen zur Verfügung, und es war schwierig, eine große Anzahl von Proben zu erhalten. Im Hinblick auf zukünftige Forschungsarbeiten wird vorgeschlagen, einen detaillierten Arbeitsplan zu erstellen und entsprechende Zeitressourcen zur Verfügung zu stellen, um die notwendigen Anforderungen zu erfüllen.

Aufgrund der für den Zugang zu den Jugendlichen erforderlichen Verfahren und der begrenzten Zeit, die für die Erstellung dieser Masterarbeit zur Verfügung stand, war es nicht möglich, alle Anforderungen zu erfüllen, um diese Gruppe in die Stichprobe einzubeziehen. Es wird daher empfohlen, die Studie im schulischen Umfeld fortzusetzen, um die Jugendlichen mit dem Produkt vertraut zu machen, und mit der Direktvermarktung in der Praxis zu beginnen, damit die teilnehmenden

Jugendlichen die Vorteile, die das Produkt ihnen als Studenten bietet, erfahren können.

Wie bereits erwähnt, ist die Ansprache von Jugendlichen nicht die einzige Möglichkeit, MUL zu vermarkten. Eine positive Marktreaktion kann auch erreicht werden, indem Eltern oder Erwachsene dazu gebracht werden, die Vorteile zu erkennen, die dieses Werkzeug dem Benutzer bietet. Eine wirksame Strategie könnte darin bestehen, MUL auf dem Werkzeugmarkt einzuführen, wo technische Mitarbeiter es verwenden können und so das Wissen über die Vorteile von MUL an ihre Kinder oder Jugendlichen in ihrem Umfeld weitergeben.

Da die Ergebnisse jedoch nicht ausreichen, um die Hypothesen zu verwerfen und die Forschungsfrage abschließend zu beantworten, kann geschlussfolgert werden, dass ein potenzieller Markt für MUL vorhanden ist. Es wird daher empfohlen, weiter an der Entwicklung des Produktes zu arbeiten. Im Folgenden werden einige Ideen zur weiteren Verbesserung und Konsolidierung am Markt vorgestellt.

Ziel ist es, die Registrierung des Designs und der Marke für das Produkt abzuschließen, um einen angemessenen gewerblichen Schutz zu gewährleisten. Dies wird die Gründung eines Unternehmens ermöglichen, das die Vermarktung und den Verkauf des Produkts fortführt, oder alternativ die Möglichkeit des Verkaufs der Idee an ein Unternehmen, das bereits auf dem Markt für Schulbedarf tätig ist, prüfen. Auf diese Weise soll die Lebensfähigkeit und Nachhaltigkeit von MUL auf dem Markt sichergestellt werden.

Es ist wichtig, eine Website zu entwickeln, auf der die Käufer des Produkts Zugang zu einem pädagogischen Handbuch haben, das ihnen ermöglicht, die MUL effektiv zu nutzen. Darüber hinaus wird technische Unterstützung angeboten, um alle Fragen und Probleme im Zusammenhang mit dem MUL zu lösen. Die Website wird auch einen Direktverkauf anbieten, um den Erwerb des Produkts zu erleichtern, und es wird die Möglichkeit in Betracht gezogen, neue MUL-Designs oder andere in der Zukunft entwickelte Produkte zu vermarkten. Auf diese Weise soll den Nutzern und potentiellen Käufern von MUL eine umfassende und zufriedenstellende Erfahrung geboten werden.

Wird MUL als Problemlöser und Optimierer bei der Lösung von Problemen mit Einheitenumrechnungen innerhalb der SI-Skalen betrachtet, so hat sich gezeigt,

dass das Werkzeug die kognitive Belastung bei der Durchführung solcher Umrechnungen reduziert. Dies ermöglicht es dem Benutzer, sich mehr auf den Problemlösungsprozess zu konzentrieren und effizientere Ergebnisse zu erzielen.

Es wird empfohlen, in wissenschaftlichen Fachzeitschriften nach Veröffentlichungen zu suchen, die sich mit den Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Einheiten befassen und wie die MUL diese Schwierigkeiten verringern kann. Auf diese Weise können Informationen an das "Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)", die 1875 gegründete internationale Organisation zur Festlegung metrischer Konventionen, oder an die (CGPM) weitergeleitet werden, damit die MUL als nützliches Instrument zum Erlernen und Üben der Umrechnung von SI-Einheiten angesehen werden kann.

Für die Herstellung des Produkts ist es notwendig, Zeit in die Suche nach geeigneten Materialien und Lieferanten zu investieren, um eine optimale Produktion zu gewährleisten. Zu Beginn des Prozesses kann eine Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen in Betracht gezogen werden, um das Produkt in kleinem Maßstab herzustellen und mit der Vermarktung des MUL zu beginnen. Wenn der Markt wächst, kann die Gründung eines eigenen Unternehmens für die Massenproduktion des Werkzeugs oder zukünftiger Produkte des Unternehmens in Betracht gezogen werden.

Letztendlich wird der Erfolg der MUL nicht nur von ihrer Funktionalität und ihrem nachgewiesenen Nutzen abhängen, sondern auch von der richtigen Planung und Umsetzung in allen Phasen des Prozesses, von der Produktion bis hin zu Marketing und Werbung. Es wird empfohlen, die Theorien des Lean Thinking und des Design Thinking weiterhin anzuwenden, um einen soliden Ansatz und eine gut durchdachte Strategie zu entwickeln und so das Potenzial der MUL zu maximieren, ein profitables Instrument auf dem Markt und eine effiziente Lösung für diejenigen zu werden, die mit den Herausforderungen der Einheitenumrechnung konfrontiert sind.

## 7 Literaturverzeichnis

### 7.1 Referenzierte Bücher

- Ali, A., Kodera, Y., Kusaka, T., Uehara, S., Nogami, Y. & Morelos-Zaragoza, R. (2019). Multi-Value Sequence Generated over Sub Extension Field and Its Properties. *Journal of information security*, 10(03), 130–154. <https://doi.org/10.4236/jis.2019.103008>
- Bauer, P. J. & Fivush, R. (2013). *The Wiley Handbook on the Development of Children's Memory*. John Wiley & Sons.
- Beatty, P. C., Collins, D., Kaye, L., Padilla, J., Willis, G. B. & Wilmot, A. (2019). *Advances in Questionnaire Design, Development, Evaluation and Testing*. John Wiley & Sons.
- Bruhn, M. (2019). *Marketing: Grundlagen für Studium und Praxis*. Springer-Verlag.
- Débarbat, S., & Quinn, T. J. (2019). Les origines du système métrique en France et la Convention du mètre de 1875, qui a ouvert la voie au Système international d'unités et à sa révision de 2018. *Comptes Rendus Physique*. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2018.12.002>
- Dinçer, E. O., & Octangle, A. (2018). *Dealing with Metric Unit Conversion: An Examination of Prospective Science Teachers' Knowledge of and Difficulties with Conversion*. *Science Education International*, 29(3), 174–182. <https://doi.org/10.33828/sei.v29.i3.5>
- Frick-Salzmann, A. (2017b). *Gedächtnis: Erinnern und Vergessen: Ein Blick ins Gehirn für Bildungs-, Gesundheits- und Sozialexperten*. Springer.
- Glück, M. (2022). *Agile Innovation: Mit neuem Schwung zum Erfolg*. Springer Vieweg.
- Hahnl, W. (2015). *Praktische Methoden des Erfindens: Kreativität und Patentschutz*. Springer-Verlag.
- Harris, D. C. (2014). *Lehrbuch der quantitativen Analyse*. Springer-Verlag.

- Lieury, A. (2012). *Ein Gedächtnis wie ein Elefant?: Tipps und Tricks gegen das Vergessen*. Springer-Verlag.
- Pepels, W. (2016). *Produktmanagement: A. Neue Produkte am Markt einführen - B. Marken erfolgreich managen - C. Produktprogramme planen und kontrollieren - D. Strukturen und Prozesse implementieren* (Johannes Kepler Universitaet Linz, Hrsg.). Duncker & Humblot · Berlin.
- Pöchtrager, S., & Wagner, W. (2018). *Von der Idee zum Businessplan: Geschäftsideen in der Agrar- und Ernährungswirtschaft erfolgreich umsetzen mit Beispielen aus Österreich*. Springer Gabler.
- Puhani, J. (2020). Statistik: Einführung mit praktischen Beispielen. Springer-Verlag.
- Rinner, S. (2017). Physik für Wirtschaftsingenieure. Springer-Verlag.
- Saris, W., & Gallhofer, I. (2014). *Design, Evaluation, and Analysis of Questionnaires for Survey Research, 2nd Edition*.
- Schallmo, D. R., & Lang, K. (2020). *Design Thinking erfolgreich anwenden: So entwickeln Sie in 7 Phasen kundenorientierte Produkte und Dienstleistungen*. Springer Gabler.
- Schröder, B. (2014). *Einheiten und Symbole für Ingenieure: Ein Überblick*. Springer-Verlag.
- Schuh, G. (2013). Lean Innovation. Springer-Verlag.
- Schulte, R. (2008). *Patentgesetz mit Europäischem Patentübereinkommen: Kommentar auf der Grundlage der deutschen und europäischen Rechtsprechung*. In Heymann
- Triola, M. F. & Lossi, L. (2018). *Estadística*.

## 7.2 Nicht referenzierte Bücher

Bertagnolli, F. (2020). *Lean Management: Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie*. Springer-Verlag.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Erne, R. (2019). *Lean Project Management – Wie man den Lean-Gedanken im Masterthesimanagement einsetzen kann*. Springer-Verlag.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Gochermann, J. (2019). *Technologiemanagement: Technologien erkennen, bewerten und erfolgreich einsetzen*. Springer-Verlag.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Kreutzer, R. T. (2018). *Toolbox für Marketing und Management: Kreativkonzepte – Analysewerkzeuge – Prognoseinstrumente*. Springer-Verlag.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Nickenig, K. (2018). *Grundkurs Kosten- und Leistungsrechnung: Schneller Einstieg in die unternehmerische Kalkulation*. Springer-Verlag.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Olsen, D. (2015). *The Lean Product Playbook: How to Innovate with Minimum Viable Products and Rapid Customer Feedback*. John Wiley & Sons.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Regber, H., & Zimmermann, K. (2013). *Changemanagement in der Produktion: Prozesse effizient verbessern im Team*. MI Wirtschaftsbuch.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Santos, J., Wysk, R. A., & Torres, J. M. (2015). *Improving Production with Lean Thinking*. John Wiley & Sons.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Strebel, H. (2007). *Innovations- und Technologiemanagement* (2nd ed.).  
[HerausgeberIn] Gelbmann, Ulrike, 1969-. Wien: Facultas.WUV.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Thürer, M., Stevenson, M., & Protzman, C. W. (2016). *Kartenbasierte Steuerungssysteme für eine schlanke Arbeitsgestaltung: Grundwissen Kanban, ConWIP, POLCA und COBACABANA*. Springer-Verlag.

Der Text wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

## 7.3 Referenzierte Internetquellen

- Avila, Y. (2021, November 19). *¿Cómo afecta el uso de internet la memoria de los niños? | El Estímulo | El Estímulo. El Estímulo.* Abrufen 03.2023 von <https://elestimulo.com/salud-el-estimulo/2021-11-19/como-afecta-el-uso-de-internet-la-memoria-de-los-ninos/>
- Hallagan, J. E. (2013). *Preservice Mathematics Teachers' Solutions to Problems: Conversions within the Metric System.* DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals). Abrufen 03.2023 von <https://doaj.org/article/c55bb1ae4d6440ff89fd39651280e52a>
- Lassnitzer, E. und Gaidoschik, M. (2019). *Größen: Messen – Schätzen – Umwandeln – Das Recheninstitut zur Förderung mathematischen Denkens.* Abrufen 03.2023 von <http://www.recheninstitut.at/mathematische-lernschwierigkeiten/fordertips/umwandeln-von-maseinheiten/>
- ZUFALLSZAHL (Funktion) - Microsoft-Support. (n.d.). Abrufen 03.2023 von <https://support.microsoft.com/de-de/office/zufallszahl-funktion-4cbfa695-8869-4788-8d90-021ea9f5be73>

## 7.4 Nicht referenzierte Internetquellen

D. (n.d.). *Visual Basic docs - get started, tutorials, reference*. Microsoft Learn.

<https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/visual-basic/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Lean Masterthesi Management, *Teil 2: Die 5 Prinzipien des Lean Thinking*. (2022,

January 11). Masterthesie Leicht Gemacht. Abrufen 11.2022 von

<https://Masterthesie-leicht-gemacht.de/blog/Masterthesimanagement/lean-Masterthesi-management-teil-2-die-5-prinzipien-des-lean-thinking/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Lean Enterprise Institute. (2023, January 27). *What is Lean? | Lean Thinking - Lean*

*Enterprise Institute*. Abrufen 03.2023 von <https://www.lean.org/explore-lean/what-is-lean/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Khan, M. (2017, August 16). *MCO: Missionsverlust durch falsche Einheiten? » Go*

*for Launch » SciLogs - Wissenschaftsblogs*. Go For Launch. Abrufen

03.2023 von <https://scilogs.spektrum.de/go-for-launch/mco-missionsverlust-durch-falsche-einheiten/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Microsoft. (n.d.). STABW.S (*Funktion*) - Microsoft-Support. Abrufen 10.2022 von

<https://support.microsoft.com/de-de/office/stabw-s-funktion-7d69cf97-0c1f-4acf-be27-f3e83904cc23?ns=excel>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

NORMAS APA SOBRE MATERIAL ESTADISTICO Y MATEMATICO. (o. D.).

<https://www.um.es/analesps/apaestad/index.html#24>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

PhotoRoom. (n.d.). *Bildhintergründe kostenlos entfernen*. Abrufen 11.2022 von

<https://www.photoroom.com/hintergrund-entfernen/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Radford, L & André, M. (2009). *Cerebro, cognición y matemáticas*. Abrufen

03.2023 von [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-24362009000200004&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-24362009000200004&script=sci_arttext)

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

*Rnd function (Visual Basic for Applications)*. (2022, March 30). Microsoft Learn.

Abrufen 12.2022 von <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/language/reference/user-interface-help/rnd-function>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

Scribbr. (2021, November 22). *APA Citation Generator (Free) | Verified by Experts*.

<https://www.scribbr.com/apa-citation-generator/new/webpage/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

*Texto - Ascii Converter / Translator: ascii a texto, texto a ascii | RAKKOTOOLS* .

(n.d.). ラッコツールズ. <https://es.rakko.tools/tools/76/>

Die Webseite wurde konsultiert, aber nicht referenziert.

## **8 Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Längenmaßeinheiten.....	48
Tabelle 2: Flächenmaßeinheiten.....	48
Tabelle 3: Volumenmaßeinheiten .....	48
Tabelle 4: Maßeinheiten Umwandlungssatz.....	50
Tabelle 5: Berechnungen des Stichprobenumfangs.....	54
Tabelle 6: Gruppierung nach Bildungsniveau Gesamte Stichprobe .....	55
Tabelle 7: Gruppierung nach Bildungsniveau Österreich Stichprobe.....	56
Tabelle 8: Gruppierung nach Bildungsniveau in der Umfrage Erweiterung.....	57
Tabelle 9: Gruppierung nach Bildungsniveau Kolumbien Stichprobe .....	58
Tabelle 10: der Ergebnisse von Test 1 der Männern und Frauen .....	64
Tabelle 11: Der Ergebnisse nach akademischem Niveau Test 1 von Männern und Frauen .....	65
Tabelle 12: Der Ergebnisse Test 1 von Männern und Frauen .....	69
Tabelle 13: Der Ergebnisse nach akademischem Niveau Test 2 von Männern und Frauen .....	70
Tabelle 14: Der Ergebnisse von Test 1 in Österreich von Männern und Frauen ..	75
Tabelle 15: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 1 von Männern und Frauen in Österreichsichprobe.....	76
Tabelle 16: Der Ergebnisse von Test 2 in Österreich bei Männern und Frauen ..	78
Tabelle 17: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 2 von Männern und Frauen in Österreichsichprobe.....	79
Tabelle 18: Ergebnissen von Test 1 in Kolumbien bei Männern und Frauen ....	81
Tabelle 19: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 1 von Männern und Frauen in Kolumbiensichprobe. ....	82
Tabelle 20: Ergebnisse von Test 2 in Kolumbien bei Männern und Frauen .....	84
Tabelle 21: Ergebnissen nach akademischem Niveau Test 2 von Männern und Frauen in Kolumbiensichprobe. ....	85
Tabelle 22: Vergleich der Indikatoren zwischen Test 1 und Test 2 für das Bildungsniveau und für Männer und Frauen .....	90

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: 150cm Maßband, Schneiderei Messband. <a href="https://www.kaufland.de/product/345995623">https://www.kaufland.de/product/345995623</a> .....	19
Abb. 2: Beispiele für Skalen zur Einheitenumrechnung .....	20
Abb. 3: <i>Techniken der Phase Prototypen testen (Schallmo &amp; Lang, 2020, S. 110)</i> .....	33
Abb. 4: Skizze Prototyp MUL V00.....	44
Abb. 5: Skizze Prototyp MUL V01 .....	45
Abb. 6: Skizze Aktueller Stand Prototyp MUL V02 .....	45
Abb. 7: MUL mit 778,576 Meter [m] .....	46
3. Abb. 8: MUL mit 0,778576 Kilometer [km].....	47
Abb. 9: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 .....	62
Abb. 10: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1. ....	62
Abb. 11: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 von Männern und Frauen .....	63
Abb. 12: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1 von Männern und Frauen . .....	64
Abb. 13: <i>Vergleich der Ergebnisse in Test 1 zwischen Männern und Frauen ...</i>	65
Abb. 14: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 mit MUL. ....	66
Abb. 15: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 mit MUL. ....	67
Abb. 16: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 von Männern und Frauen .....	67
Abb. 17: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 von Männern und Frauen . .....	68
Abb. 18: <i>Vergleich der Ergebnisse in Test 1 zwischen Männern und Frauen ...</i>	69
Abb. 19: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.....	71
Abb. 20: Histogramm der richtigen Antworten mit MUL in Test 2 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.....	71
Abb. 21: Histogramm der richtigen Antworten mit MUL in Test 3 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.....	72
Abb. 22: Histogramm der Wirkungsgrades in Test 1 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.....	72

Abb. 23: Histogramm der Wirkungsgrades mit MUL in Test 2 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.....	73
Abb. 24: Histogramm der Wirkungsgrades mit MUL in Test 3 der Erweiterung von 19 Teilnehmern.....	73
Abb. 25: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 in Österreichsichprobe.	74
Abb. 26: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1 der österreichischen Stichprobe. ....	75
<i>Abb. 27: Vergleich der Ergebnisse in Test 1 in Österreich zwischen Männern und Frauen .</i>	76
Abb. 28: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 in Österreichsichprobe.	77
Abb. 29: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 in Österreichsichprobe. ....	77
<i>Abb. 30: Vergleich der Ergebnisse in Test 2 in Österreich zwischen Männern und Frauen .</i>	78
Abb. 31: Histogramm der richtigen Antworten in Test 1 in Kolumbiensichprobe.	80
Abb. 32: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 1 in Kolumbiensichprobe....	80
<i>Abb. 33: Vergleich der Ergebnisse in Test 1 in Kolumbien zwischen Männern und Frauen .</i>	81
Abb. 34: Histogramm der richtigen Antworten in Test 2 in Kolumbiensichprobe.	83
Abb. 35: Histogramm des Wirkungsgrades in Test 2 in Kolumbiensichprobe....	83
<i>Abb. 36: Vergleich der Ergebnisse in Test 2 in Kolumbien zwischen Männern und Frauen .</i>	84
Abb. 37: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 und Test 2. ....	86
Abb. 38: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 und Test 2. ....	87
Abb. 39: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 und Test 2 bei Männern und Frauen .	88
Abb. 40: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 und Test 2 bei Männern und Frauen .	89
Abb. 41: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 und Test 2 für Österreicher und Kolumbianer.	91
Abb. 42: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 und Test 2 für Österreicher und Kolumbianer.	91
Abb. 43: Vergleich der richtigen Antworten zwischen Test 1 (Aktuell), Test 2 (MUL 1) und Test 3 (MUL 2) für Österreicher und Kolumbianer.	93
Abb. 44: Wirksamkeitsvergleich zwischen Test 1 (Aktuell), Test 2 (MUL 1) und Test 3 (MUL 2)für Österreicher und Kolumbianer.....	94
Abb. 45: Kaufinteresse an MUL.	99
Abb. 46: Zahlungsbereitschaft für MUL.....	99

## 10 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BFI	Berufsförderungsinstitut Wien
BIPM	(Bureau International des Poids et Mesures) Internationales Büro für Maße und Gewichte
CGPM	(Conférence générale des poids et mesures) Generalkonferenz für Maße und Gewichte
d.h.	das heißt
et al.	et alii (und andere)
FH.	Fachhochschule
JKU	Johannes Kepler Universität Linz
Kein	In den Tabellen entspricht dies den Personen, die nicht angegeben haben, über welchen Bildungsabschluss sie verfügen.
MUL	Maßeinheitenumwandlung und Lineal
PDF	Portable Document Format, plattformunabhängiges Dateiformat
SI	Internationalen Einheitensystems
STD	Stunden
TUW	Technischen Universität Wien
UrhG	Urheberrechtsgesetz
z.B.	zum Beispiel

**Hinweis:** Abkürzungen der SI-Einheiten

In *Anhang F, S. 121* finden Sie die Abkürzungen der SI-Einheiten.

## **11 Anhänge**

Anhang A: Fragebögen, Seit 1 .....	116
Anhang B: Fragebögen, Seit 2 .....	117
Anhang C: Fragebögen, Seit 3 .....	118
Anhang D: Fragebögen, Seit 4 .....	119
Anhang E: Fragebögen, Seit 5 .....	120
Anhang F: Fragebögen, Seit 6 .....	121
Anhang G: Datenschutzerklärung .....	122
Anhang H: Gesprächsleitfaden .....	123
Anhang I: Liste der Interviewfragen .....	124
Anhang J: Plakate 1 über MUL .....	125
Anhang K: Plakate 2 über MUL .....	126

## **12 Anhänge in digitalen Medien**

Anhang in DM. A: Excel-Umfragegenerator auf Deutsch .....	127
Anhang in DM. B: Excel Verlängerte Umfragen Generator auf Deutsch .....	127
Anhang in DM. C: Excel-Umfragegenerator auf Spanisch .....	128
Anhang in DM. D: Excel-Tabelle mit den Ergebnissen der Umfrage .....	128
Anhang in DM. E: Zusammenfassung Experteninterview 1 .....	128
Anhang in DM. F: Zusammenfassung Experteninterview 2 .....	129

### **Hinweis:** Aktivieren von Makros

Um die vorherigen Excel-Dateien mit den in diesem Anhang enthaltenen Makros ordnungsgemäß zu gewährleisten, ist es erforderlich, die Makros zu aktivieren, bevor die Datei geöffnet wird. Im Folgenden sind die Schritte aufgeführt, um die Makros zu aktivieren:

- Beim Öffnen der Excel-Datei erscheint möglicherweise eine Sicherheitsbenachrichtigung oben auf dem Blatt. Diese Benachrichtigung zeigt an, dass die Datei Makros enthält, und fordert die Erlaubnis zur Aktivierung an. Klicke auf "Inhalt aktivieren" oder "Makros aktivieren", um fortzufahren.
- Falls die Sicherheitsbenachrichtigung nicht angezeigt wird, befolge diese Schritte:
  - Gehe zur Registerkarte "Datei" oben links im Excel-Fenster.
  - Wähle "Optionen" im Menü aus.
  - Wähle dann "Vertrauensstellungscenter" in der linken Seitenleiste.
  - Klicke auf "Vertrauensstellungscenter-Einstellungen" und wähle "Makroeinstellungen".
  - Aktiviere die Option "Alle Makros aktivieren" oder "Alle Makros aktivieren, außer denen von nicht vertrauenswürdigen Herausgebern", je nach deinen Vorlieben.
  - Bestätige die Änderungen, indem du auf "OK" klickst.

Wenn die Makros beim Öffnen des Dokuments nicht aktiv sind, wird das Programm nicht ausgeführt. Es wird daher empfohlen, das Dokument erneut zu öffnen, damit das Programm korrekt ausgeführt werden kann.

Anhang A: Fragebögen, Seit 1

Maßeinheitenumwandlung und Lineal

**MUL®**

A 2307090847 4343584125

Geschlecht	weiblich (female)	männlich (male)
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bildungs-niveau	Kein	Pflichtschule	Hauptschule	Lehre	Matura	Hochschule
	<input type="checkbox"/>					

Alter	
-------	--

Werte zwischen Maßeinheiten umrechnen

Von                          In

1. mm                          -> cm

5,7389 [mm] = [cm]

2. Km                          -> Hm

0,0001 [Km] = [Hm]

3. dm<sup>2</sup>                          -> a

43,9489 [dm<sup>2</sup>] = [a]

4. Mm<sup>2</sup>                          -> Km<sup>2</sup>

0,003 [Mm<sup>2</sup>] = [Km<sup>2</sup>]

5. Km<sup>3</sup>                          -> dm<sup>3</sup>

348,8235 [Km<sup>3</sup>] = [dm<sup>3</sup>]

6. m<sup>3</sup>                          -> Km<sup>3</sup>

0,0007 [m<sup>3</sup>] = [Km<sup>3</sup>]

Zeitbedarf: \_\_\_\_\_

Von Ing. Mauricio Mora

Anhang B: Fragebögen, Seit 2

Maßeinheitenumwandlung und Lineal

**MUL®**

Beispiel für die Verwendung des Tools zur Umrechnung von Millimetern in Meter.

778,5760 mm      ->      Km

Volumen: Mm<sup>3</sup>      Km<sup>3</sup>  
Flächen: Mm<sup>2</sup>      Km<sup>2</sup>  
Längen: Mm      Km

1. Schreibe die Zahl ohne das Komma, aber achte darauf, wo das Halbkreis-Symbol liegt.  
Das Halbkreis-Symbol markiert eine bestimmte Einheit, die du bei der Umrechnung berücksichtigen musst.  
- 2. Finde auf dem Lineal die Position der Anfangseinheit und platziere die Spitze der rechten Seite der Einheit an der Stelle, an der das ursprüngliche Komma stand.  
Dadurch bestimmst du den Bezugspunkt für die Umrechnung.

778,576 [mm] =

1. 0,000778576 [Km]

- 3. Finde im Tool die gewünschte Einheit und positioniere das Komma rechts neben der Einheit.  
Beachte dabei, dass jede Einheit, um die sich der Dezimalpunkt nach rechts bewegt, einer Multiplikation der Zahl mit zehn entspricht, während jede Einheit, um die sich der Dezimalpunkt nach links bewegt, einer Division der Zahl durch zehn entspricht. Verwende diese Information, um das Komma entsprechend zu verschieben und die korrekte Umrechnung zu erhalten.

2. Km      ->      m  
0,3557 [Km] = [m]

3. mm<sup>2</sup>      ->      a  
2356 [mm<sup>2</sup>] = [a]

4. Hm<sup>3</sup>      ->      dm<sup>3</sup>  
0,0996 [Hm<sup>3</sup>] = [dm<sup>3</sup>]

Ergebnisse: 355,7 [m] - 0,00002356 [a] - 99,600,000 [dm<sup>3</sup>]

Von Ing. Mauricio Mora

Anhang C: Fragebögen, Seit 3

Maßeinheitenumwandlung und Lineal

**MUL®**

B 2307090847 4343584125

Beispiel für die Verwendung des Tools zur Umrechnung von Millimetern in Meter.

Werte zwischen Maßeinheiten umrechnen

Von	In
-----	----

1. nm → μm

375,9372 [nm] = [μm]

2. m → hm

0,0395 [m] = [hm]

3. Mm<sup>2</sup> → ha

510,2348 [Mm<sup>2</sup>] = [ha]

4. Km<sup>2</sup> → dm<sup>2</sup>

0,0465 [Km<sup>2</sup>] = [dm<sup>2</sup>]

5. mm<sup>3</sup> → dm<sup>3</sup>

0,4592 [mm<sup>3</sup>] = [dm<sup>3</sup>]

6. Dm<sup>3</sup> → dm<sup>3</sup>

0,032 [Dm<sup>3</sup>] = [dm<sup>3</sup>]

Zeitbedarf: \_\_\_\_\_

Von Ing. Mauricio Mora

Anhang D: Fragebögen, Seit 4

Maßeinheitenumwandlung und Lineal

 C 2307090847 4343584125

Bitte beantworten Sie mit "X" folgende Fragen (bitte nur eine Antwort ankreuzen)!

Wurden Sie dieses Lineal (MUL) kaufen?	ja	nein
--	----	------

Wie viel Euro würden Sie dafür bezahlen?	weniger als 1	zwischen 1 und 2	zwischen 2 und 3	mehr als 3
--	------------------	---------------------	---------------------	---------------

Wie einfach ist es, MUL zu nutzen?					
<input type="checkbox"/>	Sehr leicht	Leicht	Neutral	Schwierig	<input type="checkbox"/>

Haben Sie Fragen oder Anmerkungen?
------------------------------------

Von Ing. Mauricio Mora

Maßeinheitenumwandlung und Lineal



D 2307090847 4343584125

### Ergebnisse der Einheitenumrechnungen

#### Seite für die Prüfer

Übungen ohne das Werkzeug

	Von		in	
1.	5,73890	mm =	0,573 89	cm
2.	0,00010	Km =	0,001	Hm
3.	43,94890	dm^2 =	0,004 394 89	a
4.	0,00300	Mm^2 =	3 000,00	Km^2
5.	348,82350	Km^3 =	348 823 500 000 000,00	dm^3
6.	0,00070	m^3 =	0,000 000 000 000 7	Km^3

Übungen mit das Werkzeug

	Von		in	
1.	375,93720	nm =	0,375 937 2	µm
2.	0,03950	m =	0,000 395	Hm
3.	510,23480	Mm^2 =	51 023 480 000,00	ha
4.	0,04650	Km^2 =	4 650 000,00	dm^2
5.	0,45920	mm^3 =	0,000 000 459 2	dm^3
6.	0,03200	Dm^3 =	32 000,00	dm^3

Von Ing. Mauricio Mora

Maßeinheitenumwandlung und Lineal



### Nombres de las unidades

#### *Unidades de longitud*

Tm	Terámetro
Gm	Gigámetro
Mm	Megámetro
Km	Kilómetro
Hm	Hectómetro
Dm (dam)	Decámetro
m	metro
dm	decímetro
cm	centímetro
mm	milímetro
$\mu\text{m}$	micrómetro
nm	nanómetro
pm	picómetro

#### *Unidades de superficie*

Mm <sup>2</sup>	Megámetro cuadrado
Km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
Hm <sup>2</sup> (ha)	Hectómetro cuadrado (Hectaria)
Dm <sup>2</sup> (a)	Dectómetro cuadrado (Ar)
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
dm <sup>2</sup>	decímetro cuadrado
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado
mm <sup>2</sup>	milímetro cuadrado
$\mu\text{m}^2$	micrómetro cuadrado

#### *Unidades de volumen*

Km <sup>3</sup>	Kilómetro cubico
Hm <sup>3</sup>	Hectómetro cubico (Hectaria)
Dm <sup>3</sup>	Dectómetro cubico (Ar)
m <sup>3</sup>	metro cubico
dm <sup>3</sup>	decímetro cubico
cm <sup>3</sup>	centímetro cubico
mm <sup>3</sup>	milímetro cubico

Von Ing. Mauricio Mora

## Anhang G: Datenschutzerklärung

**Datenschutzerklärung**

  
Maßeinheitenumwandlung und Lineal

Liebe/r Teilnehmer/in,

Im Rahmen meiner Masterarbeit im "MSc. Master Produktions- und Technologiemanagement (PTM)" führe ich eine Umfrage zur Bewertung der Vorteile von MUL (Maßeinheitenumwandlung und Lineal) bei der Umrechnung von Maßeinheiten im internationalen Einheitensystem (SI) durch. Die Ergebnisse dieser Umfrage werden für meine wissenschaftliche Arbeit verwendet.

Ihre Teilnahme an dieser Umfrage ist von großer Bedeutung, um zur Erforschung des Lernens und der Anwendung von Maßeinheiten beizutragen. Die von Ihnen bereitgestellten Informationen werden vertraulich behandelt und ausschließlich zu wissenschaftlichen und akademischen Zwecken verwendet.

Im Folgenden sind die wichtigsten Punkte in Bezug auf den Datenschutz und die informierte Zustimmung zusammengefasst:

- Verwendung der Daten: Die im Rahmen der Umfrage erhobenen Daten, einschließlich der Antworten und der Tonaufnahme des Interviews, werden ausschließlich für wissenschaftliche und akademische Zwecke verwendet. Die Umfrageergebnisse und die Tonaufnahmen werden in meiner Masterarbeit analysiert und genutzt.
- Datenschutz und Vertraulichkeit: Alle bereitgestellten Informationen, einschließlich der Tonaufnahme, werden vertraulich und anonym behandelt. Die Daten werden sicher gespeichert und nur der Autor der Arbeit hat Zugriff darauf. Es werden alle notwendigen Maßnahmen ergriffen, um die Vertraulichkeit und den Schutz der gesammelten Informationen zu gewährleisten.
- Option zur Namensnennung: Als Dankeschön für Ihre Teilnahme an der Umfrage besteht die Möglichkeit, Ihren Namen in meiner Arbeit zu erwähnen. Bitte wählen Sie eine der folgenden Optionen durch Ankreuzen aus:
  - Ich erlaube die Veröffentlichung meines Namens als Referenz in der Arbeit.
  - Ich möchte nicht, dass mein Name in der Arbeit veröffentlicht wird.
- Freiwillige Teilnahme und Widerruf: Ihre Teilnahme an der Umfrage ist freiwillig. Sie können entscheiden, bestimmte Fragen nicht zu beantworten oder sich jederzeit ohne Konsequenzen aus der Umfrage zurückzuziehen. Wenn Sie sich dafür entscheiden, die Veröffentlichung Ihres Namens in der Arbeit zu erlauben, können Sie Ihre Zustimmung jederzeit vor Abschluss der Arbeit widerrufen.

**Durch Ihre Unterschrift auf diesem Dokument bestätigen Sie, dass Sie die Informationen gelesen haben, mit den Bedingungen einverstanden sind und freiwillig an der Umfrage teilnehmen.**

Wenn Sie Fragen oder Bedenken zum Umfrageprozess, zur Audioaufzeichnung oder zum Datenschutz haben, zögern Sie nicht, mich zu kontaktieren.

Ich bedanke mich im Voraus für Ihre Teilnahme und Ihren wertvollen Beitrag.

Mit freundlichen Grüßen,  
Ing. Mauricio Mora

---

Ort, Datum

---

Name und Signatur

Ing. Mauricio Mora



## Untersuchung mit Experten

### 1 Struktur der Untersuchung:

- Einführung (5 Minuten)
  - Begrüßung und Vorstellung der Teilnehmer.
  - Erklärung des Zwecks des Interviews und der Ziele, die erreicht werden sollen.
- Schwierigkeiten bei der Umrechnung von Maßeinheiten (15 Minuten)
  - Bitten Sie den Experten um Informationen zu den Schwierigkeiten. -> Siehe Liste
  - Erkunden Sie konkrete Beispiele für häufige Hindernisse im Zusammenhang mit Konzepten und Berechnungen im Zusammenhang mit dem SI.
- Vorstellung des "Maßeinheitenenumwandlung und Lineal" (MUL) (5 Minuten)
  - Stellen Sie das MUL-Tool und seine Funktionalität im Kontext der Umrechnung von Maßeinheiten kurz vor.
  - Erklären Sie, wie MUL in den Lernprozess integriert wird und sein potenzieller Nutzen im schulischen Umfeld.
    - Testmethode und Ergebnis des Tests.
- Feedback zu MUL (15 Minuten)
  - Bitten Sie den Teilnehmer oder Experten um eine detaillierte Bewertung der Funktionalität von MUL.
  - Fragen zu MUL -> Siehe Liste
  - Sammeln Sie Vorschläge oder Empfehlungen zur Verbesserung von MUL und zu dessen Implementierung in Bildungsumgebungen.
- Fazit und Abschluss (5 Minuten)
  - Bedanken Sie sich bei den Teilnehmern oder Experten für ihre Zeit und Beiträge.
  - Bieten Sie die Möglichkeit, weitere Fragen zu stellen oder zusätzliche Informationen bereitzustellen, falls erforderlich.
  - Beenden Sie das Interview auf freundliche Weise.

Ing. Mauricio Mora

## Untersuchung mit Experten



### 2 Fragenkatalog:

#### 2.1 Schwierigkeitsbezogene Fragen

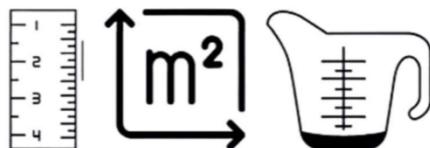
- Welche halten Sie für die Hauptprobleme, mit denen Menschen beim Lernen und Durchführen von Umrechnungen im internationalen metrischen System konfrontiert sind?
- Welche sind die häufigsten Fehler, die Sie bei Schülern bei der Durchführung von Umrechnungen von Maßeinheiten beobachtet haben?
- Glauben Sie, dass mangelnde Übung und ständige Exposition gegenüber Maßeinheiten des internationalen metrischen Systems ein Faktor ist, der zu Schwierigkeiten beim Lernen beiträgt? Welche Empfehlungen würden Sie geben, um diese Situation anzugehen?
- Was halten Sie von der Integration von didaktischen Werkzeugen, die mit der Mnemotechnik zusammenhängen, in den Unterrichts- und Lernprozess der Umrechnung von Maßeinheiten? Glauben Sie, dass sie dazu beitragen können, die Schwierigkeiten zu überwinden?
- Glauben Sie, dass die Implementierung von Bildungstechnologien wie mobilen Apps oder spezialisierten Softwarelösungen zur Verbesserung des Lernens und der Genauigkeit bei der Umrechnung von Maßeinheiten von Vorteil sein kann? Welche Vor- und Nachteile könnte ihr Einsatz haben?

#### 2.2 Fragen über MUL

- Denken Sie, dass MUL die Umrechnung von Maßeinheiten auf irgendeine Weise erleichtert?
- Halten Sie es für eine Stärke oder Schwäche, dass MUL den Umrechnungsprozess von Maßeinheiten erleichtert, ohne sich an die Umrechnungsskala erinnern zu müssen oder komplexe mathematische Berechnungen durchzuführen?
- Glauben Sie, dass die kontinuierliche Visualisierung der Umrechnungsskala in MUL den Benutzern helfen kann, die Umrechnungsskala effektiver zu memorieren und zu behalten?
- Finden Sie, dass MUL einfach zu bedienen und zu navigieren ist? Gibt es bestimmte Bereiche, in denen Benutzer Schwierigkeiten haben könnten?
- Haben Sie Einschränkungen bei der Vielfalt der von MUL abgedeckten Maßeinheiten festgestellt? Gibt es eine bestimmte Maßeinheit, die Sie gerne in das Tool aufgenommen sehen würden?
- Wie denken Sie, kann MUL dazu beitragen, die kognitive Belastung und geistige Ermüdung im Zusammenhang mit mathematischen Problemlösungen und der Umrechnung von Maßeinheiten zu verringern?
- Gibt es mögliche Verbesserungen oder zusätzliche Funktionen, die Sie gerne in MUL sehen würden?
- Sehen Sie Situationen, in denen MUL für bestimmte Arten von Umrechnungen oder Lernsituationen möglicherweise nicht geeignet oder effektiv ist?

Ing. Mauricio Mora

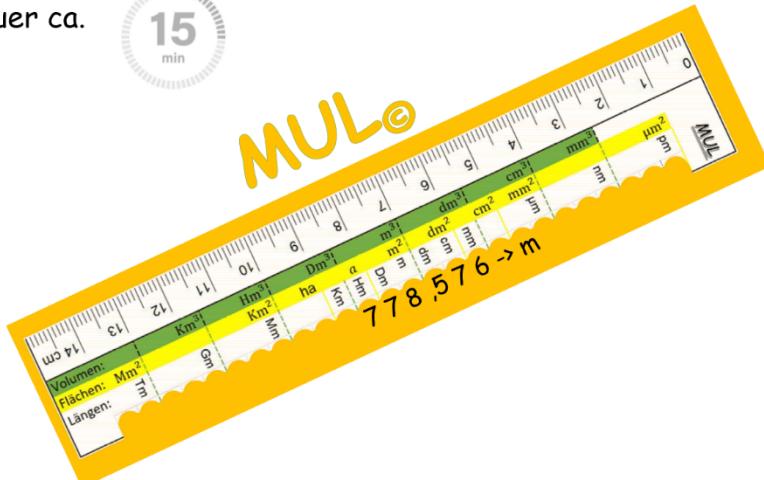
## Studienteilnehmer\*innen gesucht!!



Im Rahmen meiner Masterarbeit im Bereich Technologiemanagement suche ich Teilnehmer\*innen für eine Umfrage zum Thema Maßeinheitenumwandlung. Die Umfrage zielt darauf ab, die Effektivität einer Erfindung zu testen, die das Auswendiglernen der Maßeinheiten und den Prozess ihrer Umwandlung vereinfacht.

Teilnahme anonym und vertraulich.

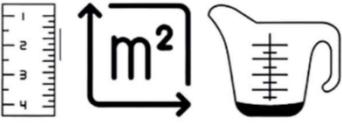
Dauer ca.



Zukunftsakademie  
Mostviertel



## **Studienteilnehmer\*innen gesucht!!**



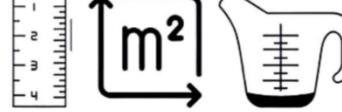
Im Rahmen meiner Masterarbeit im Bereich Technologiemanagement suche ich Teilnehmer\*innen für eine Umfrage zum Thema Maßeinheitenumwandlung. Die Umfrage zielt darauf ab, die Effektivität einer Erfindung zu testen, die das Auswendiglernen der Maßeinheiten und den Prozess ihrer Umwandlung vereinfacht.

Teilnahme anonym und vertraulich.

Dauer ca. 



## **Studienteilnehmer\*innen gesucht!!**



Im Rahmen meiner Masterarbeit im Bereich Technologiemanagement suche ich Teilnehmer\*innen für eine Umfrage zum Thema Maßeinheitenumwandlung. Die Umfrage zielt darauf ab, die Effektivität einer Erfindung zu testen, die das Auswendiglernen der Maßeinheiten und den Prozess ihrer Umwandlung vereinfacht.

Teilnahme anonym und vertraulich.

Dauer ca. 



*Anhang in DM. A: Excel-Umfragegenerator auf Deutsch*

Beschreibung: Dieser Anhang besteht aus einer Excel-Datei, die zur automatischen Erstellung von Umfragen verwendet wird. Die Excel-Datei enthält verschiedene Tabellen mit detaillierten Informationen zu den Umfrageparametern sowie zu den Umrechnungen der in der Studie verwendeten Einheiten.

Der Inhalt:

- Tabellen zur Struktur der Erhebung.
- Tabellen zur Umrechnung der Einheiten.
- Tabellen mit automatisch generierten numerischen Ergebnissen und Umrechnungseinheiten für die Aktualisierung der Erhebung.

Makros in Visual Basic:

- Ein Makro, das die Daten automatisch aktualisiert.
- Ein weiteres Makro, das sicherstellt, dass die Struktur der Umfrage erhalten bleibt, wenn die Datei auf verschiedenen Geräten geöffnet wird.
- Ein Makro, das die Umfrage im PDF-Format am selben Ort speichert wie die Excel-Datei.

Autor: Mauricio Mora

Programmierer des Visual Basic-Codes: Mauricio Mora

Jahr der Erstellung: 2023.

In diesem Anhang wird die technische Arbeit von Mauricio Mora bei der Entwicklung der Umfrage, der Strukturierung von Excel und der Programmierung der Makros in Visual Basic gewürdigt.

*Anhang in DM. B: Excel Verlängerte Umfragen Generator auf Deutsch*

Beschreibung: Dieser Anhang besteht aus einer Excel-Datei, die zur automatischen Erstellung von Verlängerte Umfragen verwendet wird. Die Excel-Datei enthält verschiedene Tabellen mit detaillierten Informationen zu den Umfrageparametern sowie zu den Umrechnungen der in der Studie verwendeten Einheiten.

Diese Datei hat den gleichen Inhalt und die gleiche Struktur wie die vorhergehende Datei.

*Anhang in DM. C: Excel-Umfragegenerator auf Spanisch*

Beschreibung: Dieser Anhang besteht aus einer Excel-Datei, die zur automatischen Erstellung von den Umfragen in Spanisch verwendet wird. Die Excel-Datei enthält verschiedene Tabellen mit detaillierten Informationen zu den Umfrageparametern sowie zu den Umrechnungen der in der Studie verwendeten Einheiten.

Diese Datei hat den gleichen Inhalt und die gleiche Struktur wie die vorhergehende Datei.

*Anhang in DM. D: Excel-Tabelle mit den Ergebnissen der Umfrage*

Beschreibung: Dieser Anhang besteht aus einer Excel-Datei mit den Daten der 106 durchgeföhrten Umfragen.

Autor: Mauricio Mora

Jahr der Erstellung: 2023.

*Anhang in DM. E: Zusammenfassung Experteninterview 1*

Dieser Anhang enthält die Antworten des Befragter 1 in einer bearbeiteten Audioaufnahme. In dem Interview gibt der Experte relevante Informationen über die Schwierigkeiten, die er bei seinen Schülern im Zusammenhang mit der Umrechnung von Einheiten festgestellt hat, sowie über seine Ansichten über die Wirksamkeit und den Einsatz von MUL. Der Inhalt dieses Anhangs ist eine wertvolle Ergänzung zu den Forschungsergebnissen und bietet eine detailliertere Perspektive auf das in der Studie behandelte Thema.

Befrager: Mauricio Mora.

Audio-Editor: Mauricio Mora.

Audiodauer: 30 Minuten.

Sprache: Deutsch.

*Anhang in DM. F: Zusammenfassung Experteninterview 2*

Dieser Anhang enthält die Antworten des Befragter 2 in einer bearbeiteten Audioaufnahme. In dem Interview gibt der Experte relevante Informationen über die Schwierigkeiten, die er bei seinen Schülern im Zusammenhang mit der Umrechnung von Einheiten festgestellt hat, sowie über seine Ansichten über die Wirksamkeit und den Einsatz von MUL. Der Inhalt dieses Anhangs ist eine wertvolle Ergänzung zu den Forschungsergebnissen und bietet eine detailliertere Perspektive auf das in der Studie behandelte Thema.

Befrager: Mauricio Mora.

Audio-Editor: Mauricio Mora.

Audiodauer: 30 Minuten.

Sprache: Deutsch.