



METHODISCHE LEITLINIEN FÜR ERSTELLUNG DES FRAMEWORKS FÜR DAS *ImTech4Ed* PROJEKT

Intellectual Output 1



ImTech4Ed: Immersive Technologies for Education

Intellektueller Output	O1: ImTech4Ed Methodische Leitlinien für die Erstellung des Frameworks des ImTech4Ed-Projekts
Verantwortlicher Partner:	Europäische Universität Zypern
Qualitätskontrollen	Alle Partner
Status-Version:	Version 0.1
Datum:	30/1/2022
Zusammenfassung:	<p><i>ImTech4Ed</i> basiert auf interdisziplinärem Denken als Mittel zur Gestaltung und Schaffung immersiver Bildungstechnologien mit dem Ziel, den Einsatz dieser Technologien in der Bildungspraxis zu verbessern.</p> <p><i>ImTech4Ed</i> liefert methodische Richtlinien zusammen mit einer Reihe von immersiven Prototypen, die in der Bildungspraxis evaluiert wurden. Diese werden von Autorenwerkzeugen, einem Lehrerfortbildungsprogramm und konkreten STEAM-orientierten Bildungsszenarien begleitet. <i>ImTech4Ed</i> wirkt sich auf die teilnehmenden Studenten, Schüler, Lehrer, Pädagogen und Forscher aus, indem es ihre Sichtweise und ihr Verständnis für interdisziplinäre Ansätze und internationale Zusammenarbeit bei der Entwicklung immersiver Bildungstechnologien erweitert.</p> <p>Der vorliegende Bericht beschreibt zunächst den theoretischen Rahmen, der <i>ImTech4Ed</i> zugrunde liegt, und skizziert den pädagogischen und didaktischen Ansatz, der den Aktivitäten und Ergebnissen des Projekts zugrunde liegen sollte, um eine spielbasierte, IKT-gestützte STEAM-Bildung zu fördern. Er identifiziert die aktuelle Situation, bewährte Praktiken und Herausforderungen in Bezug auf STEAM-Bildung und Spieldesign sowie deren Anwendung an der Universität und in der Sekundarstufe.</p> <p>Die methodischen Leitlinien richten sich in erster Linie an Universitätsstudenten und Sekundarschullehrer in ganz Europa. Der Bericht bietet einen methodischen Rahmen und Empfehlungen, um zu verstehen, wie (i) die Fähigkeiten europäischer Jugendlicher (Schüler zwischen 12 und 18 Jahren) in STEAM-bezogenen Kursen und die Attraktivität von STEAM-Studiengängen und -Berufen durch spielerisches Lernen gesteigert werden können und (ii) Augmented und Virtual Reality (AR/VR) und andere immersive Technologien zu diesem Zweck angemessen eingesetzt werden können.</p> <p>Schließlich berücksichtigen die methodischen Leitlinien die Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts, um sicherzustellen, dass die künftigen EU-Bürger von Anfang an ein breites Spektrum an Kompetenzen entwickeln, was die Beschäftigungsfähigkeit, die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum in Europa fördern wird.</p>

Die in diesem Dokument dargelegten Informationen und Ansichten sind die der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die offizielle Meinung der Europäischen Union wider. Weder Organe und Einrichtungen der Europäischen Union noch die in ihrem Namen handelnden Personen können für die Verwendung der enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.

LIZENZ FÜR OFFENE BILDUNGSRESSOURCEN (OER)

Die Ergebnisse des Erasmus+ /KA2 (Strategische Partnerschaften für die Hochschulbildung) Projekts *ImTech4Ed: Immersive Technologies for Education* (Ref. #: 2020-1-DE01-KA203-005679) wurden von den folgenden Partnern entwickelt:

1. Technische Hochschule Köln, Cologne Game Lab (DE)
2. Internationale Griechische Universität (Diethnes Panepistimio Ellados) (EL)
3. Offene Universität von Zypern (OUC)
4. Europäische Universität Zypern (CY)
5. Ellinogermaniki Agogi Scholi Panagea Savva AE (EL)
6. Die englische Schule, Nikosia (CY)
7. Humance AG (HUM), (DE)

Gemäß den Erasmus+-Richtlinien werden die Ergebnisse des Projekts *ImTech4Ed* der Öffentlichkeit (d. h. Dritten) unter einer Open Educational Resources (OER)-Lizenz zur Verfügung gestellt, mindestens jedoch frei:

- Verwenden der Arbeit;
- Anpassen der Arbeit nach Bedarf an (z. B. übersetzen, kürzen, an den lokalen Kontext anpassen usw.);
- Vervielfältigung und Weitergabe der ursprünglichen oder angepassten Arbeit an andere (z. B. an Schüler im Klassenzimmer, online, an Gleichaltrige usw.).

Die oben genannte Lizenz wird unter den folgenden Bedingungen erteilt:

- Dass der Urheber angegeben werden muss, wenn das Werk oder eine Anpassung davon verwendet oder weitergegeben wird;
- dass das Werk nicht kommerziell genutzt werden darf (z. B. Verkauf durch andere, Integration in ein kommerzielles Lehrbuch usw.);
- dass alle Derivate unter derselben Lizenz oder denselben Lizenzbedingungen weitergegeben werden müssen.

Inhaltsübersicht

INHALTSÜBERSICHT	4
LISTE DER ABKÜRZUNGEN/AKRONYME	6
IMTECH4ED PROJEKTBSCHREIBUNG	7
1 EINLEITUNG	9
2 THEORETISCHER RAHMEN	11
3 BESTEHENDE SITUATION IN BEZUG AUF STEAM-STUDIENGÄNGE UND -BERUFE	18
3.1 LEISTUNGEN IN MATHEMATIK, NATURWISSENSCHAFTEN UND KUNST (IM SEKUNDAR- UND HOCHSCHULBEREICH)	18
3.2 BERUFSERWARTUNGEN JUGENDLICHER SCHÜLER IN DER STEM- ODER STEAM-BRANCHE	19
3.3 VERTRETUNG DER STUDIERENDEN IN STEM/STEAM (UG UND PG-PROGRAMME)	21
3.3.1 <i>Teilnahme an tertiärer Bildung</i>	21
3.3.2 <i>Zugang zu Promotionsprogrammen und erworbene Doktorgrade</i>	23
3.4 BESCHÄFTIGUNG IN DER STAMM-/TEAMFORSCHUNG UND IN BERUFEN	24
3.4.1 <i>Demografische Daten</i>	24
3.4.2 <i>Beschäftigungsfähigkeit von STEM/STEAM-Fachkräften</i>	26
3.5 NATIONALE BILDUNGSPOLITISCHE MAßNAHMEN ZUR FÖRDERUNG VON DAMPFSTUDIEN UND -BERUFEN	27
4 BESTEHENDE SITUATION IN BEZUG AUF STEAM IN DER BILDUNG	29
5 DAS AUSMAß DER EINFÜHRUNG VON STEAM UND/ODER SPIELBASIERTEN PÄDAGOGISCHEN MODELLEN	33
6 SURVEY-ERGEBNISSE	36
6.1 ERHEBUNGEN BEI SCHÜLERN DER SEKUNDARSTUFE	36
6.1.1 <i>Methodik</i>	36
6.1.2 <i>Wissen über MINT/STEAM-Studiengänge und -Berufe</i>	37
6.1.3 <i>Erfahrungen von Studierenden mit MINT/STEAM in der Hochschulbildung</i>	38
6.1.4 <i>Digitale Spiele und/oder immersive Technologien zu Hause und in der Schule</i>	39
6.2 ERHEBUNGEN UNTER STUDIERENDEN IM HOCHSCHULBEREICH (HE)	41
6.2.1 <i>Methodik</i>	41
6.2.2 <i>Wissen der Schüler über MINT/STEAM-Studiengänge und -Berufe</i>	42
6.2.3 <i>Erfahrungen von Studierenden mit STEAM/STEM an der Universität</i>	44
6.2.4 <i>Digitale Spiele oder immersive Technologien an der Universität</i>	45
6.3 ERHEBUNGEN BEI LEHRERN DER SEKUNDARSTUFE	46
6.3.1 <i>Methodik</i>	46
6.3.2 <i>Einblicke in die STEM/STEAM-Bildung</i>	47
6.3.3 <i>Selbstwirksamkeit und Wahrnehmungen in Bezug auf MINT/STEAM und spielbasiertes Lernen</i>	48
6.3.4 <i>Aktuelle Unterrichtspraktiken</i>	49
6.3.5 <i>Aktuelle spielbezogene Unterrichtspraktiken</i>	51
6.3.6 <i>Bedürfnisse und Empfehlungen in Bezug auf immersive Technologien</i>	51
6.4 UMFRAGE UNTER HOCHSCHULLEHRERN	54
6.4.1 <i>Methodik</i>	54
6.4.2 <i>Selbstwirksamkeit und Wahrnehmungen beim Lernen mit immersiven Technologien</i>	55
6.4.3 <i>Aktuelle Unterrichtspraktiken</i>	55
6.4.4 <i>Aktuelle spielbezogene Unterrichtspraktiken</i>	56
6.4.5 <i>Bedürfnisse und Empfehlungen in Bezug auf immersive Technologien</i>	56



7	SCHLUSSFOLGERUNGEN	58
8	PÄDAGOGISCHER UND DIDAKTISCHER ANSATZ VON IMTECH4ED	62
8.1	ÜBERBLICK ÜBER DIE ERGEBNISSE UND AKTIVITÄTEN VON IMTECH4ED	63
8.2	IMTECH4ED PÄDAGOGISCH-THEORETISCHER RAHMEN	64
8.2.1	<i>Transdisziplinäres STEAM-Bildungsmodell.....</i>	<i>65</i>
8.2.2	<i>Spielbasiertes STEAM-Lernen.....</i>	<i>68</i>
8.2.3	<i>Partizipativer Gestaltungsrahmen</i>	<i>70</i>
8.2.4	<i>Autorentools</i>	<i>71</i>
8.2.5	<i>Grundsätze der Erwachsenenbildung.....</i>	<i>72</i>
8.2.6	<i>Technologisch-pädagogisches Inhaltswissen (TPACK).....</i>	<i>74</i>
9	R EFERENZEN.....	78



Liste der Abkürzungen/Akronyme

Abkürzung / Akronym	Beschreibung
CY	Zypern
DE	Deutschland (Deutschland)
EL	Hellas (Griechenland)
ImTech4Ed	ImTech4Ed: Immersive Technologies for Education
EU	Europäische Union
STEM (MINT)	Mathematik, Ingenieurwesen, Naturwissenschaften, Technologie
STEAM	Mathematik, Ingenieurwesen, Naturwissenschaften, Technologie, Kunst
TPACK	Technologisch-pädagogische Inhaltskenntnisse
4Cs (4Cs)	Kommunikation, Kollaboration, kritisches Denken, Kreativität

ImTech4Ed Projektbeschreibung

Immersive Technologien wie Augmented und Virtual Reality oder digitale Spiele erweitern die Möglichkeiten der Interaktion zwischen Mensch und Computer erheblich. Diese Technologien bieten auch eine breite Palette von Möglichkeiten für den Einsatz im Bildungsbereich. Allerdings werden sie im Bildungsbereich bisher nur sehr begrenzt eingesetzt. Einer der Gründe dafür ist die monodisziplinäre Ausbildung in Bereichen, die zusammenarbeiten müssten, um breit einsetzbare immersive Bildungslösungen zu liefern. Zu den relevanten Bereichen gehören: Spieldesign, wo immersive und interaktive Lösungen entworfen und entwickelt werden; Informatik, wo die technologischen Grundlagen für immersive Technologien und für skalierbare Architekturen für diese geschaffen werden; und Lehrerbildung, wo zukünftige Lehrer ausgebildet werden.

Derzeit haben diese Bereiche nur wenig miteinander zu tun. Die Studierenden werden in jedem Bereich separat ausgebildet und erleben keine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Wirklich nützliche und breit einsetzbare immersive Bildungslösungen können jedoch nur durch die Kombination von pädagogischen, technologischen und designorientierten Perspektiven geschaffen werden, um gute Lösungen zu konzipieren und zu entwickeln.

Die Ziele des Projekts ImTech4Ed sind:

- Schaffung einer interdisziplinären und internationalen Zusammenarbeit zwischen Studierenden, Lehrkräften und Forschern der beteiligten Disziplinen;
- Bereitstellung von kreativen und wertvollen Prototypen für immersive Bildungslösungen;
- Stärkung des interdisziplinären Denkens und der interdisziplinären Herangehensweise von Studierenden aus verschiedenen Fachrichtungen;
- Verstärkung der interdisziplinären und internationalen Zusammenarbeit;
- Evaluierung von Prototypen in realen Unterrichtssituationen an angeschlossenen Schulen;
- Aufbau eines Netzes von verbundenen/interessierten Partnern.

Die Hauptzielgruppen des Projekts sind:

- a) Universitätsstudenten, die sich an der Entwicklung von Spielprototypen beteiligen und so ihre Motivation und das Erlernen von STEAM-Disziplinen fördern und gleichzeitig die Entwicklung einer Reihe von anderen Schlüssel- und Querschnittskompetenzen (Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts) stärken.
- b) Sekundarschullehrer, die den methodischen Rahmen und die Leitlinien anwenden und so ihr Wissen, ihre Fähigkeiten und ihre Bereitschaft zur Integration von Spielprototypen, zur Anwendung von Spieldesign und zum Lehren und Lernen im Bereich STEAM in ihren Klassenräumen verbessern.

Zu den intellektuellen Ergebnissen des Projekts gehören:

- IO1: ImTech4Ed Methodische Leitlinien

- IO2: Authorware-Werkzeuge
- IO3: ImTech4Ed Universitätsprogramm für Studenten und berufsbegleitende STEAM-Lehrerbildung
- IO4: ImTech4Ed Prototypen für immersive Spiele
- IO5: ImTech4Ed STEAM Bildungsszenarien

Zu den wichtigsten Ergebnissen von ImTech4Ed gehören:

ein komplettes Set von didaktischen und technischen Instrumenten, um Lehrern zu helfen, immersive Bildungstechnologien in ihrem Unterricht zu nutzen, mit dem Ziel,:

- lernen, wie immersive Technologien in den Bildungsalltag integriert werden können (IO1) und haben Prototypen zur Hand, die sie erforschen können (IO4)
- lernen, wie man immersive Anwendungsfälle im Zusammenhang mit didaktischen Methoden erstellt (IO2), und verfügen über Autoren-Frameworks und -Tools, um dies zu tun (IO3)
- immersive Technologien als Kernbestandteil von Lehrerbildungsprogrammen einzuführen, um Barrieren für den Zugang zu und die Nutzung von Werkzeugen und Ansätzen zu verringern (IO5).

Nach Abschluss des Projekts und durch die ImTech4Ed-Outputs werden die Ergebnisse vervielfacht und die folgenden Auswirkungen erzielt:

- 500 relevante Stakeholder werden in den 5 Jahren nach Abschluss des Projekts durch die Verbreitungsmaßnahmen, die gemäß der Nachhaltigkeitsstrategie durchgeführt werden, jährlich auf die Projektergebnisse aufmerksam gemacht
- 60 Universitätsstudenten und STEAM-Lehrer werden in den 5 Jahren nach Abschluss des Projekts jedes Jahr mit Hilfe der Lern-/Ausbildungsleitfäden geschult
- 500 SchülerInnen der Sekundarstufe nehmen an Unterrichtsmaßnahmen teil, die auf der spielbasierten STEAM-Bildungsmethodik des Projekts basieren (5 Jahre lang)

An dem Konsortium sind sieben Partner aus drei EU-Ländern (Zypern, Deutschland, Griechenland) beteiligt, die so organisiert sind, dass sie die für die erfolgreiche Durchführung des Projekts erforderlichen Kompetenzen abdecken. Dazu gehören: Technische Hochschule Köln, Cologne Game Lab (DE), International Hellenic University (Diethnes Panepistimio Ellados) (EL), Open University of Cyprus (OUC), European University Cyprus (CY), Ellinogermaniki Agogi Scholi Panagea Savva AE (EL), The English School, Nicosia (CY) und Humance AG (HUM), (DE)

1 Einleitung

Immersive Technologien wie Augmented und Virtual Reality und digitale Spiele bieten eine breite Palette von Möglichkeiten für den Einsatz im Bildungsbereich. Einer der Gründe für die bisher begrenzte Verbreitung im Bildungswesen ist die monodisziplinäre Ausbildung in den Bereichen, die zusammenarbeiten müssten, um weithin nutzbare immersive Bildungslösungen zu liefern: Spieldesign, Informatik, Lehrerausbildung. Derzeit haben diese Bereiche nur wenig Verbindung zueinander. Wirklich nützliche und weithin verwendbare immersive Bildungslösungen können jedoch nur durch die Kombination pädagogischer, technologischer und designorientierter Perspektiven geschaffen werden, die pädagogische, technologische und designorientierte Perspektiven kombinieren, um gute Lösungen zu konzipieren und zu entwickeln.

Das von der EU geförderte, dreijährige Projekt *ImTech4Ed*: zielt darauf ab, eine interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit zwischen Studenten, Pädagogen und Forschern aus den jeweiligen Disziplinen zu schaffen, um (i) kreative und wertvolle Prototypen für immersive Bildungslösungen zu entwickeln; (ii) interdisziplinäres Denken und Herangehensweisen von Studierenden verschiedener Fachrichtungen zu stärken; (iii) die interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit zu stärken; (iv) Prototypen in realen Unterrichtssituationen an angeschlossenen Schulen zu evaluieren; (v) ein Netzwerk von angeschlossenen/interessierten Partnern aufzubauen. Das Projekt zielt darauf ab, methodische Richtlinien zusammen mit einer Reihe von immersiven Bildungsprototypen zu entwickeln, die in der Bildungspraxis evaluiert werden. Diese werden von unterstützenden Autorentools, einem Kurs zur beruflichen Weiterbildung von Lehrern und konkreten STEAM-orientierten Bildungsszenarien begleitet.

Dieses Dokument ist das erste intellektuelle Ergebnis des Projekts und soll die methodischen Leitlinien und damit den Rahmen für die restlichen Projektaktivitäten bieten. Zu diesem Zweck wird die aktuelle Situation auf Länderebene in Bezug auf STEAM-Ansätze, Spieldesign und interdisziplinäres Denken in der Sekundar- und Hochschulbildung ermittelt. Im Einzelnen besteht der Bericht aus drei Teilen.

Im ersten Teil wird ein Überblick über die Literatur gegeben, in dem mehrere wichtige Themen im Zusammenhang mit der STEAM-Bildung und der dringenden Notwendigkeit, die junge Generation mit neuen Fähigkeiten auszustatten, um den Anforderungen der modernen Gesellschaft gerecht zu werden, aufgezeigt werden. In Anbetracht des beobachteten Rückgangs des Interesses der SchülerInnen an wichtigen MINT-Themen und -Berufen sowie der geringen Leistungen der SchülerInnen in verwandten Bereichen (Mathematik und Naturwissenschaften) ist es wichtig, dass aktivere Lernumgebungen geschaffen werden, um die Lernenden zu motivieren und zu ermutigen, die Relevanz und Bedeutung wissenschaftlicher Konzepte zu erkennen. Die Forschung zeigt insbesondere, dass ein Bedarf besteht für:

- a) Die Modernisierung des MINT-Lehrens und -Lernens und eine stärkere Konzentration auf IKT-Technologien als Unterrichtsmittel;
- b) Die Ausweitung des Zugangs zu STEAM-Bereichen für alle Mitglieder der Gesellschaft, einschließlich Frauen, SchülerInnen mit niedrigem sozioökonomischem Hintergrund, SchülerInnen mit Behinderungen und andere Gruppen von Lernenden;

- c) Angemessene und strategische Integration technologischer Hilfsmittel, die sich sowohl auf die Einstellung der Schüler als auch auf das Lernen von Konzepten und Prozessen positiv auswirken können;
- d) Qualitativ hochwertige berufliche Weiterbildung für die vielen Lehrkräfte, die Schwierigkeiten haben, sich mit immersiven Technologien vertraut zu machen und/oder deren Einsatz als Unterrichtsmittel negativ beurteilt wird;
- e) Besser konzipierte und umgesetzte Bildungslösungen, die ein fächerübergreifendes Verständnis und eine fächerübergreifende Zusammenarbeit erfordern und stärker auf die Möglichkeiten der neuen Technologien und die STEAM-Schlüsselkonzepte Innovation und Kreativität ausgerichtet sind.

Der zweite Teil des Berichts untersucht die bestehende Situation in den drei Partnerländern (Zypern, Deutschland, Griechenland) innerhalb des größeren europäischen Rahmens und versucht, diese Informationen mit der aktuellen Literatur zu verknüpfen. Es werden insbesondere Fragen zur nationalen Politik und staatlichen Unterstützung, zur Bildungsreform, zu schulischen Erwartungen, zum Geschlecht und zum sozioökonomischen Status der SchülerInnen erörtert - allesamt wichtige Faktoren, die das Engagement der SchülerInnen für STEAM-bezogene Bereiche, Studien und zukünftige Karrieren beeinflussen.

Im dritten Teil des Berichts werden die Ergebnisse von Umfragen vorgestellt, die in der Sekundarstufe und im Hochschulbereich sowohl bei Schülern als auch bei Lehrern durchgeführt wurden. Die Umfragen wurden in den drei Partnerländern mit dem Ziel durchgeführt, Daten über die Vorstellungen der SchülerInnen über MINT/STEAM-Studiengänge und -Karrieren, ihre Erfahrungen mit MINT/STEAM entweder in Kursen oder bei Nachmittagsaktivitäten und ihre Nutzung digitaler Spiele entweder zu Hause als Teil ihrer Freizeitaktivitäten oder als Teil des Unterrichts und der formalen Bildung zu sammeln. Die Erhebungen zielten auch darauf ab, Daten zu sammeln, die für die Einblicke der Lehrkräfte in die MINT/STEAM-Bildung, die Selbstwirksamkeit und die Wahrnehmung von STEAM und spielbasierten pädagogischen Ansätzen, die aktuellen Unterrichtspraktiken und das Ausmaß, in dem sie MINT/STEAM-Kurse auf integrierte Weise unter Verwendung digitaler Spiele unterrichten, relevant sind. Darüber hinaus lieferten die gesammelten Daten Einblicke in die Bedürfnisse der Lehrer und Empfehlungen für die Einführung und Nutzung immersiver Technologien im Unterricht.

Die aus der Analyse der Umfragen gezogenen Schlussfolgerungen bilden zusammen mit den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche und den länderspezifischen Informationen aus den nationalen Berichten einen vollständigen und umfassenden Rahmen für die Entwicklung des methodischen Rahmens (IO1). Dieser wiederum formt den pädagogischen und didaktischen Ansatz, der die Entwicklung der übrigen intellektuellen Ergebnisse des Projekts (Trainingsprogramm, Spielprototypen und Bildungsszenarien) beeinflussen wird.

2 Theoretischer Rahmen

Die globale Gesellschaft hat in den letzten Jahren einen sozialen, politischen und wirtschaftlichen Wandel vom digitalen Zeitalter der 1990er und frühen 2000er Jahre zum Zeitalter der Industrie 4.0 erlebt (Davis, 2016). Dieser Wandel, der als vierte industrielle Revolution bekannt geworden ist, hat uns in eine Ära geführt, die durch die Omnipräsenz und Omniverwendung von Technologie und durch das Verschwimmen der Grenzen zwischen der physischen, digitalen und biologischen Welt gekennzeichnet ist. In dieser Ära werden Fortschritte in den Bereichen künstliche Intelligenz (KI), Big Data, Robotik, Internet der Dinge (IoT) und andere neu entstandene Technologien die Gesellschaft wie nie zuvor beeinflussen und die Art und Weise, wie Menschen leben und arbeiten, für immer verändern (Xu, David & Kim, 2018).

Ob sie sich dessen bewusst sind oder nicht, die meisten Menschen sind bereits von disruptiven Technologien umgeben (z. B. intelligente Sensoren, digitale Assistenten in Smartphones, Personalisierung der Online-Erfahrung der Nutzer durch Suchmaschinen usw.). In den meisten wissenschaftlichen Bereichen werden Technologien wie KI eingesetzt, um komplexe gesellschaftliche Probleme zu lösen (z. B. Beobachtung und Schutz gefährdeter Arten, medizinische Diagnose und Verbesserung des Gesundheitssystems, Minimierung von Verkehrsstaus und Verbesserung der Sicherheit von Fußgängern, Verbesserung der Altenpflege usw.). Der Einfluss dieser Technologien auf alle Aspekte des Lebens wird in naher Zukunft noch größer sein. Es wird erwartet, dass die Auswirkungen auf die Arbeitskräfte enorm sein werden (Xu, David, & Kim, 2018). Dank technologiegestützter Werkzeuge wird sich die Art fast aller Branchen verändern und viele Prozesse werden automatisiert. Dies wird viele der derzeitigen Berufe überflüssig machen. Die wegfallenden Arbeitsplätze werden jedoch durch neue oder veränderte Berufe ersetzt, die denjenigen, die über die entsprechenden Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, lukrative Karriereaussichten bieten. Dazu gehören gute Kenntnisse über neu entstehende Technologien (z. B. KI, Robotik, AR/VR), Datenkompetenz zur Bewältigung des Big-Data-Stroms und übergreifende Fähigkeiten wie Kreativität, soziale und emotionale Intelligenz, Kommunikation und Zusammenarbeit sowie kritisches Denken (Wahyuningsih et al., 2020; Asbari et al., 2020).

stDas 21. Jahrhundert ist zwar eine aufregende Ära für Innovationen und technologische Fortschritte, aber auch eine Herausforderung für Bildungsfachleute und politische Entscheidungsträger (Fomunyan, 2019). Das Aufkommen neuer und aufstrebender Technologien und die Schaffung neuer Berufe haben ein drohendes Defizit bei den für eine erfolgreiche Integration in den Arbeitsmarkt erforderlichen künftigen Qualifikationen deutlich gemacht. Einem aktuellen EU-Bericht zufolge fehlt es 42 % der europäischen Bürgerinnen und Bürger an entscheidenden digitalen Kompetenzen, während 90 % der Berufe in naher Zukunft digitale Kompetenzen erfordern werden (International Digital Economy and Society Index 2019). Daher **besteht die dringende Notwendigkeit, die junge Generation mit neuen Fähigkeiten auszustatten, um den Anforderungen der modernen Gesellschaft gerecht zu werden**, damit sie "die fortschrittlichen Führungskräfte von morgen, produktive Arbeitnehmer und verantwortungsvolle Bürger" werden (Ge, Ifenthaler, & Spector, 2015, S. 384).

Die Notwendigkeit, bei jungen Menschen Schlüsselkompetenzen in den Bereichen Wissenschaft,

Technik, Ingenieurwesen und Mathematik (MINT) und die **so genannten Fähigkeiten des 21. st Jahrhunderts** zu entwickeln, spielt eine direkte Rolle bei der Förderung des Wirtschaftswachstums und steht ganz oben auf der Prioritätenliste der Europäischen Kommission. Einerseits wächst die Nachfrage nach starken MINT-Arbeitskräften und wird von akademischen, gemeinnützigen und staatlichen Einrichtungen gleichermaßen anerkannt. Andererseits gibt es Herausforderungen, die unsere Fähigkeit bedrohen, solche Arbeitskräfte in einer Weise zu rekrutieren, auszubilden und zu halten, die effektiv und nachhaltig ist und die Innovation fördert (Segarra et al., 2018). Die Motivation der Schülerinnen und Schüler für das Lernen und die anschließenden Leistungen in MINT-Fächern ist derzeit auf einem Tiefpunkt, da die derzeitige MINT-Bildung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene oft nicht das Interesse der Schülerinnen und Schüler weckt.

Länderübergreifende Studien zu den Leistungen von Schülern (z. B. Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS), Programme for International Student Assessment (PISA)) zeigen, dass ein beträchtlicher Teil der Schüler in Europa und international nicht über ausreichende mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen verfügt. Zusätzlich zu den **geringen Leistungen der Schüler** gibt es auch gut dokumentierte Belege für ein **nachlassendes Interesse an wichtigen MINT-Themen und -Berufen** (z. B. Cedefop, 2012; OECD, 2014; OECD, 2015a; Kudenko & Gras-Velázquez, 2016). Diese bedauerliche Situation niedriger Schülerleistungen und sinkenden Interesses an MINT ist besorgniserregend, da MINT-Fähigkeiten zu den Schlüsselkompetenzen gehören, die jeder Einzelne in einer wissensbasierten Gesellschaft für Beschäftigung, Eingliederung, späteres Lernen und persönliche Entfaltung und Entwicklung benötigt (Eurostat, 2018).

Es wurde festgestellt, dass die **Unterrichtsmethoden** zum nachlassenden Interesse und den Leistungen der Schüler in der MINT-Bildung beitragen (z. B. Clark-Wilson, Oldknow, & Sutherland, 2011; Meletiou-Mavrotheris, 2013). Dieser Zusammenhang zwischen der Einstellung zu MINT-Fächern und den gängigen Lehrmethoden stellt eine kritische Agenda für die Überarbeitung der pädagogischen Praktiken im MINT-Unterricht dar. Pädagogische Führungskräfte und Berufsverbände im Bereich der mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bildung (z. B. American Association for the Advancement of Science, 1993; National Council of Teachers of Mathematics, 2000; Europäische Kommission, 2007; Common Core Standards in Mathematics, 2010) plädieren seit Jahrzehnten für die Einführung **aktiverer Lernumgebungen, die die Lernenden motivieren und sie durch authentische Untersuchungen ermutigen, die Relevanz und Bedeutung wissenschaftlicher Konzepte zu ermitteln**. In Europa rief der Rocard-Bericht (2007) dazu auf, den naturwissenschaftlichen Unterricht auf dem gesamten Kontinent zu verändern, indem neue Formen der Pädagogik eingeführt werden, die sich auf forschende, problemlösungsorientierte Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht und Lernen konzentrieren. In verschiedenen Berichten (z. B. Weltbank, 2014) wurden auch die Lehrpläne für Mathematik und Naturwissenschaften sowie die Pädagogik als zentrale Handlungsfelder genannt, mit der Forderung nach **einer Modernisierung des MINT-Lehrens und -Lernens und einer stärkeren Fokussierung auf IKT-Technologien als Unterrichtsmittel**. Dieser Wandel spiegelte sich in den überarbeiteten Bildungspolitiken und offiziellen Lehrplänen der meisten Länder wider, die derzeit pädagogische Ansätze befürworten, die eine forschungsbasierte, technologiegestützte MINT-Bildung unterstützen. Trotz der umfangreichen Aufrufe zur Einführung lernerzentrierter, forschungsbasierter pädagogischer Modelle zeigt die internationale Forschungsliteratur jedoch eine Diskrepanz zwischen Lehrplaninitiativen und Reformaufrufen und der tatsächlichen Unterrichtspraxis sowie das Fortbestehen traditioneller,

lehrerzentrierter Ansätze (z. B. Klette, 2009). Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass forschungsbasierte MINT-Bildung in der Praxis in den Partnerländern nicht weit verbreitet ist (Europäische Kommission, 2007; Euler, 2011).

In den letzten zehn Jahren wurde der Integration der Künste in die MINT-Disziplinen viel Aufmerksamkeit gewidmet, da die Künste mit den MINT-Disziplinen in der Regel einen Schwerpunkt auf Problemlösung und erfahrungsorientiertes und immersives Lernen teilen und gleichzeitig innovatives und kreatives Denken fördern. Die Integration von Kunst mit naturwissenschaftlichen und technologischen Themen, die als STEAM bekannt geworden ist, kann MINT-Disziplinen zugänglicher machen, das forschende Lernen erleichtern, das konzeptionelle Verständnis fördern und die Lernerfahrung unterhaltsamer, ansprechender und sinnvoller gestalten (Segarra, et al., 2018). Das STEAM-Bildungsmodell ist jedoch im Großen und Ganzen ein theoretisches Konzept geblieben, für das es nur wenige Beispiele und Ressourcen gibt, wie es in der Praxis umgesetzt werden kann. Trotz engagierter Bemühungen und Forschungen ist der STEAM-Bereich immer noch durch wenig evidenzbasiertes Wissen über die Auswirkungen von Bildungsprogrammen auf die STEAM-Mentalität und -Kompetenzen von Schülern eingeschränkt (Shahin, et al., 2021).

STEAM und Industrie 4.0 sind eng miteinander verknüpft, da die in STEAM geforderten Kompetenzen (d. h. Kreativität, Problemlösung, Voraussicht und Anpassungsfähigkeit) mit den in der heutigen Zeit erforderlichen Kernkompetenzen übereinstimmen. In jüngster Zeit haben Forscher und politische Entscheidungsträger den Schwerpunkt auf **gelegt, um den Zugang zu STEAM-Feldern für alle Mitglieder der Gesellschaft zu erweitern, einschließlich Frauen, Schüler mit niedrigem sozioökonomischem Hintergrund, Schüler mit Behinderungen und andere Gruppen von Lernenden**, die in MINT/STEAM-bezogenen Studien- und Berufsfeldern eher unterrepräsentiert sind (OECD, 2014). In Anbetracht der obigen Ausführungen ist die Notwendigkeit von Investitionen in die STEAM-Bildung und in die Entwicklung der erforderlichen Ressourcen offensichtlich. Als Teil dieser Notwendigkeit müssen Lehrkräfte einen Mechanismus finden, um die wichtigen Geschichten, die die STEAM-Bildung erzählen muss, in einer leicht verständlichen und motivierenden Form für ihre Schülerinnen und Schüler zu präsentieren und zu vermitteln, aber auch um den Aufbau von interdisziplinären Schlüsselkompetenzen im Zusammenhang mit MINT/STEAM zu fördern.

Die rasanten Fortschritte im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien haben die Möglichkeit eröffnet, völlig neue Lernumgebungen zu schaffen, indem sie das Spektrum und die Raffinesse möglicher Unterrichtsaktivitäten sowohl in konventionellen als auch in E-Learning-Umgebungen deutlich erhöhen (Meletiou-Mavrotheris et al., 2017). Eine große Vielfalt an leistungsstarken und leicht verfügbaren technologischen Werkzeugen, darunter Serious Games, Simulationen, hochwertige Streaming-Videos, Cloud-basiertes Computing, digitale Lehrbücher, virtuelle/erweiterte/gemischte Realität und Lernanalysen, bieten unzählige Möglichkeiten, die Pädagogik durch die Einführung innovativer, lernerzentrierter Lehransätze zu verändern.

Eine stetig wachsende Anzahl von Forschungsliteratur zeigt, dass **angemessene und strategische Integration von technologischen Werkzeugen** einen positiven Einfluss sowohl auf die Einstellung der Studierenden als auch auf das Lernen von Konzepten und Prozessen haben kann (Cheung & Slavin, 2011; Crawford Li & Ma, 2010; Higgins, Huscroft-D'Angelo, 2019; Suh & Prophet, 2018; Wouters et al., 2013;

Yousef, Chatti, & Schroeder, 2014). Gleichzeitig macht die Literaturübersicht deutlich, dass der bloße Einsatz von technologischen Werkzeugen an und für sich keine direkte Veränderung des Lehrens oder Lernens bewirken kann, sondern dass der Erfolg des technologiegestützten Unterrichts **davon abhängt, wie gut er konzipiert und umgesetzt wird** (Guy & Marquis, 2016; Seidel, Blomberg & Renkl, 2013). Die erfolgreiche Gestaltung und Umsetzung des technologiegestützten STEAM-Ansatzes erfordert eine Umgestaltung der schulischen Lehrpläne und der Lehr-, Lern- und Bewertungsmethoden, um **besser auf die Möglichkeiten der neuen Technologien und die STEAM-Schlüsselkonzepte Innovation und Kreativität abzustimmen**. Der STEAM-Unterricht sollte die Möglichkeiten moderner Technologien nutzen, die für die Lernenden intrinsisch motivierend sind, um qualitativ hochwertige Lernerfahrungen zu schaffen, die Innovation, Kreativität, Kommunikation und Zusammenarbeit, kritisches Denken und Problemlösungsfähigkeiten der Schüler fördern.

Vor allem **die Rolle der Lehrkräfte** ist für die erfolgreiche Integration von IKT in STEAM-Bildungsumgebungen von entscheidender Bedeutung. Zu ihren erforderlichen Fähigkeiten gehören gute Kenntnisse über die pädagogischen Möglichkeiten, die die neuen technologischen Lösungen bieten, das Erkennen ihres Potenzials, ihres Nutzens, ihrer Vorteile und der mit ihrer Nutzung verbundenen Probleme sowie die Schaffung von Bedingungen für ihre erfolgreiche Umsetzung. Eine Reihe von Forschungsstudien hat jedoch festgestellt, dass es für Lehrkräfte sehr viel anspruchsvoller ist, die wachsende Bedeutung mobiler und anderer IKT-Technologien und ihr transformatives Potenzial in Unterrichtssituationen zu nutzen, als ursprünglich angenommen wurde, und dass viele Lehrkräfte nicht darauf vorbereitet sind, IKT-Werkzeuge in ihrer Unterrichtspraxis effektiv einzusetzen (z. B. Blackwell, 2014; Ertmer, Ottenbreit-Leftwich, Sadik, Sendurur, & Sendurur, 2012; Attard, 2015).

Die Forschung legt nahe, dass **viele Lehrkräfte Schwierigkeiten haben, sich mit immersiven Technologien vertraut zu machen** (Blankenship & Kim, 2012), **während andere deren Einsatz als Unterrichtsmittel negativ beurteilen** (McNair & Marybeth, 2016). Selbst künftige Lehrkräfte (z. B. angehende Lehrkräfte) erkennen zwar an, dass immersive Technologien sehr motivierend und ansprechend sind und die Schülerinnen und Schüler unterstützen, haben aber immer noch Bedenken hinsichtlich ihrer Verwendung und Umsetzung, und viele von ihnen fühlen sich unerfahren im Umgang mit solchen Technologien (Cooper et al., 2019) oder finden die verfügbaren Tools schwierig, vor allem zu Beginn (Delello, 2014). Darüber hinaus müssen Lehrkräfte möglicherweise auch immersive Aktivitäten entwerfen, modellieren und programmieren, allerdings gibt es **nur wenig Unterstützung bei der Schaffung von gemischtrealistischen Bildungsräumen** (Elliot et al., 2012). Um die Verbreitung neuer Technologien im Unterricht und ihre Nutzung auf kreativere Art und Weise zu fördern, die sich wirklich auf das Lehren und Lernen auswirken kann, sollten Lehrkräfte eine **hochwertige berufliche Weiterbildung erhalten**, die innovative Technologien in den Vordergrund ihres Bewusstseins rückt .

Zweifellos müssen Lehrkräfte ihr technologisches Instrumentarium erweitern, um den Bedürfnissen der technologisch versierten Schüler von heute gerecht zu werden. Sie müssen die Technologie, die die Schüler in ihrem täglichen Leben zum Lernen, zur Kommunikation und zur Unterhaltung nutzen, auch im Klassenzimmer einsetzen. Die Technologie sollte so eingesetzt werden, dass sie einen Mehrwert für den Bildungsprozess darstellt und die Möglichkeiten der traditionellen Lernmittel erweitert. Die Bildung der Lernenden des 21.st Jahrhunderts bedeutet, dass modernste technologische Hilfsmittel eingesetzt werden, um die Innovation und Kreativität der Schüler zu fördern und zu inspirieren, um sowohl

personalisierte als auch gemeinschaftliche Lernerfahrungen und Bewertungen zu entwerfen und zu entwickeln, um interdisziplinäres Arbeiten und Lernen im digitalen Zeitalter zu modellieren und um Gerechtigkeit, digitale Bürgerschaft und Verantwortung zu fördern.

Ein großes Hindernis für die Einführung fortschrittlicher technologischer Lösungen (wie Serious Games, Augmented und Virtual Reality) in den Schulen der Primar- und Sekundarstufe ist, dass die vor- und berufsbegleitende Lehrerausbildung die Konzepte für die Konzeption, Gestaltung und Anwendung solcher Lösungen nicht in dem erforderlichen Umfang enthält. Gleichzeitig berücksichtigen die zunehmend verfügbaren Studiengänge für Spieldesigner und -entwickler (wie z. B. die Bachelor- und Masterstudiengänge am CGL) Lernspiele und fortschrittliche Bildungstechnologien nur ansatzweise. Derzeit fehlt diesen Studiengängen die theoretische Untermauerung durch pädagogische und didaktische Theorien, um einen größeren Beitrag zur Entwicklung von Bildungstechnologien zu leisten. Auch in der Informatikausbildung liegt der Schwerpunkt auf den technischen Aspekten der Lösungen, während den gestalterischen Aspekten und den pädagogischen Grundlagen zu wenig Beachtung geschenkt wird. Infolgedessen stammen die Beiträge zur verstärkten Nutzung digitaler Technologien im Bildungswesen häufig aus monodisziplinären Zusammenhängen und spiegeln somit nicht den Stand der Technik in den verschiedenen Disziplinen wider. Infolgedessen bleiben die Lösungen oft hinter ihrem pädagogischen Potenzial zurück (Kelle et al., 2011).

In Anerkennung der Tatsache, dass die zunehmende Komplexität von Konzepten wie Augmented-Reality-Spielen für Bildungszwecke ein **interdisziplinäres Verständnis und eine Zusammenarbeit** erfordert, um wertvolle Ergebnisse aus pädagogischer, Spieldesign- und technologischer Sicht zu liefern, wurde das Projekt *imTech4Ed* vorgeschlagen, um den monodisziplinären Ansatz in den Bereichen zu überwinden, die zusammenarbeiten müssen, um weithin nutzbare spielbasierte Bildungslösungen zu entwerfen und zu liefern. Zu den relevanten Bereichen gehören: Spieldesign, wo immersive und interaktive Lösungen entworfen und entwickelt werden; Informatik, wo die technologischen Grundlagen für immersive Technologien und skalierbare Architekturen für diese geschaffen werden; und Lehrerbildung, wo Lehrer in der Aus- und Weiterbildung ausgebildet werden. Derzeit haben diese Bereiche nur wenig miteinander zu tun. Jüngste Ansätze in den relativ neuen interdisziplinären Game-Design-Studiengängen für Bachelor- und Masterstudierende zeigen jedoch den Wert von interdisziplinärer Ausbildung und problembasiertem Lernen (Klemke & Hettlich, 2019) für die disziplinübergreifende Zusammenarbeit **von Programmierern, Designern und Künstlern**. In Anerkennung des Potenzials solcher Ansätze zielt *ImTech4Ed* darauf ab, die derzeitige Situation umzukehren und die Forschung im aufstrebenden Bereich der Serious Games und anderer immersiver Technologien für STEAM zu vertiefen, indem versucht wird, die Lehrerausbildung, die Spieldesign-Ausbildung und die Informatikausbildung zusammenzubringen, um ein partizipatives Game Co-Design zu betreiben.

Neuere Entwicklungen in der Literatur **betonen die transformative Kraft von Zusammenarbeit und Interaktivität** bei der Arbeit an STEAM-Bildungsprojekten. Bei gemeinschaftlichen Projekten sind die SchülerInnen an der Mitgestaltung und Autorschaft beteiligt, indem sie ihre Ideen, Erkenntnisse und Kreativität einbringen, um den Inhalt und die Struktur von immersiven Erfahrungen zu gestalten. Diese aktive Beteiligung fördert das Gefühl der Eigenverantwortung und der Handlungsfähigkeit und befähigt die Schülerinnen und Schüler, ihr Lernen selbst in die Hand zu nehmen und zu Mitgestalten von Wissen

zu werden. Die Zusammenarbeit in STEAM-Projekten fördert auch das Lernen unter Gleichgesinnten, da die SchülerInnen Ideen austauschen, Feedback geben und in Echtzeit in virtuellen Umgebungen zusammenarbeiten. Durch die Zusammenarbeit entwickeln die Schülerinnen und Schüler wichtige Fähigkeiten wie Kommunikation, Problemlösung und kritisches Denken, während sie gleichzeitig Teamwork und Empathie entwickeln. Wenn Lehrkräfte aktiv am Kooperationsprozess teilnehmen, fungieren sie zudem als Vermittler, die die Lernprozesse der SchülerInnen anleiten und unterstützen. Dieser kollaborative Ansatz in STEAM-Projekten steigert nicht nur das Engagement und die Motivation, sondern fördert auch ein tieferes Verständnis und sinnvolle Lernergebnisse. Der Mehrwert der Zusammenarbeit zeigt sich in allen Phasen einer Bildungsaktivität, unabhängig vom Lernkontext (z. B. konventionelles oder E-Learning) oder dem beteiligten wissenschaftlichen Thema, und bringt einen Mehrwert für jeden Schritt des Forschungsprozesses, wie z. B. die Hypothesenbildung, die Datenauswertung und die Verbreitung der Ergebnisse (Mystakidis et al., 2022).

Darüber hinaus können immersive Technologien die Zusammenarbeit in STEAM-Projekten weiter fördern. Sie ermöglichen es den Schülern, eine Umgebung interaktiv und gemeinschaftlich zu entdecken und zu erforschen (Syawaludin und Rintayati, 2019). Auf diese Weise bieten sie den Schülerinnen und Schülern eine einzigartige Plattform, um sich aktiv an ihrem Lernprozess zu beteiligen. Immersive Technologien können, wenn sie richtig eingesetzt werden, die Leistung der Schüler verbessern, sie motivieren, ihnen helfen, besser zusammenzuarbeiten, ihr räumliches Bewusstsein zu verbessern und ihre Motivation zu steigern (Ajit, 2021; Kalemkuş und Kalemkuş, 2022). Alkhabra et al. (2023) kommen zu dem Schluss, dass die Integration von immersiven Technologien und MINT das Lösen komplexer Probleme aktiviert und die Zusammenarbeit fördert. Pellas et al. (2017) betonen die wichtige Rolle der Zusammenarbeit auf der theoretischen Grundlage des Soziokonstruktivismus für die MINT-Bildung. Nach Miller et al. (2020) betont der Kernpunkt des Sozialkonstruktivismus, dass Wissen nicht nur auf den Einzelnen beschränkt ist. Stattdessen sind Lernen und Verstehen grundsätzlich soziale Prozesse, und eine sinnvolle Zusammenarbeit ist sowohl für die individuelle als auch für die Gruppenentwicklung von wesentlicher Bedeutung. Die Schaffung von Bedingungen, die es den Schülern ermöglichen, zu diskutieren und ihre Meinungen auszutauschen, bietet ihnen ein geeignetes Lernumfeld, um zu erforschen und eine forschende Haltung zu fördern, was grundlegende Merkmale einer Unterrichtsgestaltung sind, die den Wissenserwerb durch Interaktion unterstützen soll.

Die folgende Diskussion verbindet die bestehende Situation in allen Partnerländern des *ImTech4Ed-Projekts* (Zypern, Griechenland und Deutschland) mit der aktuellen Literatur in Bezug auf die identifizierten Fragen bezüglich des Interesses von Schülern an STEAM-Studiengängen und -Berufen und wie dieses von Faktoren wie Geschlecht, sozioökonomischem Status, Leistung und Erwartungen beeinflusst wird. Es wird auch veranschaulicht, wie diese Faktoren mit der Teilnahme von Sekundarschülern an der tertiären Bildung zur Erlangung von Abschlüssen in STEAM-bezogenen Bereichen verbunden sind. Schließlich wird in den folgenden Abschnitten versucht, den Status der nationalen Politiken auf Länderebene und den Grad der Übernahme von interdisziplinären STEAM-Ansätzen und spielbasierter Pädagogik in der Bildung darzustellen. Die vorgestellten Informationen unterstreichen nicht nur die Notwendigkeit, den Zugang zu STEAM-Feldern für ein breites Spektrum von Lernenden zu erweitern, sondern untermauert auch die Notwendigkeit, weitere Lösungen für die Einführung von interdisziplinären Ansätzen sowohl in der Sekundar- als auch in der Hochschulbildung anzubieten. Schließlich verdeutlichen die folgenden Abschnitte die Bedeutung der Verbesserung der



beruflichen Entwicklung von Lehrkräften als Priorität auf politischer Ebene sowie die Erleichterung der Einarbeitung von Lehrkräften in neu entstehende Technologien auf Mikroebene für die Förderung von STEAM-Feldern, Karrieren und damit verbundenen Fähigkeiten; letztere werden als wesentlich für die Kultivierung von Zusammenarbeit, Kreativität und kollektivem Bewusstsein unter den heutigen Lernenden/Bürgern angesehen.

3 Bestehende Situation in Bezug auf STEAM-Studiengänge und -Berufe

Der folgende Abschnitt erörtert die bestehende Situation in Bezug auf STEAM-Studiengänge und -Karrieren in den drei Partnerländern (Deutschland, Griechenland und Zypern) innerhalb des breiteren europäischen Rahmens und identifiziert Elemente wie nationale Politiken und staatliche Unterstützung, Bildungsreformen, die Einstellung der Schulen und den Zugang der Schüler zu Beratungsangeboten, die für die Gestaltung von Studiengängen und Karrieren in STEAM von Bedeutung sein könnten. Darüber hinaus erörtert der Abschnitt die Leistungen von Schülern der Sekundarstufe in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften und Kunst, die Erwartungen und Entscheidungen der Jugendlichen in Bezug auf ihre künftige Laufbahn, die Vertretung der Schüler in STE(A)M-Studiengängen und -Laufbahnen im späteren Leben sowie die Frage, wie ihre Entscheidungen mit Faktoren wie Geschlecht und sozioökonomischem Status zusammenhängen könnten. Schließlich bietet der Abschnitt einen Einblick in die Demografie von Forschern nach Sektor und akademischem Bereich und ihre Vertretung in Hochschuleinrichtungen (z. B. akademisches Personal, Hochschulleiter, Teilzeitbeschäftigung, Gehälter).

3.1 Leistungen in Mathematik, Naturwissenschaften und Kunst (im Sekundar- und Hochschulbereich)

Auf der Grundlage der jüngsten PISA-Ergebnisse (OECD, 2019), die Daten aus 79 Ländern zu den **Leistungen 15-jähriger Schüler in den Bereichen Lesen, Mathematik und Naturwissenschaften** enthalten, liegen die Leistungen der jugendlichen Schüler aus Griechenland und Zypern sowohl in den Naturwissenschaften als auch in der Mathematik unter dem OECD-Durchschnitt, während die Schüler in Deutschland sowohl in Mathematik als auch in den Naturwissenschaften über dem OECD-Durchschnitt liegen. Während dies für die Leistungen der deutschen Schülerinnen und Schüler in Mathematik seit 2003 der Fall ist, sind die durchschnittlichen Leistungen in den Naturwissenschaften seit 2012 zurückgegangen, da die Naturwissenschaften in Deutschland nicht mehr zu den Hauptfächern gehören. Wie in der Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) festgestellt wurde, sind die Gesamtleistungen sowohl in Mathematik als auch in den Naturwissenschaften in den letzten Jahren in Deutschland zurückgegangen, was die **Frage aufwirft, wie sich dies auf die Motivation, das Selbstvertrauen und die positive Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber Mathematik und Naturwissenschaften auswirkt**. Ähnliche Anzeichen wurden aus Zypern berichtet, wo ein Rückgang von der Klasse 4th bis zur Klasse 8th in Bezug auf die Freude, das Selbstvertrauen und die Wertvorstellungen der SchülerInnen in Bezug auf die Naturwissenschaften zu beobachten ist, da die Punktzahl der SchülerInnen der Klasse 8th tendenziell unter den Mittelwert¹ fiel. Dementsprechend schienen die Schülerinnen und Schüler positive Ansichten über die Freude an und den Wert von

¹ Der Mittelpunkt bezieht sich auf den Mittelwert der kombinierten Leistungsverteilung aller teilnehmenden Länder, der in diesem Fall 500 beträgt.

Mathematik und über ihre Fähigkeit, in der Sekundarstufe in Mathematik erfolgreich zu sein, beizubehalten (Mullis et al., 2020), was möglicherweise mit ihrer Fähigkeit zusammenhängt, in Mathematik höhere Punktzahlen zu erreichen (wie in TIMSS 2019 berichtet).

Studien haben ebenfalls gezeigt, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Leistung der Schüler und ihrer Einstellung besteht; letztere bezieht sich auf die erlernte Tendenz eines Schülers, positiv oder negativ auf ein Objekt oder Konzept zu reagieren. Negative Einstellungen scheinen sich auf effektives Lernen und folglich auf Lernergebnisse und Leistung auszuwirken (Mazara et al., 2019). In einer anderen einschlägigen Studie wird darauf hingewiesen, dass Schülerinnen und Schüler gleichzeitig positive und negative Einstellungen haben können und dass es unklar ist, ob eine positive Einstellung zu Mathematik die Ursache für hohe Leistungen ist (Syeda, 2016). Stattdessen stellte die Studie fest, dass hohe Fähigkeiten und das Geschlecht Faktoren sind, die sich auf die Leistung auswirken, da zum Beispiel Mädchen - selbst leistungsstarke Mädchen - "unter dem Einfluss des Impostersyndroms zu stehen scheinen [...] und sich unsicher sind, gute Leistungen zu erbringen" (Syeda, 2016, S. 55).

Ein weiterer Faktor, der sich auf die hohen Leistungen der Schüler in Mathematik und Naturwissenschaften auszuwirken scheint, ist nicht nur die **Einstellung** der Schüler, sondern auch die **der Schule zu akademischen Leistungen**. Schulen, die Wert auf akademischen Erfolg legen, sind oft gut vorbereitet und verfügen über hochqualifizierte Lehrkräfte, und auch die Eltern sind unterstützend tätig, da sie selbst hohe Erwartungen an den Erfolg der Schüler haben. In einem solchen Umfeld scheinen auch die Schüler den Wunsch zu haben, gute Leistungen zu erbringen, und werden gut unterstützt, um die akademischen Ziele der Schule in den verschiedenen Disziplinen zu erreichen (Mullis et al., 2020).

3.2 Berufserwartungen jugendlicher Schüler in der Stem- oder Steam-Branche

Laut dem *Monitor für allgemeine und berufliche Bildung (ET 2020)* der Europäischen Kommission haben die europäischen Länder seit der Festlegung von EU-Benchmarks im Jahr 2009 als Teil dieses Prozesses große Fortschritte bei der Ausweitung der Bildungsbeteiligung gemacht". Dennoch sind europaweit nach **wie vor** etwa 20 % der 15-Jährigen von **Bildungsarmut bedroht, wobei die Hauptfaktoren das Fehlen grundlegender Kompetenzen in den Bereichen Lesen, Schreiben und Mathematik sowie ausreichende Kenntnisse in den naturwissenschaftlichen Fächern sind**.

In Zypern erreichten 2015 mehr als 30 % der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler nicht die grundlegenden Fähigkeiten in Mathematik, während der Anteil der Schülerinnen und Schüler mit geringen Leistungen in Mathematik in der EU bei 22,2 % lag. PISA definiert "leistungsschwache Schüler" als Schüler, die in den Grundfertigkeiten unter dem Niveau liegen, das für eine uneingeschränkte Teilnahme an der modernen Gesellschaft erforderlich ist. Dies kann zu einem erhöhten Risiko der Arbeitslosigkeit und der Ausgrenzung aus der Gesellschaft führen. Ein **derartig niedriges Leistungsniveau in Mathematik auf nationaler Ebene hängt möglicherweise mit den**

Karriereerwartungen und den geringeren Möglichkeiten für Jugendliche zusammen, eine Karriere in STEAM zu verfolgen.

Sowohl in Mathematik als auch in den Naturwissenschaften sind **geschlechtsspezifische Unterschiede in den** Leistungen der Schüler zu beobachten. Es wird geschätzt, dass Mädchen in höherem Maße eine naturwissenschaftliche Laufbahn einschlagen werden als Jungen (OECD-Länder, $d = 0,15$). Es ist erwähnenswert, dass in Griechenland die Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern zugunsten der Mädchen deutlich höher sind als im OECD-Durchschnitt. In Deutschland hingegen erreichen nicht nur weniger Mädchen als Jungen mindestens die Stufe 5 in den Naturwissenschaften, sondern Mädchen - selbst die leistungsstärksten Mädchen - haben auch eine geringere Wahrscheinlichkeit als Jungen, in einem naturwissenschaftlichen Beruf zu arbeiten. Von den leistungsstarken Schülerinnen und Schülern in Mathematik und Naturwissenschaften erwartet etwa jeder vierte Junge in Deutschland, im Alter von 30 Jahren als Ingenieur oder Naturwissenschaftler zu arbeiten, während dies nur bei einem von acht Mädchen der Fall ist. Etwa eines von vier leistungsstarken Mädchen erwartet, in Gesundheitsberufen zu arbeiten, während weniger als einer von zehn leistungsstarken Jungen dies erwartet. Nur 7 % der Jungen und 1 % der Mädchen in Deutschland erwarten, in IKT-bezogenen Berufen zu arbeiten. Von der Gesamtzahl der Schüler erwarten 63,1 % der Schüler in Griechenland, in Berufen zu arbeiten, die nichts mit den Naturwissenschaften zu tun haben (Sofianopoulou et al., 2017). Im Durchschnitt erwarten griechische Studierende eine Arbeit, die mit Naturwissenschaften zu tun hat, und zwar in höherem Maße als im OECD-Durchschnitt. Genauer gesagt steht Griechenland nach Italien an zweiter Stelle in der Welt, was die Anzahl der Frauen betrifft, die Natur- und Ingenieurwissenschaften für ihre postsekundäre Ausbildung gewählt haben. 44 % der Personen, die in diesen Bereichen studierten, waren Frauen, verglichen mit einem Durchschnitt von 34 % in allen OECD-Ländern.

Sicherlich ist das Geschlecht nicht der einzige Faktor, der sich auf die Karriereerwartungen jugendlicher Schüler in STE(A)M auswirkt. In mehreren Studien wurde festgestellt, dass der **sozioökonomische Status** für die Entscheidungen der Schüler von Bedeutung ist, vor allem aber für die Erwartungen der Schüler an ihre künftige berufliche Laufbahn. In einer kürzlich durchgeführten Studie wurde festgestellt, dass die Erkundung beruflicher Optionen unabhängig vom sozioökonomischen Status der Schüler auf der Grundlage ihrer Berufswünsche zunimmt. Dennoch "unterstreichen die Ergebnisse dieser Studie die entscheidende Rolle des sozioökonomischen Status bei der Art und Weise, wie Individuen ihre Berufswünsche bei der Berufserkundung verwirklichen" (Sawitri & Suryadi, 2020, S.262). In einer anderen Studie weisen die Autoren darauf hin, wie wichtig es ist, die Vielfalt und Komplexität von Berufswünschen zu verstehen und wie diese mit dem sozioökonomischen Status und anderen Markern sozialer Unterschiede über die Schuljahre hinweg zusammenhängen (Gore et.al. 2015). Aus derselben Studie geht hervor, dass Schüler mit einem höheren sozioökonomischen Status eher aus Leidenschaft und Interesse über ihre zukünftigen Berufe sprechen und das Gefühl haben, dass sie eine größere Bandbreite an Berufen verfolgen können, während Schüler mit einem niedrigeren sozioökonomischen Status eher Geld als Hauptmotivator angeben (Gore et al. 2015). Dies ist besonders wichtig, um die Motivationen und die Berufswahl der Schüler besser zu verstehen, und von entscheidender Bedeutung, wenn es darum geht, durch Bildung und Unterricht ein breiteres Spektrum an Möglichkeiten für alle Schüler zu schaffen.

Dies steht auch im Zusammenhang mit einem anderen, allgemeineren Anliegen, nämlich dem **Zugang der Studierenden zu Beratung und angemessenen Unterstützungsdiensten, die ihnen helfen, fundierte Entscheidungen über ihre künftige Laufbahn zu treffen**. Laut dem Gemeinsamen Beschäftigungsbericht der Europäischen Kommission *Gemeinsamen Beschäftigungsbericht 2019* (2019, S. 54) "Zypern hat ein Outreach-Projekt gestartet, das vom Bildungsministerium in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsministerium und der zyprischen Jugendbehörde unterstützt wird und darauf abzielt, 4.000 nicht erwerbstätige NEETs (Not in Education, Employment or Training) zu erreichen und ihnen Aktivierungsunterstützung durch Beratung und maßgeschneiderte Schulungen zu bieten." Dies ist für alle EU-Länder besonders wichtig, wenn man die sich verändernden Anforderungen des Arbeitsmarktes, die Komplexität der Karrieremöglichkeiten und das schwindende Gefühl von Stabilität und Arbeitsplatzsicherheit bedenkt. Außerdem hat sich der Schwerpunkt von der Vorbereitung der Schüler auf eine einzige berufliche Laufbahn hin zur Vorbereitung der Schüler auf berufliche Veränderungen im Laufe ihres Lebens und auf lebenslanges Lernen verlagert.

3.3 Vertretung der Studierenden in STEM/STEAM (UG und PG-Programme)

3.3.1 Teilnahme an tertiärer Bildung

Auf der Grundlage von Daten aus den Jahren 2010-2017 waren im gesamten Europäischen Hochschulraum (EHR) die meisten Studierenden des Tertiärbereichs (56,4 %) in Studiengängen des ersten Zyklus (Bachelor) eingeschrieben, während 21,2 % in Studiengängen des zweiten Zyklus (Master oder gleichwertiger Abschluss) und 19,7 % in Studiengängen des kurzen Zyklus eingeschrieben waren. Lediglich 2,7 % der Studierenden des Tertiärbereichs waren in Studiengängen des dritten Zyklus (Doktorat oder gleichwertig) eingeschrieben (Europäische Kommission, 2020). Laut dem *Bericht über die Umsetzung des Bologna-Prozesses* (Europäische Kommission, 2020) verzeichnete die Türkei mit einem Anstieg von über 600 % zwischen 2000 und 2017 den größten prozentualen Anstieg der Zahl der eingeschriebenen Studierenden im tertiären Bildungsbereich, gefolgt von Zypern (Anstieg von über 300 %). Im Vergleich zwischen 2000 und 2017 wurde in den meisten Ländern ein Anstieg der Einschreibungsraten verzeichnet. Griechenland verzeichnete einen Anstieg von etwa 11 Prozentpunkten. Laut demselben Bericht müssen diese Veränderungen für diesen bestimmten Zeitraum im Zusammenhang mit anderen Faktoren betrachtet werden, wie z. B. demografischen Veränderungen, der Struktur der (Hochschul-)Bildungssysteme (Art und Umfang der verfügbaren Programme, Erleichterung von Teilzeitstudien usw.), länderspezifischen Merkmalen, nationalen Strategien und Veränderungen der wirtschaftlichen Bedingungen (z. B. Beschäftigungsfähigkeit), die sich alle auf die Erwartungen und den Wunsch der Studierenden auswirken, sich für ein Hochschulstudium einzuschreiben und ihr Studium auf Promotionsebene fortzusetzen.

Laut dem Bericht des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)² ist in keinem anderen OECD-Land der MINT-Abschluss so beliebt wie in Deutschland. Mehr als ein Drittel (36 %) aller

² https://www.datenportal.bmbf.de/portal/de/bildung_und_forschung_in_zahlen_2020.pdf

Absolventen erwarb 2017 einen tertiären Abschluss, d. h. einen Hochschulabschluss oder einen berufsorientierten tertiären Bildungsabschluss in einem MINT-Fach³. Der Anteil der MINT-Absolventen ist in Deutschland 2018 um 46,7 % höher als in der EU (35,2 %).

Griechenland hat unter den OECD-Ländern die vierthöchste Einschreibequote im tertiären Bereich und verzeichnete in den letzten zehn Jahren einen Anstieg der Hochschulabsolventen (OECD, 2019c). Nach Angaben der OECD und Daten aus dem Jahr 2012 (OECD, 2015b) hat Griechenland die sechsthöchste Zahl von MINT-Absolventen weltweit, wobei 26 % der Abschlüsse in den MINT-Bereichen vergeben werden. Laut dem Amt für Veröffentlichungen der EU (2016) stieg der Anteil der Absolventen in MINT-bezogenen Disziplinen in Griechenland im Sechsjahreszeitraum zwischen 2006 und 2012 von etwa 19,5 % auf 23,5 %. Beide Werte lagen über dem EU28-Durchschnitt, der zwischen 2007 und 2012 stabil bei 19 % lag. Darüber hinaus ist der Anteil der Absolventen in MINT-bezogenen Disziplinen in Griechenland im Jahr 2012 der dritthöchste in den europäischen Ländern. Dem IOBE-Bericht (2017) zufolge sind Hochschulabsolventen, die in Griechenland ein Aufbaustudium absolvieren, vor allem in den Wissenschaftsbereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik (von 16,8 % im Studienjahr 2002-2003 sank die Zahl auf 13,2 % im Studienjahr 2015-2016) und Ingenieurwesen, Fertigung und Bauwesen (von 13,2 % auf 9,6 %) tätig.

In Zypern ist trotz der verbesserten Leistungen der Schüler in Mathematik und Naturwissenschaften in der 8. Klasse der Prozentsatz der Studenten in STEAM-Fächern auf Universitätsebene immer noch viel niedriger als in anderen Bereichen: Der Gesamtprozentsatz der Absolventen in den Bereichen Kunst und Geisteswissenschaften (7 %), Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik (2 %), IKT (2 %) und Ingenieurwesen (10 %) entspricht zusammen NICHT dem Prozentsatz der Absolventen in Betriebswirtschaft und Recht (39 %) (*Monitor allgemeine und berufliche Bildung 2020*, 2020). Laut

³ Während der Prozentsatz der Hochschulabsolventen in Deutschland überdurchschnittlich hoch ist, ist die Kluft zwischen den Geschlechtern in der tertiären Bildung im MINT-Bereich größer als in der EU im Allgemeinen. In Deutschland entscheiden sich die Frauen in der STEAM-Ausbildung deutlich häufiger für Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik als für Ingenieurwissenschaften oder IKT. Im Jahr 2012 ging die Zahl der Frauen, die einen Abschluss in IKT machen, leicht zurück, während sie in Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik im Vergleich zu 2006 zunahm. Innerhalb der EU-28 verzeichnete Deutschland zwischen 2004 und 2012 den größten Anstieg des Frauenanteils in MINT-Fächern im tertiären Bildungsbereich, jedoch einen leichten Rückgang in der beruflichen Bildung.³ Im Jahr 2019 lag die Beteiligung von Frauen in Mathematik und Naturwissenschaften bei fast 50 %. In Griechenland waren 2018 nur 42 % der Absolventen Frauen.

Nach Angaben des Europäischen Instituts für Gleichstellungsfragen (EIGE, 2018) bestehen innerhalb der MINT-Fächer große Unterschiede in Bezug auf die Geschlechtertrennung. IKT, Ingenieurwesen, Fertigung und Bauwesen sind die am stärksten von Männern dominierten Bildungsbereiche. Insgesamt stellen Frauen in der EU 19 % der MINT-Absolventen in den Bereichen Ingenieurwesen, verarbeitendes Gewerbe und Bauwesen und 17 % in der IKT. Insgesamt ist auf EU-Ebene der Anteil weiblicher Absolventen im IKT-Bereich von 22 % im Zeitraum 2004-2006 auf 17 % im Zeitraum 2010-2012 zurückgegangen. Auf EU-Ebene sank der Anteil der weiblichen Hochschulabsolventen in den Bereichen Ingenieurwesen, verarbeitendes Gewerbe und Bauwesen von 19 % im Zeitraum 2004-2006 auf 18 % im Zeitraum 2010-2012. In den Naturwissenschaften, der Mathematik und der Statistik war die Verteilung der Absolventen zwischen den Geschlechtern in den letzten zehn Jahren ausgeglichen bzw. die Studienfächer wurden weiterhin von Frauen dominiert. Der Frauenanteil unter den MINT-Absolventen der Jahre 2013-2015 liegt in Griechenland in den Bereichen Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik sowie Ingenieurwesen, verarbeitendes Gewerbe und Bauwesen nahe am EU-Durchschnitt, ist jedoch im Bereich IKT deutlich höher, wo der Anteil der griechischen Frauen mehr als 30 % beträgt, während der EU-Durchschnitt bei 17 % liegt

dem Bildungs- und Ausbildungsmonitor 2020 für Zypern⁴ lag der Anteil der MINT-Absolventen im Jahr 2018 bei 15 % und damit deutlich unter dem EU-Durchschnitt von 25 %. Nur 2 % der Absolventen erwarben einen Abschluss in IKT (EU-Durchschnitt: 3,6 %).

In Anbetracht dessen ist es für alle EU-Länder unerlässlich, STEAM-bezogene Aktivitäten zu fördern, zu unterstützen und zu finanzieren, um diese Zahlen zu verbessern. Die Industrie 4.0 legt nahe, dass zukünftige Absolventen in der Lage sein sollten, die Anforderungen zukünftiger Arbeitsplätze zu erfüllen. Bei diesen Arbeitsplätzen handelt es sich um grüne Arbeitsplätze, die in der Fertigung, im Baugewerbe, im Dienstleistungssektor, in der Abfallwirtschaft und im nachhaltigen Finanzwesen geschaffen werden sollen (EC, 2020). Aufgrund des Ausbruchs der Covid 19-Pandemie mussten einige Arbeitsplätze auf neue, moderne Technologien umgestellt werden⁵, um mit der Situation fertig zu werden und einen Teil ihrer Dienstleistungen online zu erbringen. Dies zeigt, dass künftige Bürger/Berufsangehörige eine umfassende Ausbildung mit einem starken wissenschaftlichen Hintergrund haben sollten, um künftige gesellschaftliche Herausforderungen zu bewältigen.

3.3.2 Zugang zu Promotionsprogrammen und erworbene Doktorgrade

Wie im vorangegangenen Abschnitt dargelegt, waren nur 2,7 % der Hochschulstudenten in Studiengängen des dritten Zyklus (Doktorat oder gleichwertig) eingeschrieben, basierend auf Daten, die für die Jahre zwischen 2010 und 2017 im gesamten EHR erstellt wurden (Europäische Kommission, 2020). Im gesamten EHR zeigen sowohl Frauen als auch Männer eine hohe Präferenz für Promotionsstudien im Bereich der Naturwissenschaften und der Mathematik (Europäische Kommission, 2019a).

In Zypern ist der Anteil der Frauen unter den Doktoranden in den zehn Jahren zwischen 2007 und 2016 gestiegen (Europäische Kommission, 2019a). Aus derselben Quelle geht hervor, dass in Zypern der Anteil der weiblichen Hochschulabsolventen in den Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik bei etwa 30 % lag, verglichen mit 20 % der männlichen Hochschulabsolventen in diesem Bereich; es gab keine weiblichen Hochschulabsolventen im Bereich IKT, während der Anteil der männlichen Hochschulabsolventen im Bereich IKT bei etwa 10 % lag; und etwa 10 % der Frauen und 30 % der Männer waren im Bereich Ingenieurwesen, Fertigung und Bauwesen tätig. In Deutschland lag der Anteil der Frauen in Mathematik und Naturwissenschaften bei fast 50 %. Von den Frauen in Mathematik und Naturwissenschaften haben 35,4 % einen Bachelor-Abschluss, 29,6 % einen Master-Abschluss und 15 % einen Dokortitel. In den Ingenieurwissenschaften hingegen machen 56,1 % einen Bachelor-Abschluss, 36,3 % einen Master-Abschluss und nur 3,6 % einen Dokortitel. Generell sinkt der Anteil der Frauen in den verschiedenen Fachbereichen kontinuierlich. Der Prozentsatz der Akademikerinnen, die eine Karriere in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften oder

⁴ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f2b8bedb-2496-11eb-9d7e-01aa75ed71a1>

⁵ Laut dem Bericht "Die Zukunft der Arbeitsplätze" des Weltwirtschaftsforums aus dem Jahr 2020: "... bis 2025 könnten 85 Millionen Arbeitsplätze durch eine Verschiebung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine verdrängt werden, während 97 Millionen neue Rollen entstehen könnten, die besser an die neue Arbeitsteilung zwischen Mensch, Maschine und Algorithmus angepasst sind" (S. 5)

Ingenieurwesen anstreben, ist niedriger als ihr Anteil an den Studiengängen. Am größten ist die Kluft auf der Ebene der Professoren.

Nach Angaben der OECD (2019c) lag der Anteil der Frauen an den Doktoranden in Griechenland im Jahr 2018 bei 45 % und damit in der Nähe des durchschnittlichen Anteils in allen OECD-Ländern. Dieser Anteil ist im weiten Bereich der Ingenieurwissenschaften, des verarbeitenden Gewerbes und des Bauwesens etwas geringer und im Bereich der Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik etwas höher. Laut dem Bericht SHE Figures 2018 (Europäische Kommission, 2019a) sind die Bereiche, in denen Frauen den höchsten Anteil an Promovierten haben, das Bildungswesen (72 %) und der Dienstleistungssektor (63 %), gefolgt vom Bereich Naturwissenschaften, Mathematik und Statistik (58 %) mit einem viel geringeren Anteil in den Bereichen Ingenieurwesen, Fertigung und Bauwesen (36 %) und im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien (14 %).

3.4 Beschäftigung in der Stamm-/Teamforschung und in Berufen

3.4.1 Demografische Daten

Laut dem Bericht über die Umsetzung des Bologna-Prozesses (2018) (*Der Europäische Hochschulraum im Jahr 2018: Bologna Process Implementation Report | Eurydice, n.d.*) verzeichnete Zypern zwischen 2000 und 2016 einen bemerkenswerten Anstieg des akademischen Personals um 204 %, mit einem entsprechenden Anstieg der Studierendenzahlen im tertiären Bildungsbereich im selben Zeitraum (2005-2016). Die Altersgruppe der 35- bis 49-Jährigen macht den größten Anteil (fast 40 %) des akademischen Personals aus, während der Anteil des akademischen Personals über 50 Jahre weniger als 30 % beträgt. Darüber hinaus gehörten laut SHE Figure (2018) die meisten Hochschullehrer beiderlei Geschlechts in der gesamten EU zur ältesten Altersgruppe. Die am wenigsten vertretene Altersgruppe war die jüngste, die 0,4 % der Frauen und 0,2 % der Männer in der Besoldungsgruppe A repräsentierte. Dies ist zu erwarten, wenn man bedenkt, dass für den Aufstieg in die **Besoldungsgruppe A in der Regel einige Jahre akademischer Erfahrung erforderlich sind**. Die Altersgruppe der 35- bis 44-Jährigen machte 9,9 % und die der 45- bis 54-Jährigen 34,7 % der Frauen in der Besoldungsgruppe A in der EU aus.

Gleichzeitig war das Erreichen einer gerechten Verteilung der Geschlechter ein Ziel auf Systemebene. In Zypern ist der prozentuale Anteil von Frauen in akademischen Positionen von 37 % (im Jahr 2000) auf 42,3 % (2017) gestiegen, verglichen mit dem EHEA-Median von 45,2 %. Laut dem Bericht über die Umsetzung des Bologna-Prozesses (Europäische Kommission, 2018) hatte Griechenland im Jahr 2015 den geringsten Anteil an akademischem Personal im Alter von unter 35 Jahren (3,3 %). Die Altersgruppe der 50- bis 64-Jährigen machte den größten Anteil (46,2 %) des akademischen Personals aus, während der Anteil des akademischen Personals in der Altersgruppe der 35- bis 46-Jährigen bei 44,7 % lag. Darüber hinaus hatte Griechenland im Jahr 2016 den viertniedrigsten Anteil an weiblichem akademischem Personal (32,7 %).

Nach Angaben der Europäischen Kommission (2019a) haben Frauen in allen untersuchten Ländern größere Schwierigkeiten als Männer, in die höchsten akademischen Positionen aufzusteigen. Weitere

Untersuchungen zeigen, dass die **geschlechtsspezifische Diskrepanz in der wissenschaftlichen Leistung** darauf zurückzuführen ist, dass Frauen bei einer Reihe von Faktoren, die für das Vorankommen in ihrer wissenschaftlichen Laufbahn wesentlich sind, unterschiedliche Muster aufweisen. So sind Frauen in höheren Positionen weniger international mobil als Männer und haben daher weniger Möglichkeiten zur internationalen Zusammenarbeit, die für eine erfolgreiche Bewerbung um Fördermittel unerlässlich ist. Frauen sind oft in einem Teufelskreis gefangen: Weniger Förderungserfolge führen zu weniger Möglichkeiten, ihre wissenschaftliche Leistung zu verbessern und umgekehrt.

Dennoch hat sich die Situation für Frauen seit 2013 in den meisten Ländern verbessert, wenn auch nur leicht (SHE Figures, 2018). Der Anteil (%) der Frauen an den Leitern von Einrichtungen im Hochschulsektor (HES) lag 2017 in der EU-28 bei 21,7 % (Zypern: 10,4 %, Griechenland: 11,1 % und Deutschland: Daten nicht verfügbar).

Nach (Europäische Kommission, 2019a) lag der durchschnittliche Anteil von Frauen, die als Forscherinnen arbeiten, im Jahr 2015 in der EU-28 bei 33,4 %, während dieser Anteil in Zypern etwas höher war (37,9 %); davon entfielen 12 % auf den Unternehmenssektor, 12 % auf den staatlichen Sektor, 72 % auf den Hochschulsektor und die restlichen 4 % auf den privaten Sektor. Gleichzeitig betrug der Anteil der männlichen Forscher 15 % im Unternehmenssektor, 6 % im staatlichen Sektor, 72 % im Hochschulsektor und 7 % im privaten Sektor.

Aus derselben Quelle geht hervor, dass Frauen in Zypern eher in den Sozialwissenschaften (34 %) als in den Naturwissenschaften (18 %) oder im Ingenieurwesen und der Technologie (21 %) forschen. Gleichzeitig sind männliche Forscher in den verschiedenen Disziplinen wie folgt tätig: 30 % in den Sozialwissenschaften, 29 % in Ingenieurwesen und Technologie, 21 % in den Naturwissenschaften und 13 % in den Geisteswissenschaften. Laut dem Bericht SHE Figures 2018 (Europäische Kommission, 2019a) waren in Griechenland sowohl männliche als auch weibliche Forscher eher in den Ingenieurwissenschaften und der Technologie tätig. Es ist jedoch bezeichnend, dass im Jahr 2016 in Griechenland die Zahl des leitenden akademischen Personals nach Forschungs- und Entwicklungsbereichen 103 Frauen im Gegensatz zu 539 Männern in den Naturwissenschaften und sogar 107 Frauen im Gegensatz zu 763 Männern in den Ingenieurwissenschaften und Technologien betrug.

Wie in SHE Figures berichtet (Europäische Kommission, 2019a) lag der Anteil der Teilzeitbeschäftigung von Forschern im Hochschulsektor an der Gesamtpopulation der Forscher in der EU-28 bei 13 % für Frauen und 8 % für Männer, während die entsprechenden Zahlen für Zypern bei 6,7 % für Frauen und 8,5 % für Männer lagen. Für Griechenland lauteten die entsprechenden Zahlen: Frauen 2,1 %, Männer 1,0 %. Ausgehend von derselben Quelle verdienen Frauen, die in der wissenschaftlichen Forschung und Entwicklung tätig sind, in der überwiegenden Mehrheit der Länder durchschnittlich weniger als Männer, wobei das geschlechtsspezifische Lohngefälle etwas größer ist als in der Gesamtwirtschaft. Insgesamt nimmt das geschlechtsspezifische Lohngefälle in der wissenschaftlichen FuE mit dem Alter zu. Auf EU-Ebene lag der durchschnittliche Bruttostundenverdienst von Frauen um 16,6 % unter dem der Männer in der Gesamtwirtschaft und um 17,0 % unter dem der Männer in wissenschaftlichen FuE-Tätigkeiten.

Die Beschäftigungsquote der 25- bis 64-Jährigen mit Hochschulabschluss lag 2018 in Griechenland in den Bereichen Ingenieurwesen, verarbeitendes Gewerbe und Bauwesen bei 77 % und damit unter dem OECD- und EU23-Durchschnitt, der für beide Bereiche 89 % betrug (OECD, 2019c). Laut dem Amt für Veröffentlichungen der EU (2016) lag die MINT-Arbeitslosenquote in Griechenland im Jahr 2003 bei etwa 6 %, während die durchschnittliche Arbeitslosigkeit bei etwa 26 % lag. Daher ist das Potenzial von MINT-Fächern auf dem Arbeitsmarkt für die griechische Bevölkerung positiv, und aus diesem Grund werden sich viele Schüler für ein Studium in einem dieser Bereiche entscheiden.

3.4.2 Beschäftigungsfähigkeit von STEM/STEAM-Fachkräften

Auf der Grundlage der Empfehlungen des Rates im *nationalen Reformprogramm Zyperns für 2019* (Europäische Kommission, 2019b) war der Anteil junger Menschen, die sich nicht in der allgemeinen oder beruflichen Bildung befinden, im Jahr 2018 einer der höchsten in der EU. Wie im *Nationalen Reformprogramm Griechenlands für 2019* (Europäische Kommission, 2019c) berichtet, ist der Anteil der Langzeitarbeitslosen, die 2018 70 % der Arbeitslosen in Griechenland ausmachten, sehr hoch, während die hohe Jugendarbeitslosigkeit und die geringe Arbeitsmarktbeteiligung von Frauen ebenfalls Anlass zur Sorge geben.

Dies ist vor allem **auf die unzureichenden öffentlichen Arbeitsverwaltungen und deren begrenzte Aktivierung bei der Arbeitssuche zurückzuführen**. Zu den Empfehlungen für eine stärkere Unterstützung beim Zugang zur Beschäftigung, insbesondere für junge Menschen und Langzeitarbeitslose, gehört die **Förderung der Selbständigkeit** und die Unterstützung der Menschen beim Erwerb von Qualifikationen, die besser auf die Bedürfnisse des Arbeitsmarktes abgestimmt sind. Dies und der festgestellte Mangel an digitalen Grundkenntnissen bei Zypern zwischen 16 und 74 Jahren (nur 50 %) sowie der im Vergleich zur EU immer noch geringere Anteil von IKT-Fachleuten an der Erwerbsbevölkerung (2,3 % gegenüber 3,7 %) lassen eine Hinwendung zu STEAM-Karrieren unerlässlich erscheinen. Es wird erwartet, dass die Zahl der offenen Stellen im MINT-Bereich in Zypern (und allen anderen Mitgliedstaaten) zwischen 2013 und 2025 steigen wird (*Ermutigung zu MINT-Studien - Amt für Veröffentlichungen der EU, n.d.*).

In dem Bericht heißt es *Braucht die EU mehr MINT-Absolventen?* (Amt für Veröffentlichungen der EU, 2016) umfasste der Bestand an MINT-Fachkräften und assoziierten Fachkräften in Zypern im Jahr 2016 37 % in der Altersgruppe der 25- bis 34-Jährigen, 26 % in der Altersgruppe der 35- bis 44-Jährigen und die restlichen 37 % in der Altersgruppe der 45- bis 64-Jährigen. Laut dem Amt für Veröffentlichungen der EU (2016) hat Griechenland im Vergleich zu anderen EU-Ländern einen höheren Bestand an jungen Fachkräften im MINT-Bereich. Insbesondere im Jahr 2013 umfasste der Bestand an MINT-Fachkräften und assoziierten Fachkräften in Griechenland 33 % in der Altersgruppe der 25- bis 34-Jährigen, womit Griechenland unter den 28 gemeldeten Ländern auf Platz 11 liegt; 26 % in der Altersgruppe der 35- bis 44-Jährigen und die restlichen 41 % in der Altersgruppe der 45- bis 64-Jährigen.

Laut den SHE Figures 2018⁶ sind in den meisten Ländern der EU-28 **weniger Frauen als Männer als Wissenschaftler und Ingenieure (W&I) beschäftigt**. Trotz einer Reihe von Strategien, die darauf abzielen, mehr Frauen zu ermutigen, sich für technische und ingenieurwissenschaftliche Berufe zu entscheiden, tauchen diese Kategorien nicht in der Liste der 20 beliebtesten Berufe bei Frauen auf. Stattdessen bevorzugen Frauen (laut dem nationalen Bericht Deutschlands) eher Berufe wie Bürokauffrau, Arzthelferin und Verkäuferin, während der Mangel an qualifizierten MINT-Fachkräften das mangelnde Interesse von Frauen an den Bereichen Technik und IT unterstreicht, die bei Männern oft beliebter sind (Gillmann, 2018).

3.5 Nationale bildungspolitische Maßnahmen zur Förderung von Dampfstudien und -berufen

Abgesehen von individuellen Merkmalen, geschlechtsspezifischen Unterschieden, dem familiären und schulischen Umfeld ist erwiesen, dass politische Maßnahmen auf nationaler Ebene die Karrierepläne junger Menschen ebenso stark beeinflussen wie ihre Bereitschaft und Fähigkeit, eine Karriere in MINT/STEAM anzustreben. Auf europäischer Ebene und auf der Grundlage von Fachliteratur wurde die Bedeutung von fächerübergreifenden Bildungsansätzen, digitalen Fähigkeiten, Kreativität und Kritikfähigkeit als wesentliche Kompetenzen und Fähigkeiten für den Arbeitsmarkt anerkannt. Die STEAM-Bildung wurde auch weithin als ein möglicher Weg zur Erreichung dieser Ziele und als "Mittel zur Förderung wissenschaftlich orientierter Karrieren, die von einem sehr frühen Alter an beginnen" (STEAMonEDU-Bericht, 2020) anerkannt⁷.

Der neue Aktionsplan für digitale Bildung (2021-2027) zur Anpassung der allgemeinen und beruflichen Bildung an das digitale Zeitalter, der von der Europäischen Kommission veröffentlicht wurde (⁸), legt zwei Hauptschwerpunkte für Verbesserungen fest: a) Förderung der Entwicklung eines leistungsstarken digitalen Bildungssystemes mit Schwerpunkt auf Konnektivität, Infrastruktur, Ausbildung und ethischen Standards und b) Verbesserung der digitalen Fähigkeiten durch digitale Kompetenz, Computer- und KI-Ausbildung sowie Sicherstellung, dass Mädchen und junge Frauen in digitalen Studiengängen und Berufen gleichermaßen vertreten sind.

In Zypern ist nach Angaben der Gemeinsamen Forschungsstelle (Europäische Kommission, 2018) stellt sich die Situation in Bezug auf Initiativen zur Verbesserung der MINT-Bildung wie folgt dar: Es gibt eine nationale Strategie, 2 zentrale mathematische Aktivitäten sind deklariert, keine nationalen Zentren und keine Berufsberatung sind angegeben. Laut dem Ministerium für Bildung (2019) hat der zypriotische Jugendrat auf nationaler Ebene *die nationale Jugendstrategie* vorgelegt, die 2019 angenommen wurde und die folgenden politischen Vorschläge enthält:

- Schaffung eines Instituts für Jugendpolitik

⁶ https://ec.europa.eu/info/publications/she-figures-2018_en

⁷ https://all-digital.org/wp-content/uploads/2021/01/WP3_D6_Guide-on-STEAM-education-policies-and-educators-needs_FINAL.pdf

⁸ https://ec.europa.eu/education/education-in-the-eu/digital-education-action-plan_en

- Schaffung eines nationalen Jugendzentrums
- S.T.E.A.M.-Entwicklung und -Verbesserung

In Deutschland gibt es eine gut etablierte MINT-Politik, die vor mehr als 14 Jahren initiiert wurde und die MINT-Bildung in der frühen Kindheit durch die Implementierung einzelner Kompetenzen in den Lehrplan der Schulen unterstützt. STEAM ist jedoch nicht formell in das Bildungssystem der Primar-, Sekundar- und Oberschulen integriert. Die Beschäftigung mit STEAM basiert hauptsächlich auf nicht-formalen Bildungsinitiativen und -angeboten (STEAMonEDU Bericht, 2020). Im selben Bericht wird erwähnt, dass das Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland 2019 den MINT-Aktionsplan veröffentlicht und vier Handlungsfelder definiert hat: MINT-Bildung für Kinder und Jugendliche, MINT-Fachkräfte, Chancen für Mädchen und Frauen in MINT und MINT in der Gesellschaft (STEAMonEDU-Bericht, 2020).

In Griechenland hingegen gibt es keine offizielle staatliche Politik zur Förderung der Umsetzung von STE(A)M-Bildung in griechischen öffentlichen Schulen (STEAMonEDU Bericht, 2020). Der STEAMonEDU Bericht (2020) erwähnt "[d]ie Maßnahmen erschöpfen sich im Drängen auf die Umsetzung von STE(A)M Bildung in Texten des Instituts für Bildungspolitik (IEP). Das IEP ist eine wissenschaftliche Einrichtung, die den Minister für Bildung, Forschung und religiöse Angelegenheiten u. a. in Fragen der Grund- und Sekundarschulbildung unterstützt. Das IEP befasst sich mit wissenschaftlichen Forschungen und Studien und leistet fortlaufend wissenschaftliche und technische Unterstützung bei der Planung und Umsetzung der einschlägigen Bildungspolitik".

Darüber hinaus führte eine Reihe von Konsultationen zwischen wichtigen politischen Entscheidungsträgern der EU zur Veröffentlichung offizieller Empfehlungen (EMPFEHLUNG DES RATES vom 22. Mai 2018 zu Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen) und Mitteilungen (Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen), die Fortschritte bei der Annahme und Umsetzung von STEAM-Bildung fördern, indem sie zu besserer Forschung, Wissensaustausch und Sensibilisierung aufrufen. Zu den bemerkenswerten Initiativen, die sich für einen STEAM-Bildungsrahmen einsetzen, gehört eine Reihe von Finanzierungsprogrammen, die von der Europäischen Kommission zur Unterstützung der STEAM-Bildung in Europa eingerichtet wurden.

4 Bestehende Situation in Bezug auf STEAM in der Bildung

Es gibt ein weltweites Interesse an der Förderung von MINT- und STEAM-Bildung. In Afrika, Europa, dem Nahen Osten, den USA und in der Tat in vielen Teilen der Welt haben die Länder verschiedene Strategien/Initiativen zur Förderung der MINT-/STEAM-Bildung umgesetzt. In Europa hat Dänemark beispielsweise eine Politik umgesetzt, die darauf abzielt, die Zahl der Schüler zu erhöhen, die sich für MINT-Programme in der Schule interessieren, während in Italien ein nationaler Plan zur Unterstützung von Bildungsaktivitäten besteht, die darauf abzielen, Karrieren in akademischen Studien in MINT-Bereichen zu fördern (Belbase et. al 2021). Darüber hinaus haben fünf europäische Länder (Großbritannien, Italien, Portugal, Belgien und Spanien) das EuroSTEAM-Projekt gestartet (Haesen & Van de Put, 2018). Dabei handelt es sich um ein gemeinsames Schulprogramm, das einen Rahmen für STEAM-Bildung in den Partnerländern implementiert. Im Vereinigten Königreich haben die National Endowment for Science Technology and the Arts (NESTA), die Creative Learning Industries Federation und die Cultural Learning Alliance (CLA) zusammengearbeitet, um die STEAM-Bildung zu fördern und ein freundschaftliches Lernumfeld zu schaffen, in dem junge Schüler ihr volles Potenzial entfalten können (Siepel et al., 2016).

Auf Ebene der Europäischen Union wurde die Politik zur "Stärkung der STE(A)M-Bildung in der EU" am 26.th im Juni 2019 angenommen. Ziel dieser Politik ist die Förderung von STEAM-Fähigkeiten mit einem fondsübergreifenden Ansatz zur Entwicklung der physischen Infrastruktur, des Lehrplans, der Ausbildung und der Umsetzung in Schulen, um regionale und geschlechtsspezifische Gleichheit in STEAM-bezogenen Berufen zu erreichen (Europäischer Ausschuss der Regionen, 2019). Darüber hinaus wurde der EU-Aktionsplan für digitale Bildung 2021-2027 (Europäischer Bildungsraum, 2021) mit der Priorität der Verbesserung digitaler Fähigkeiten und Kompetenzen für die digitale Transformation umgesetzt, um die Beteiligung von Frauen an MINT-Studiengängen zu fördern. Aus diesem Grund wurde ein Projekt der Europäischen Union namens Girls Go Circular (<https://eit-girlsgocircular.eu>) ins Leben gerufen. Dieses Projekt trägt dazu bei, die digitale Kluft zwischen den Geschlechtern zu verringern, indem es Mädchen im Alter von 14-19 Jahren in Europa in die Lage versetzt, ihre digitalen und unternehmerischen Kompetenzen zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurde eine spezielle Online-Lernplattform implementiert, die Kurse für die Sekundarstufe anbietet, es wurden E-STEAM-Festivals organisiert und neue Bildungsprogramme angeboten, die auf dem interdisziplinären STEAM-Ansatz basieren. In Afrika gab es eine Reihe von Initiativen aus verschiedenen Ländern des Kontinents. In Südafrika förderte die STEAM Foundation NPC die STEAM-Bildung durch die Ausbildung von Lehrkräften, die Herstellung und den Vertrieb von Lehrmaterial und die Forschung zu STEAM-Themen (STEAM Foundation NPC, 2020). Andere STEAM-Bildungsinitiativen, über die berichtet wurde, zielen auf die Stärkung und Gleichberechtigung von Frauen und Mädchen ab; ein Beispiel ist das Programm Women Entrepreneurs for Africa (WEforAFRICA, 2020). Ein weiteres Beispiel ist das STEAM-Programm Inspire Africa, das in Schulen in Südafrika eingeführt wurde und Drohnentechnologie mit Wissenschaft, Technik, Mathematik und Kunst verbindet (Kruger, 2019). Im Nahen Osten haben Länder wie Ägypten (Aziz, 2015) und die Vereinigten Arabischen Emirate (Shaer et al., 2019) die Reform der Lehrpläne aktiv unterstützt, um

MINT/STEAM-Bildung zu integrieren. In Ägypten nutzen die Schulen die Zertifizierung und die STEM/STEAM-Akkreditierung, um die STEM/STEAM-Bildung zu fördern und zu unterstützen. In den Vereinigten Arabischen Emiraten wurde die MINT/STEAM-Bildung durch verschiedene Programme wie die Advanced Science Agenda, Think Science, die National Agenda und die UAE Vision gefördert. In den USA wurde eine Reihe von Initiativen zur STEAM-Pädagogik als Mittel zur Inklusion und Gerechtigkeit in der Pädagogik für marginalisierte und unterrepräsentierte Gemeinschaften umgesetzt (Kant, Burckhard & Meyers, 2018). In Hongkong wird immer mehr Wert auf die Förderung der MINT-Bildung gelegt, was auf die "Policy Address" von 2015 zurückgeht, in der der Curriculum Development Council aufgefordert wurde, die MINT-Bildung zu fördern, um die globale Wettbewerbsfähigkeit des Landes bei Innovationen in allen MINT-Bereichen zu festigen (Ali, 2021). Vor dieser Einführung unterrichteten die meisten Lehrer in Hongkong nur ein paar Fächer und waren nicht verpflichtet, interdisziplinäre MINT-Bildung mit zusätzlichen technischen Elementen zu berücksichtigen (Geng et al., 2019). Der türkische Lehrplan für Naturwissenschaften aus dem Jahr 2018 betont die Bedeutung praktischer MINT-Erfahrungen der Schüler und unternehmerischer Anwendungen. Dieser neue Lehrplan zielt darauf ab, das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für den interdisziplinären Charakter von MINT-Fächern und ihre Fähigkeit, Verbindungen zwischen Technik und Wissenschaft herzustellen, zu fördern (Ibrahim & Seker, 2022). Der neue australische Lehrplan (Version 9.0), der 2022 verabschiedet wurde, sieht mehrere Maßnahmen zur Förderung des MINT-Lernens vor (Masters, 2022). In Südkorea berichtete Kang (2019) von einem Rückgang des Interesses junger Menschen an MINT-Berufen. Dies hat die Regierung veranlasst, verschiedene Bildungsreformen einzuleiten, die die Einführung von STEAM-Unterricht in allen Schulen ermöglichen. Wie Kim und Bolger (2016) berichten, wurde die Einstellung der Teilnehmer zum integrierten STEAM-Unterricht positiv beeinflusst, sie entwickelten eine höhere wahrgenommene Fähigkeit und eine tiefere Wertschätzung und ein größeres Engagement für das Lehren und Lernen von STEAM.

Für ImTech4Ed haben die teilnehmenden Länder einige ihrer herausragenden Beispiele zu diesem Thema wie folgt gemeldet:

Zypern verzeichnet zahlreiche STE(A)M-bezogene Aktivitäten auf allen Bildungsebenen und einen deutlichen Anstieg der STE(A)M-Bildungsansätze, die hauptsächlich auf die Primar- und Sekundarstufe ausgerichtet sind. Das Land meldet mindestens fünf (5) lokale Einrichtungen, die entsprechende Kurse anbieten, sowie zehn (10) Forschungsprojekte seit 2016. Dies deutet darauf hin, dass das Land den STE(A)M-Ansatz in seinem Bildungssystem besonders eifrig einführt und annimmt.

Deutschland hat zwei Beispiele genannt, nämlich

- Die International School of Bremen⁹ wurde mit dem MINT-EC-Status ausgezeichnet und verfügt über ein sehr engagiertes Team, das außerschulische Aktivitäten wie Förderclubs für Mathematik, ECDL, Coding und Naturwissenschaften anbietet, um das MINT-Profil der Schüler zu fördern. Es wird berichtet, dass die Schule mehrere MINT-bezogene Aktivitäten

⁹ International School of Bremen. MINT/STEM. <https://www.isbremen.de/education/mintstem> - Letzter Zugriff am 17. März 2021

organisiert, die sich hauptsächlich auf Umweltwissenschaften und Raumfahrttechnologien konzentrieren.

- Die Fraunhofer-Gesellschaft¹⁰ hat eine eigene Talent School für Schüler im Alter von 16-19 Jahren ins Leben gerufen, die sich für MINT-Fächer interessieren. Das Programm umfasst MINT-bezogene Workshops, in denen begabte Jugendliche drei Tage lang in Teams Lösungen für verschiedene Herausforderungen der modernen Forschung entwickeln. Derzeit gibt es elf solcher Schulen in Deutschland, die im Durchschnitt 400 Teilnehmer pro Jahr aufnehmen.

Griechenland hat verschiedene Beispiele für die Förderung von STEAM- und MINT-Bildung im gesamten Bildungssystem, vom Kindergarten bis zu den Universitäten, vorgestellt. Am bemerkenswertesten sind:

- GMERA (griechisches Ministerium für Bildung und religiöse Angelegenheiten) Initiativen wie: "edulabs" im Jahr 2016, "skill labs" im Jahr 2020 (als Pilotprojekt zur Aufnahme von MINT/STEAM-Material in den Lehrplan öffentlicher Schulen). Das Ministerium plant, im kommenden Schuljahr (2021-2022) STE(A)M-Unterricht in den Lehrplan aufzunehmen.
- GFOSS (Griechische Organisation für offene Technologien), eine gemeinnützige Organisation, der 37 griechischsprachige Universitäten angehören, die die Kampagne "STEM Discovery 2020" unterstützt und die oben erwähnten "edulabs" für GMERA entwickelt hat.
- E3STEM ist ein gemeinnütziger Berufsverband, der die besten Lehr- und Lernmethoden für die Vermittlung von MINT-Bildung anbietet.
- Ellinogermaniki Agogi ist eine private Bildungseinrichtung, die an zahlreichen STEAM-bezogenen Forschungsprogrammen wie iMuSciCa und Open School for Open Societies for Stories of Tomorrow teilnimmt.

Insgesamt berichteten die drei teilnehmenden Länder über die Existenz mehrerer STE(A)M-Aktivitäten und -Initiativen. Diese zielen darauf ab, die STE(A)M-Ausbildung durch Schulungen, Workshops, Wettbewerbe (Hackathons) und durch die formale Aufnahme entsprechender Kurse in den Lehrplan der Bildungssysteme der Länder zu fördern. Die Hauptakteure sind dabei öffentliche und private Bildungseinrichtungen, Ministerien, gemeinnützige und nichtstaatliche Organisationen, die Finanzierung durch EU-Forschungsprojekte und lokale Förderprogramme sowie die an der Durchführung dieser Aktivitäten beteiligten Personen: die Schüler und Lehrer. Es ist anzumerken,

¹⁰ Fraunhofer-Gesellschaft. (2017). MINT-Programme - Wege zum Erfolg in Wissenschaft und Technik. https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/jobs-career/training/STEM-Programs_Routes-to-success-in-science-and-technology.pdf



dass in den letzten fünf Jahren ein Trend zur Einführung neuer Projekte/Aktivitäten/Initiativen vor allem in der MINT-Bildung zu beobachten ist, wobei das Interesse an der STEAM-Bildung zunimmt.

5 Das Ausmaß der Einführung von STEAM und/oder spielbasierten pädagogischen Modellen

Aus den Berichten der Konsortialpartner geht hervor, dass in allen teilnehmenden Ländern (Griechenland, Zypern, Deutschland) ein wachsendes Interesse an STEAM und spielbasierter Pädagogik bei Forschern und Praktikern besteht. Die Einführung von STEAM und spielbasierter Pädagogik scheint sich jedoch noch in einem embryonalen Stadium zu befinden. Die Bildungssysteme haben keine der beiden Methoden offiziell in ihre nationalen Lehrpläne oder in die alltägliche Praxis der Lehrkräfte aufgenommen. Es wird jedoch berichtet, dass es mehrere EU-finanzierte Forschungs-/Bildungsprogramme oder private Initiativen in diesen Bereichen gibt, die von lokalen Universitäten und/oder Schulen oder sogar von den nationalen pädagogischen Instituten durchgeführt werden. Dennoch scheinen die oben genannten Bereiche für diese Länder neu zu sein ; die MINT-Pädagogik wurde bereits einem breiteren Publikum vorgestellt (Griechenland) oder sogar in den nationalen Lehrplan aufgenommen (Zypern). Über die Übernahme dieser Ansätze / pädagogischen Modelle in die Hochschulbildung wird in keinem der teilnehmenden Länder berichtet. Es scheint, dass sich der Forschungsschwerpunkt sowohl der Forscher als auch der Hochschuleinrichtungen auf die Umsetzung dieser Ansätze/Modelle in der Sekundarbildung zu Forschungszwecken konzentriert.

Da STEAM ein neu eingeführtes Konzept ist, gibt es verschiedene Perspektiven und Ansätze hinsichtlich des Zwecks, der Definition und der Integration von A(rts) in STEAM. Aufgrund all dieser Unterschiede in der Konzeptualisierung und Umsetzung des Ansatzes scheint die Nichtübernahme des STEAM-Ansatzes durch die Bildungssysteme vernünftig. Im Folgenden werden die verschiedenen Zwecke, Arten der Integration und Perspektiven dessen, wofür A oder Arts steht, vorgestellt.

Es gibt zwei unterschiedliche Ansätze bezüglich des Zwecks von STEAM-Bildung, die Forscher in empirischen Studien verfolgen. Der erste betont die Bedeutung der Förderung des Lernens in MINT-Disziplinen. Im Gegensatz dazu unterstreicht der zweite die Bedeutung der Verbesserung der allgemeinen Fähigkeiten der Schüler, wie z. B. Perspektivenübernahme, kreative und Problemlösungsfähigkeiten, Wissenstransfer zwischen den Disziplinen und die Förderung, Erkundung und Erfahrung neuer Wissensformen für die Schüler (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Obwohl die empirischen Studien zwischen diesen beiden Ansätzen geteilt sind, betonen die vorgeschlagenen pädagogischen Rahmenwerke das fächerübergreifende Lernen in Bezug auf ein gemeinsames und geteiltes Ziel als Zweck von STEAM.

Peppler und Wohlwend (2018) argumentieren: "Das Versprechen von STEAM-Ansätzen besteht darin, dass durch die Verbindung von MINT und Kunst neue Verständnisse und Artefakte entstehen, die über beide Disziplinen hinausgehen" (S. 88).

Transdisziplinarität, Interdisziplinarität, Multidisziplinarität und Interdisziplinarität sind die vier wichtigsten Arten der Integration (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Es ist klar, dass der STEAM-Ansatz diese Bereiche zusammenbringt, aber es gibt unterschiedliche Ansätze, wie diese Integration innerhalb des STEAMs stattfinden soll. **Tabelle 1** erläutert die Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten der Integration. Darüber hinaus sind sich die Forscher nicht einig, ob STEAM alle

fünf Bereiche oder nur zwei oder drei der Disziplinen integrieren sollte (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019).

Tabelle 1 Arten der Integration im STEAM-Unterricht basierend auf Perignat & Katz-Buonincontro (2019)

Art der Integration	Beschreibung	Beispiele
Transdisziplinäres STEAM	Vollständig verschmolzene Disziplinen ohne Grenzen und Unterricht, der auf authentischen Problemen oder Untersuchungen beruht	Liao, 2016; Glass & Wilson, 2016; Quigley et al., 2017
Interdisziplinäres STEAM	Mehrere Disziplinen unter einem gemeinsamen Thema, aber jede Disziplin bleibt eigenständig	Smith & Paré, 2016; Thuneberg, Salmi, & Fenyvesi, 2017
Multidisziplinäres STEAM	Zusammenarbeit zwischen zwei oder mehreren Disziplinen, die jedoch nicht zusammengelegt werden	Gershon & Ben-Horin, 2014; Payton, White, & Mullins, 2017
Fächerübergreifendes STEAM	Betrachtung einer Disziplin durch die Perspektive einer anderen	Gates, 2017 Smith & Paré, 2016

Obwohl unter Pädagogen und Wissenschaftlern klar ist, dass S für Science (Wissenschaft), T für Technology (Technologie), E für Engineering (Ingenieurwesen) und M für Mathematics (Mathematik) steht, gibt es unterschiedliche Ansichten darüber, wofür A steht. Natürlich steht A in der Abkürzung für "Arts" (Kunst), aber die Definition dieses Begriffs variiert unter Forschern und Pädagogen von Kunsterziehung über Kunst und alle Disziplinen, die nicht zu MINT gehören (d. h. Kunst, Geistes- und Sozialwissenschaften) bis hin zu Kunst als "Synonym für projektbasiertes Lernen, problembasiertes Lernen, technologiebasiertes Lernen oder Making" (siehe Perignat & Katz-Buonincontro, 2019).

Forscher scheinen mit verschiedenen Herausforderungen zu kämpfen, was das Design, die Lernansätze und andere Merkmale innovativer Methoden im Zusammenhang mit spielbasiertem Lernen betrifft. In den letzten zwei Jahrzehnten haben Mobiltelefone beispielsweise eine bedeutende Rolle im täglichen Leben gespielt, und dies scheint die Forscher stark beeinflusst zu haben, sich auf ihre pädagogische Nutzung im Kontext des spielbasierten Lernens zu konzentrieren. Digitales und mobiles spielbasiertes Lernen scheint keine einfache Transformation des bestehenden spielbasierten Lernansatzes zu sein, da in diesem Kontext neue Schwierigkeiten auftauchen (Giannakas et al., 2018). Giannakas et al. (2018, S. 379-380) weisen auch darauf hin, dass sich Wissenschaftler und Entwickler auf Folgendes konzentrieren müssen:

- 1) *Suche nach dem richtigen Verhältnis zwischen Spielfreude und Lernerfolg unter Berücksichtigung der Lerntheorien,*
- 2) *Einbettung von Anpassungs- und Flexibilitätsfunktionen zur Verbesserung und Veränderung der Lerninhalte und zur Verlängerung der Lebensdauer des Spiels,*
- 3) *Einbettung personalisierter Funktionen zur Verbesserung der Lerncharakteristiken der Umgebung und zur Anreicherung der Lernergebnisse,*

- 4) *Berücksichtigung der Sicherheits- und Datenschutzbedenken der Endnutzer auf einem akzeptablen Niveau,*
- 5) *Nutzung neuer Technologien und Software-Frameworks (einschließlich Cloud Computing, Game Engines, fortschrittlicher drahtloser Infrastrukturen und Dienste), um die Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und den einfachen Zugang zu den Bildungsinhalten zu verbessern,*
- 6) *Untersuchung des Potenzials der Entwicklung neuer kontextbezogener Lernaktivitäten, um Entwickler bei der Verbesserung des Kontextbewusstseins zu unterstützen, und*
- 7) *Entwicklung von Standards und gemeinsamen Interoperabilitätsrahmen zur Erleichterung und Instrumentierung von Code-Portierungsprozessen auf eine neuere oder andere mobile Plattform.*

Darüber hinaus betonen Chang und Hwang (2019), dass die Berücksichtigung der Leistung, des Lernstils oder anderer persönlicher Faktoren der Lernenden zu einer besseren mobilen digitalen spielbasierten Lernumgebung führen könnte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vier in Tabelle 1 dargestellten Arten der Integration in der STEAM-Bildung über die Grenzen der einzelnen Disziplinen hinausgehen und die Integration von Wissen, Fähigkeiten und Perspektiven aus verschiedenen Bereichen betonen. Innerhalb des STEAM-Rahmens fördert die Transdisziplinarität zwar die Erkundung von Verbindungen zwischen MINT-Fächern und den Naturwissenschaften, es gibt jedoch einige Einschränkungen, da die Transdisziplinarität eine sorgfältige Planung, Koordination und Unterstützung durch die Lehrkräfte erfordert, um verschiedene Disziplinen effektiv zu integrieren. Darüber hinaus kann die Bewertung von transdisziplinären Lernergebnissen aufgrund der multidimensionalen Natur der Wissensintegration komplex sein. Darüber hinaus kann es aufgrund der inhärenten Herausforderungen, die die Integration mehrerer Disziplinen sowie verschiedener Denk-, Handlungs- und Lebensweisen mit sich bringt, schwierig sein, transdisziplinären Unterricht, Lernen und Untersuchungen anzubieten (MacDonland et al. 2019).

STEAM und digitales spielbasiertes Lernen sind Teil des neuesten Stands der Bildungsforschung und -praxis. Aufgrund der oben genannten Herausforderungen und der Notwendigkeit, Pädagogen auf neue Ansätze/Modelle vorzubereiten, werden sie jedoch nur langsam vom Bildungssystem angenommen.

6 Survey-Ergebnisse

Im Rahmen des Erasmus+-Programms "ImTech4Ed: Immersive Technologien für die Bildung" wurden in allen drei Partnerländern Erhebungen durchgeführt, an denen Studierende der Sekundarstufe und der Hochschule sowie Lehrkräfte der Sekundarstufe und der Hochschule teilnahmen: Zypern, Deutschland und Griechenland. Ziel der Umfragen war es, die Hintergründe, Erfahrungen und Ansichten unserer Zielgruppen in Bezug auf MINT/STEAM-Studien und -Karrieren, Spieldesign und die Integration von Kursen besser zu verstehen. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Analyse wurden Informationen gesammelt, um die Entwicklung der methodischen Richtlinien des ImTech4Ed-Projekts zu unterstützen. In den nächsten Abschnitten werden die Methodik und die wichtigsten Ergebnisse der Lehrer- und Schülerbefragungen vorgestellt.

6.1 Erhebungen bei Schülern der Sekundarstufe

6.1.1 Methodik

Die Umfrage wurde bei Schülern der Sekundarstufe im Alter von 12 bis 16 Jahren durchgeführt. Ziel war es, ihre schulischen und außerschulischen Erfahrungen sowie ihren Hintergrund und ihre Überzeugungen in Bezug auf MINT/STEAM-Studien und -Karrieren zu verstehen. Die Umfrage zielte auch darauf ab, Informationen über die Einstellung zu Spielen nicht nur als Unterhaltung zu erhalten, sondern auch zu erkennen, inwieweit Spiele als Teil eines STEAM-Bildungsansatzes verwendet werden. Die Umfrage wurde in Zypern, Deutschland und Griechenland durchgeführt. Die verwendeten Instrumente waren zwei Versionen desselben Google-Formulars (eine in Englisch und eine in Griechisch). Die Umfrage enthielt Fragen zu folgenden Themen: demografische Daten; aktuelles Wissen über MINT/STEAM-Karrieren; Einstellungen und Wahrnehmungen in Bezug auf STEAM-Studien und -Karrieren; Verwendung von Spielen im täglichen Leben; außerschulische Aktivitäten; aktuelle schulische Praktiken im Bereich STEAM; Verwendung von Spielen in der Schule. Die Einladungen wurden elektronisch an die Partner verteilt (einschließlich der beiden Hauptschulen, eine in Griechenland und eine in Zypern). Die Teilnahme war völlig freiwillig und anonym. Es wurden keine identifizierenden Informationen von den Teilnehmern gesammelt.

Insgesamt wurden 518 Antworten von den beiden Partnereinrichtungen gesammelt: 320 (61,58 %) von der Englischen Schule in Nikosia auf Zypern und 198 (38,42 %) von der Ellinogermaniki Agogi in Athen auf Griechenland. Unter den Teilnehmern waren 64 12-jährige Schüler, 104 13-jährige, 147 14-jährige, 147 15-jährige und 56 16-jährige. Nach Geschlechtern aufgeschlüsselt nahmen 248 Jungen (47,88 %) an den Umfragen teil, 249 Mädchen (48,07 %), 10 Teilnehmer, die sich als "andere" identifizierten (1,93 %), und 11, die "Ich möchte nicht antworten" wählten (2,12 %).

In den folgenden Abschnitten stellen wir die wichtigsten Ergebnisse dieser Umfrage vor, die sich hauptsächlich auf die Ermittlung der aktuellen Situation und der besten Praktiken in Bezug auf STEAM-Bildung und den Einsatz von Spielen in Schulen konzentrieren.

6.1.2 Wissen über MINT/STEAM-Studiengänge und -Berufe

In der Umfrage wurden die Schülerinnen und Schüler gefragt, ob sie ausreichende Kenntnisse über die Arten von Tätigkeiten haben, die mit STEAM-Karrieren verbunden sind, ob sie Familienmitglieder oder Freunde der Familie haben, die in einem STEAM-bezogenen Bereich gearbeitet haben, und ob sie Unterstützung erhalten, um Mathematik- und Wissenschaftskurse auf höherem Niveau zu besuchen. Schließlich wurden die Schülerinnen und Schüler nach den Quellen befragt, zu denen sie Zugang haben, um Berufsberatung zu bekommen/zu erhalten.

Aus den Antworten der Schülerinnen und Schüler geht hervor, dass die Schülerinnen und Schüler von recht gut über die mit einer STEAM-Karriere verbundenen Tätigkeiten, über die Fächer, die sie für eine STEAM-Karriere belegen müssen, sowie über die Quellen für die Beschaffung relevanter Informationen informiert sind. Wie die nachstehende Tabelle zeigt (Tabelle 2), geben mehr als 40 % der SchülerInnen an, dass sie in allen drei Kategorien (Tätigkeiten, Fächer, Informationsbeschaffung) über ausreichende bis sehr gute Kenntnisse verfügen. Zählt man die Schüler hinzu, die angaben, "etwas darüber zu wissen", so steigt der Prozentsatz auf über 75 %. Dies zeigt, dass die meisten SchülerInnen STEAM kennen.

Tabelle 2 Wissen der SchülerInnen über Aktivitäten, Themen und Informationsbeschaffung in Bezug auf STEAM-Berufe

Kategorie	Aktivitäten	Themen	Informationen finden
1 - Ich weiß sehr wenig darüber	7.34	3.47	6.56
2	10.23	9.85	10.62
3	32.63	23.55	23.94
4	33.98	36.87	33.40
5 - Ich weiß eine Menge darüber	15.83	26.25	25.48

Auf die Frage "An wen wendest du dich, wenn du Ratschläge bezüglich deines Studienfachs oder deiner Berufswahl brauchst?" wählten 85,5 % der Schüler "Eltern/Erziehungsberechtigte und Familienmitglieder", 30,6 % wählten "Freunde", 29,3 % "Lehrer" und 21,4 % "Berufsberater". Der hohe Prozentsatz der Schüler, die sich an ihr familiäres Umfeld wenden, um Rat und Unterstützung zu erhalten, ist erwartungsgemäß, aber interessant ist auch der niedrige Prozentsatz der Schüler, die sich an "Berufsberater" um Rat wenden. Die Berufsberater sind eigentlich genau für diesen Zweck da. Dies deutet entweder auf eine mögliche Schwäche des Systems hin (d. h. eine unzureichende berufliche Entwicklung der Berater, um sich auf die wachsenden Bedürfnisse der heutigen Jugendlichen einzustellen) oder auf unzureichende Strukturen zur Förderung einer entsprechenden Schulkultur, die die Bedeutung der Berufsberatung für die Schüler fördert.

Der Einfluss der Familie auf die Entscheidungen der Schülerinnen und Schüler spiegelt sich auch in der Frage nach der "Ermutigung, mehr oder höherwertige mathematische oder naturwissenschaftliche Kurse zu belegen" wider. Bei dieser Frage stimmen 41,9 % der Schülerinnen und Schüler voll und ganz zu und 30,3 % stimmen zu, dass die unmittelbare Familie eine sehr wichtige Rolle bei ihrer Entscheidung spielt, höhere Kurse zu belegen. Ebenso wichtig scheint die Ermutigung durch die Lehrer zu sein, denn 31,1 % der SchülerInnen stimmen voll und ganz zu und 27,4 % stimmen zu, dass die Rolle der LehrerInnen für ihre Entscheidung von Bedeutung ist. Die Ermutigung durch Freunde scheint weniger wichtig zu sein,

denn 14,5 % der Schüler stimmen voll und ganz zu und 28,2 % stimmen zu, dass Freunde sie ermutigen, solche Kurse zu belegen.

6.1.3 Erfahrungen von Studierenden mit MINT/STEAM in der Hochschulbildung

Im Rahmen der Umfrage wurden die Studierenden gefragt, ob sie derzeit MINT/STEAM-Kurse besuchen oder jemals besucht haben. Es wurde eine fast gleichmäßige Dreiteilung gemeldet: 39,1 % antworteten mit "Nein", 32,7 % mit "Ich bin mir nicht sicher" und 28,1 % mit "Ja". Ein erwähnenswerter Aspekt ist der hohe Prozentsatz negativer Antworten, was darauf hindeutet, dass STEAM-Kurse oder die STEAM-Pädagogik möglicherweise nicht so weit in den Unterricht vorgedrungen sind wie erwartet. Dies sollte jedoch in Verbindung mit der ebenso hohen Anzahl von Schülern betrachtet werden, die sich nicht sicher sind, ob sie einen STEAM-Kurs besucht haben oder nicht. Es hat den Anschein, dass die Schülerinnen und Schüler zwar wissen, welche Fächer für eine MINT/STEAM-bezogene Karriere erforderlich sind (d. h. Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen, Mathematik oder Kunst), ihnen aber nicht klar ist, dass MINT/STEAM ein integrierter Kurs ist.

Die letztgenannte Erklärung wird durch die Tatsache untermauert, dass 74,5 % der Schüler auf die Frage nach den Fächern, die sie derzeit belegen, antworteten, dass sie traditionelle Fächer belegen, z. B. Mathematik, Physik, Geschichte; 15,0 % belegen Fächer, die zwei oder mehr Fächer integrieren, während nur 12,9 % und 8,3 % MINT- bzw. STEAM-Fächer belegen. Die Zahl der fächerübergreifenden Kurse zeigt einen bemerkenswerten positiven Trend, aber die relativen STE(A)M-Prozentsätze bestätigen die geringe Durchdringung des Paradigmas im Klassenzimmer.

Die SchülerInnen wurden auch gefragt, ob die LehrerInnen bestimmte Aufgaben in ihrem naturwissenschaftlichen, technischen, ingenieurwissenschaftlichen, künstlerischen oder mathematischen Unterricht durchführen. Diese Aufgaben beziehen sich auf forschendes Lernen sowie auf Spiele und Interdisziplinarität. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Fragen und die prozentualen Anteile der eingegangenen Antworten (Tabelle 3). Bemerkenswert ist das ähnliche Verteilungsmuster bei den verschiedenen Fragen. Es hat den Anschein, dass die Lehrkräfte manchmal Fragen zu einem Thema stellen und die Schülerinnen und Schüler dazu ermutigen, forschungsbasierte Methoden zum Sammeln und Analysieren von Informationen anzuwenden, kollaboratives Lernen zu fördern (Arbeit in Gruppen, um Lösungen für Probleme zu finden), neue Methoden und/oder Technologien für Untersuchungen zu nutzen. Es bleibt jedoch noch viel zu tun, denn die Studierenden gaben an, dass die Lehrkräfte in vielen Fällen nicht (selten bis nie) neue Wege gehen oder Technologien für forschungsbasiertes Lernen einsetzen (38,7 % bzw. 41,1 %).

Tabelle 3 Antworten der Schüler zum forschungsbasierten Lernen

Frequenz	.. Fragen zu einem Thema stellen und nach Informationen dazu suchen	.. Sammeln und Analysieren von Informationen	.. Arbeit in kleinen Gruppen, um Antworten auf Probleme zu finden	.. Neue Wege zu finden und andere Lösungen zu finden	.. Technologie für Untersuchungen nutzen (z. B. Daten analysieren, Simulationen, virtuelle Welten nutzen, Code schreiben)
1 - Niemals	7.1	8.11	7.9	12.7	16.2

2 - Selten	18.1	12.9	16.9	26.0	24.9
3 - Manchmal	37.2	38.6	36.4	30.0	25.4
4 - Sehr oft	25.6	29.1	31.2	19.9	21.8
5 - Immer	11.7	11.2	7.34	11.2	11.5

Ein noch düstereres Bild ergibt sich bei den Fragen zu Spielen und Interdisziplinarität. Auf die Frage, ob Spiele genutzt werden, um etwas zu lernen, lauteten die Antworten: 25,6 % "Nie", 24,9 % "Selten", 27,4 % "Manchmal" und nur 15,4 % "Sehr oft" und 6,5 % "Immer". Bei der Frage nach der Interdisziplinarität wurden die Studierenden gefragt, ob sie "an interdisziplinären Projekten (z. B. Kombination von Ingenieurwesen und Kunst) arbeiten" sollen. Die Antworten waren wie folgt: 33,2 % sagten "nie", 29,3 % antworteten "selten", 21,2 % antworteten "manchmal", 10,6 % sagten "sehr oft" und nur 5,6 % wählten "immer".

Diese Ergebnisse könnten darauf zurückzuführen sein, dass die Lehrkräfte mit solchen integrierten Ansätzen nur begrenzt vertraut sind, dass die Ressourcen der Schulen begrenzt sind, dass im täglichen Lehrplan nicht genügend Zeit zur Verfügung steht und dass möglicherweise weitere Schulungen erforderlich sind, um solche Ansätze erfolgreich in den Unterricht zu integrieren.

6.1.4 Digitale Spiele und/oder immersive Technologien zu Hause und in der Schule

Einige der Fragen in der Umfrage zielten darauf ab, Daten über die Beschäftigung der Schüler mit Spielen zu Hause (als Teil ihrer Freizeitaktivitäten) und in der Schule (als Teil ihrer formalen Ausbildung und ihres Lernens) zu sammeln. Auf die Fragen zu den digitalen Spielgewohnheiten und der Nutzung (z.B. "Spielst du gerne digitale Spiele?") antworteten 35,9% der SchülerInnen "Es macht mir viel Spaß", 25,8% antworteten "Es macht mir Spaß", 17,7% antworteten "Es ist ok", 13,3% antworteten "Es macht mir nicht so viel Spaß" und 7,14% antworteten "Es macht mir überhaupt keinen Spaß".

Die Häufigkeit des Spielens digitaler Spiele zu Hause wurde ebenfalls abgefragt, und die Schüler wurden nach der Häufigkeit gefragt, mit der sie digitale Spiele spielen. Darauf antworteten 33,7 % der Schüler "2-3 Mal pro Woche", 23,1 % wählten "jeden Tag", während 15,2 % "selten", 11,9 % "einmal pro Woche", 10,4 % "einmal alle paar Wochen" und schließlich 5,4 % "nie" angaben. Der Prozentsatz der systematisch spielenden Schüler (33,7 % + 23,1 % = 56,8 %) ist ein positives Ergebnis, da mehr Schüler eine spielerische Mentalität haben und bereit sind, Spiele zum Lernen zu nutzen. Dies stellt jedoch auch eine gewisse Herausforderung für die Lehrkräfte dar, da die Beschäftigung der Schüler mit digitalen Spielen in ihrem Alltag die Anforderungen an die Lehrkräfte erhöht, die technologisch versierter und mit den Möglichkeiten vertraut sind, Spiele auf unterhaltsame und ansprechende Weise in ihre Lehrmethoden zu integrieren.

Auf die Frage nach der Spieldauer ("Wie viele Stunden spielen Sie digitale Spiele pro Woche?") antworteten 47,7 % mit "1-5 Stunden"; 17,3 % gaben "6-10 Stunden" an; 13,4 % antworteten mit "0 Stunden" und 8,5 % mit "mehr als 20 Stunden"; 8,1 % mit "11-15 Stunden" und 4,6 % mit "16-20 Stunden". Der hohe Prozentsatz der Schüler, die 1-5 Stunden spielen, sollte kein Grund zur Sorge sein, da dies weniger als eine Stunde pro Tag bedeutet. Was jedoch Anlass zur Sorge geben könnte, ist die Tatsache, dass etwa 20 % der Schüler mehr als 11 Stunden pro Woche spielen und fast die Hälfte von ihnen mehr als 20 Stunden pro Woche (d. h. ein Tag der Woche geht durch das Spielen verloren).

Die Umfrageergebnisse haben auch wichtige Informationen über den Einsatz digitaler Spiele in der Schule geliefert, insbesondere über die Häufigkeit des Einsatzes digitaler Spiele im Unterricht, die Kurse, in die Spiele integriert sind, und die Art der verwendeten Spiele.

Auf die Frage nach der Häufigkeit des Einsatzes digitaler Spiele im Unterricht waren die Antworten enttäuschend: 47,3 % der SchülerInnen antworteten mit "selten", 27,2 % mit "manchmal", 18,1 % mit "nie" und 5,0 % mit "sehr oft", während nur 2,3 % mit "immer" antworteten. Im Zusammenhang mit dieser Frage gibt es zwei weitere Aspekte zum Einsatz von Spielen im Unterricht. Die nachstehende Tabelle zeigt die Antworten auf die Fragen zu den Fächern, in denen Spiele verwendet werden, und zu den Kategorien der verwendeten Spiele (Tabelle 4).

Aus der nachstehenden Tabelle geht hervor, dass "Trivia" und "Rätsel" die am häufigsten verwendeten Kategorien von Spielen für den Unterricht sind. Dies ist in gewisser Weise zu erwarten, da Quizspiele sowohl vorhandenes als auch neues Wissen testen können - was sie zu einem einfach anzuwendenden Werkzeug für viele Lehrkräfte macht, selbst für solche, die mit Technologie nicht sehr vertraut sind -, während Rätsel das Bewusstsein verbessern, die analytischen Fähigkeiten steigern und die Konzentration verbessern können. Bei den Schulfächern, in denen häufig digitale Spiele eingesetzt werden, steht "Geschichte" an erster Stelle, was sich durch die Tatsache erklären lässt, dass sich dieses Fach leicht für Trivia-basierte Spiele eignet; es folgen "Griechisch" und "Naturwissenschaften", wo die analytischen Fähigkeiten in Mathematik mit Rätseln auf die Probe gestellt werden können; es folgt "Informatik", wo das Lösen eines Rätsels genutzt werden könnte, um etwas über "Sequenzierung", "Verfahren" oder "Konditionalität" zu lernen; Spanisch und Sportunterricht sind ebenfalls Fächer, die ähnliche digitale Spiele zu verwenden scheinen.

Tabelle 4 Antworten der SchülerInnen bezüglich der derzeitigen Praxis von Spielen in der Schule

Frage: In welchen Fächern bitten deine Lehrer dich, digitale Spiele zu spielen (bitte alles ankreuzen, was zutrifft)?	n	%	Frage: Welche Kategorien von digitalen Spielen verwenden Ihre LehrerInnen im Unterricht (bitte alles ankreuzen, was zutrifft)?	n	%
Art	18	3.5	Aktion	23	4.4
Datenverarbeitung	141	27.2	Abenteuer	14	2.7
Französisch	46	8.9	Erweiterte Realität	17	3.3
Geographie	84	16.2	Kahoot	41	7.9
Deutsch	104	20.1	Rätsel	129	24.9
Griechisch	177	34.2	Rollenspiel	18	3.5
Geschichte	228	44.0	Simulation	49	9.5
Mathe	73	14.3	Sport	16	3.1
Musik	45	8.7	Strategische	59	11.4
PSHCE	120	23.2	Trivia	281	54.2
Religiöse Studien	20	3.9			
Wissenschaft	157	30.3			
Spanisch	123	23.7			
Spiele werden in keinem meiner Fächer verwendet	74	14.1	Meine Lehrer verwenden keine Spiele in ihrem Unterricht	112	21.6

Darüber hinaus enthielt die Umfrage Fragen, die darauf abzielten, Daten über die Meinung der Schüler zum Lernprozess und zu ihren Leistungen zu sammeln. Erwähnenswert ist die Wahrnehmung der Schüler in Bezug auf den Einsatz von Spielen im Unterricht. Auf die Frage "Ich genieße den Lernprozess, wenn wir im Unterricht Spiele spielen", antworteten 38,8 % bzw. 36,6 % der Schüler mit "stimme voll und ganz zu" bzw. "stimme zu". 16,9 % antworteten mit "stimme weder zu noch stimme ich zu", während 2,9 % mit "stimme nicht zu" und 4,6 % mit "stimme überhaupt nicht zu" antworteten. Dies deutet darauf hin, dass das Interesse der SchülerInnen gesteigert wird und sie motivierter sind, mit Freude zu lernen, wenn Spiele ein integraler Bestandteil des Unterrichts sind. Dies wird auch durch die Antworten der SchülerInnen auf die Aussage "Spielen kann mir helfen, meine Problemlösungsfähigkeiten zu entwickeln" bestätigt. Hier antworteten 33,5 % der Schüler mit "stimme zu", 28,1 % mit "stimme voll und ganz zu", 25,4 % mit "stimme weder zu noch stimme ich zu" und nur jeweils 6,3 % mit "stimme nicht zu" und "stimme überhaupt nicht zu". Diese Antworten sind fast spiegelbildlich zu denen, die sich auf die Zustimmung der SchülerInnen zu der Aussage "Spielen kann mir helfen, mein kritisches Denken zu entwickeln" beziehen. Hier antworteten 33,7 % der Schüler mit "stimme zu", 29,5 % mit "stimme voll und ganz zu", 23,3 % mit "stimme weder zu noch lehne ich ab" und nur jeweils 6,7 % mit "stimme überhaupt nicht zu" und 6,5 mit "stimme nicht zu".

6.2 Erhebungen unter Studierenden im Hochschulbereich (HE)

6.2.1 Methodik

Auch im Hochschulbereich wurden Umfragen mit Studierenden durchgeführt. Ziel dieser Erhebungen war es, den Hintergrund und die Wahrnehmung von Studierenden an Hochschulen in Bezug auf STEAM-Studiengänge und -Karrieren sowie ihre Erfahrungen mit STEAM, MINT, Multidisziplinarität, immersiven Technologien und digitalen Spielen im Rahmen ihrer Universitätskurse zu untersuchen. Die Umfrage wurde in Griechenland, Zypern und Deutschland durchgeführt. Bei fast allen Fragen handelte es sich um Likert-Skalen oder Multiple-Choice-Fragen, damit die Studierenden den Fragebogen in maximal 20 Minuten ausfüllen konnten. 20 Minuten ausfüllen konnten. Das Instrument wurde entwickelt und elektronisch über Google-Formulare verschickt. Einladungen mit Erläuterungen zum Zweck der Studie und einem Link zur Umfrage wurden per E-Mail an Dozenten in Hochschuleinrichtungen in den drei Partnerländern versandt. Die Lehrkräfte wurden gebeten, die Umfrage in ihren Klassen durchzuführen, wobei sie darauf hingewiesen wurden, dass die Teilnahme völlig freiwillig und anonym ist. Von den Teilnehmern wurden keine identifizierenden Informationen erhoben.

Insgesamt nahmen 150 Hochschulstudenten aus Griechenland (36,7 %), Zypern (28 %) und Deutschland (28 %) an der Umfrage teil (56,7 % männlich, 38 % weiblich, 4 % andere). Die Altersspanne der Teilnehmer war wie folgt: 32,7 % der Studierenden waren zwischen 17 und 20 Jahre alt, 26,7 % waren zwischen 21 und 24 Jahre alt und 40,7 % waren 25 Jahre alt oder älter. Die Studienfächer der Teilnehmer waren wie folgt verteilt: Informatik (36 %), Digitale Spiele (15,3 %), Sozial- und Verhaltenswissenschaften (14 %), Kunst (12,7 %), Pädagogik (8,7 %), Natur- und Gesundheitswissenschaften (6,7 %), Geisteswissenschaften (3,3 %), Ingenieurwesen (2,7 %) und Mathematik (0,7 %).

6.2.2 Wissen der Schüler über MINT/STEAM-Studiengänge und -Berufe

Ausgehend von den Antworten der SchülerInnen auf die entsprechenden Fragen scheinen die SchülerInnen ein mäßiges Wissen (*Mittelwert: 3,4, St. Dev.: 1,08*) über die Arten von Aktivitäten zu haben, die mit Karrieren in den Bereichen Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen, Kunst oder Mathematik verbunden sind. Die Ergebnisse sind ähnlich, wenn es um die Art von Kursen geht, die jemand belegen muss, um eine Karriere in den STEAM-Bereichen zu verfolgen (*Mittelwert: 3,6, St. Dev.: 1,05*) und wie man Informationen über Karrieren in den STEAM-Bereichen findet (*Mittelwert: 3,6, St. Dev.: 1,05*).

Aus den Antworten der Schüler (Tabelle 5) geht hervor, dass jemand aus ihrer Familie oder ein Freund der Familie in einem mathematischen oder naturwissenschaftlichen Bereich (68 %), als Ingenieur oder im Bereich der Informationstechnologie oder einem verwandten Bereich (66 %) und in einem künstlerischen Bereich (51,3 %) arbeitet oder gearbeitet hat. Es scheint, dass unter den Teilnehmern ein großer Prozentsatz (40,7%) am wenigsten Zugang zu jemandem hat, der im künstlerischen Bereich arbeitet, während jeder vierte Student niemanden kennt, der in einem mathematischen oder naturwissenschaftlichen Bereich oder als Ingenieur oder im Bereich der Informationstechnologie oder einem verwandten Bereich arbeitet.

Tabelle 5 Vertrautheit der Schüler mit STEAM-bezogenen Berufen

Kennen Sie jemanden, der arbeitet oder gearbeitet hat ...			
	... in einem mathematischen oder naturwissenschaftlichen Bereich (z. B. Chemiker, Statistiker, Meteorologe, Biologe)?	... als Ingenieur oder im Bereich der Informationstechnologie oder in einem verwandten Bereich (z. B. Elektro- oder Bauingenieur, Software- oder Spieleentwickler)?	... in einem künstlerischen Bereich (z. B. Schauspieler/Schauspielerin, Schriftsteller, Ballett- oder moderner Tänzer, Musiker, bildender Künstler, Kameramann)?
Mitglieder meiner Familie und Freunde der Familie	68.0	66.0	51.3
Freunde und Kollegen	5.3	7.3	8.0
Nein, ich kenne niemanden.	26.7	26.7	40.7

Aus den Antworten der Schülerinnen und Schüler (Tabelle 6) geht hervor, dass ihre Familie sie am ehesten dazu ermutigt hat oder es cool fand, wenn sie sich für einen Beruf/eine Karriere in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften, Ingenieurwesen oder Technologie entschieden haben (61,3 % stimmen zu/stimmt voll und ganz zu), im Vergleich zu einem Beruf/einer Karriere im künstlerischen Bereich (34,6 %), und dass sie in der High School mehr oder höherwertige Mathematik-

oder Naturwissenschaftskurse belegt haben (60 % stimmen zu/stimmt voll und ganz zu), im Vergleich zu kunstbezogenen Kursen (36,7 %).

Tabelle 6 Ermutigung der Schüler für STEAM-bezogene Berufe und höhere Kurse in Mathematik oder Naturwissenschaften

	Meine Freunde ermutigten mich, während der High School mehr oder höherwertige Mathematik- oder Wissenschaftskurse zu belegen.	Während der High School hätten meine Freunde es gutgeheißen oder cool gefunden, wenn ich einen Beruf/Karriere in den MINT-Bereichen gewählt hätte.	Während der High School ermutigte mich meine Familie, mehr oder höherwertige Mathematik- oder Wissenschaftskurse zu belegen.	Während der Schulzeit hat mich meine Familie ermutigt bzw. war der Meinung, dass es cool wäre, wenn ich mich für einen Beruf/Karriere in den MINT-Bereichen entscheiden würde.	Während der High School ermutigten mich meine Lehrer, mehr oder höherwertige Mathematik- oder Wissenschaftskurse zu belegen.
Stimmt überhaupt nicht zu	20.7%	12.7%	6.7%	8.0%	10.0%
Nicht einverstanden	18.7%	14.0%	10.7%	7.3%	12.0%
Weder zustimmen noch ablehnen	36.7%	26.0%	22.7%	23.3%	24.0%
Zustimmen	16.7%	25.3%	31.3%	24.0%	30.7%
Stimme voll und ganz zu	7.3%	22.0%	28.7%	37.3%	23.3%

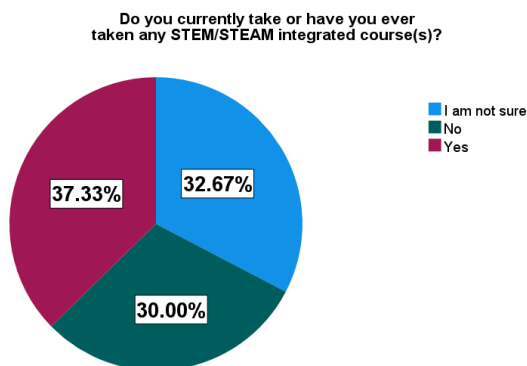
Das Gleiche scheint für ihre Lehrer in der High School zu gelten, die sie ermutigt hatten, eine Karriere in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften, Ingenieurwesen oder Technologie (54 %) und nicht eine Karriere in der Kunst (29,4 %) anzustreben. Es scheint, dass es keinen großen Unterschied zwischen den Haltungen ihrer Freunde zu einem der beiden Themen gibt (Verfolgung einer Karriere in STEAM-bezogenen Berufen oder Belegung höherer Kurse in einem STEAM-bezogenen Bereich) (Tabelle 7).

Tabelle 7 Ermutigung der Schüler durch Freunde zu STEAM-bezogenen Berufen und weiterführenden Kursen in Mathematik oder Naturwissenschaften

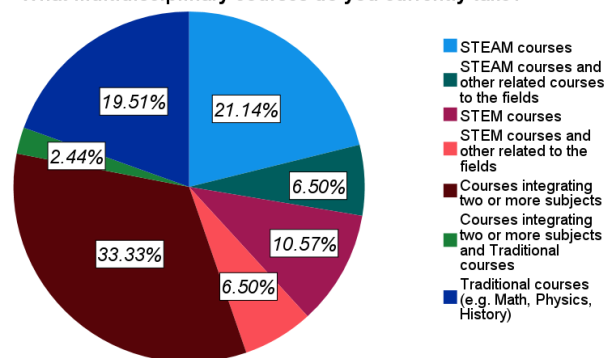
	Während der High School ermutigten mich meine Freunde, mehr oder höherwertige Kunstkurse zu belegen.	Während der Schulzeit hätten meine Freunde es gutgeheißen oder cool gefunden, wenn ich mich für einen Beruf oder eine Karriere in der Kunst entschieden hätte.	Während der High School ermutigte mich meine Familie, mehr oder höherwertige Kunstkurse zu belegen.	Während der High School hat mich meine Familie ermutigt oder meinte, es wäre cool, wenn ich mich für einen Beruf/Karriere in der Kunst entscheiden würde.	Während der High School ermutigten mich meine Lehrer, mehr oder höherwertige Kunstkurse zu belegen.
Stimmt überhaupt nicht zu	21.3%	10.7%	16.7%	17.3%	18.7%
Nicht einverstanden	20.0%	12.0%	20.0%	14.7%	18.0%
Weder zustimmen noch ablehnen	32.0%	32.0%	26.7%	33.3%	34.0%
Zustimmen	17.3%	26.0%	24.0%	21.3%	18.7%
Stimme voll und ganz zu	9.3%	19.3%	12.7%	13.3%	10.7%

6.2.3 Erfahrungen von Studierenden mit STEAM/STEM an der Universität

Anhand der Umfrageergebnisse lassen sich die Schüler in drei fast gleich große Gruppen einteilen. Die Studierenden der ersten Gruppe (37,3 %) gaben an, in der Vergangenheit an integrierten STEAM/STEM-Kursen teilgenommen zu haben, die Studierenden der zweiten Gruppe (32,7 %) gaben an, keine derartigen Erfahrungen gemacht zu haben, während ein großer Prozentsatz der Studierenden (30 %) bei dieser Frage unentschieden zu sein scheint, was möglicherweise auf ein mangelndes genaues Verständnis und Bewusstsein für das Wesen eines integrierten STEM/STEAM-Kurses zurückzuführen ist.

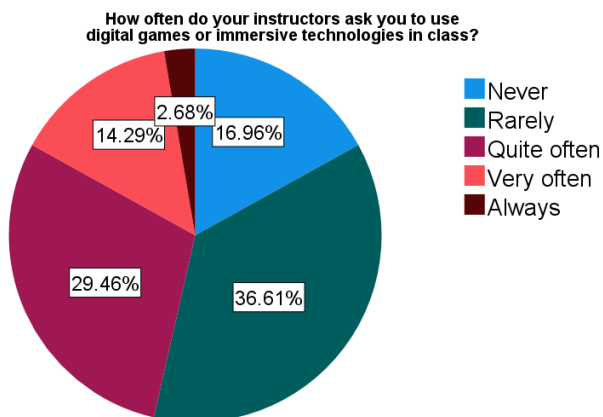


What multidisciplinary courses do you currently take?



Natürlich gaben dieselben Studierenden eine genauere Antwort, als sie nach der Art der multidisziplinären Kurse gefragt wurden, die sie derzeit an der Universität belegen. Etwa jeder vierte Studierende (27,6 %) belegt STEAM- und/oder andere multidisziplinäre Kurse, 17 % der Studierenden belegen MINT- und/oder andere multidisziplinäre Kurse, einer von drei Studierenden (35,7 %) nimmt an Kursen teil, die zwei oder mehr Fächer integrieren, und der Rest scheint nur an traditionellen Kursen teilzunehmen (z. B. Mathematik, Physik, Geschichte).

6.2.4 Digitale Spiele oder immersive Technologien an der Universität



Der Einsatz von digitalen Spielen oder immersiven Technologien im Unterricht scheint unter den Studierenden, die an der Umfrage teilgenommen haben, nicht häufig zu sein. Ungefähr die Hälfte der Studierenden wurde von der Lehrkraft selten oder nie aufgefordert, digitale Spiele oder immersive Technologien in ihren Kursen zu verwenden. Wie aus dem Tortendiagramm hervorgeht, verwenden nur etwa 16 % digitale Spiele oder immersive Technologien im Unterricht.

Tabelle 8 Nutzung von digitalen Spielen und/oder immersiven Technologien nach Fach

Kurs	Digitale Spiele oder immersive Technologien im Unterricht
------	---

Informatik		37.3%
Art		22%
Bildung		15.3%
Geisteswissenschaften		8.7%
Technische Kurse/Laboratorien		8%
Mathematik		8%
Sozial- Verhaltenswissenschaften	oder	5.3%
Natur- Gesundheitswissenschaften	oder	3.3 %

Ausgehend von den Antworten der Studierenden neigen die Lehrkräfte dazu, digitale Spiele oder immersive Technologien in ihre Kurse zu integrieren, vor allem im Bereich der Informatik (37,3%), gefolgt von Kunst (22%) und Bildung (15,3%). Digitale Spiele oder immersive Technologien werden kaum in Kursen in den Bereichen Geisteswissenschaften (8,7%), Ingenieurwissenschaften (8%), Mathematik (8%), Sozial- oder Verhaltenswissenschaften (5,3%) und Natur- oder Gesundheitswissenschaften (3,3%) eingesetzt.

6.3 Erhebungen bei Lehrern der Sekundarstufe

6.3.1 Methodik

Es wurde ein Instrument entwickelt und elektronisch über Google-Formulare verschickt, um Informationen über die aktuellen Perspektiven und Erfahrungen von Lehrern in Bezug auf MINT/STEAM-Bildung, aktuelle Unterrichtspraktiken und spielbasiertes Lernen im Sekundarbereich zu sammeln. Das Instrument wurde in englischer Sprache entwickelt und enthielt einen Abschnitt über demografische Daten und vier weitere Abschnitte, die sich hauptsächlich auf verschiedene Themen konzentrierten, wie z. B. Einblicke in MINT/STEAM in der Sekundarstufe, Selbstwirksamkeit und Wahrnehmung des Lernens mit immersiven Technologien, aktuelle Unterrichtspraktiken, aktuelle MINT/STEAM-bezogene Unterrichtspraktiken, die Verwendung von Spielen und warum Spiele nicht verwendet werden, aktuelle spielbezogene Unterrichtspraktiken, Bedürfnisse und Empfehlungen in Bezug auf MINT/STEAM-Bildung. Fast alle Fragen waren Likert- oder Multiple-Choice-Fragen, um es den Lehrkräften zu erleichtern, den Fragebogen auszufüllen und alle Fragen zu beantworten. Der Fragebogen wurde im März 2021 an alle Partner des Konsortiums verteilt.

Der Fragebogen wurde an Lehrer in den Partnergymnasien in Zypern, Deutschland und Griechenland verteilt. Die Lehrer wurden darüber informiert, dass ihre Teilnahme völlig freiwillig und anonym ist. Insgesamt 22 Lehrer (13 Frauen, 8 Männer, 1 wollte nicht antworten) füllten den Fragebogen aus: 11 Lehrer kamen aus Zypern (50 %), 10 Lehrer aus Griechenland (45,5 %) und 1 Lehrer aus Deutschland (4,5 %). Die meisten waren zwischen 30 und 49 Jahre alt ($n=18$, 81,8%) und unterrichteten seit mehr als 5 Jahren ($n=17$, 77,2%). Die große Mehrheit ($n=14$, 63,6%) hatte einen Master-Abschluss. Einige von ihnen

($n=8$, 36,4%) hatten in der Industrie gearbeitet. Außerdem arbeitet die Mehrheit ($n=20$, 90,9%) für eine private Einrichtung.

Während ihres Grund- und Aufbaustudiums hatten die Lehrer ein Hauptfach, ein Nebenfach oder einen besonderen Schwerpunkt in verschiedenen Fächern wie Physik ($n=7$, 31,8%), naturwissenschaftliche Bildung ($n=7$, 31,8%), Grundschul- oder Sekundarschulbildung ($n=7$, 31,8%), Informatik ($n=6$, 27,3%), MINT-Bildung ($n=6$, 27,3%), Biologie oder andere Biowissenschaften ($n=5$, 22,7%), Mathematik und/oder Statistik ($n=5$, 22,7%), Sprachen ($n=3$, 13,6%), Ingenieurwesen ($n=2$, 9,1%), STEAM-Bildung ($n=2$, 9,1%), Sozialkunde ($n=2$, 9,1%), Kunst - Bildende Kunst ($n=1$, 4,5%), Sportunterricht ($n=1$, 4,5%), usw.

Die Mehrheit der Lehrkräfte, die an dieser Studie teilgenommen haben, unterrichtet derzeit an der High School ($n=13$, 59,1%), während der Rest an der Middle School unterrichtet ($n=9$, 40,9%). Die Lehrer unterrichteten Fächer wie MINT-Bildung ($n=11$, 50%), Physik/Chemie ($n=7$, 31,8%), naturwissenschaftliche Bildung ($n=7$, 31,8%), Sozialkunde ($n=7$, 31,8%), Grundschul- oder Sekundarschulbildung ($n=7$, 31,8%), Mathematik ($n=6$, 27,3%), Informatik ($n=5$, 22,7%), Biologie oder andere Biowissenschaften ($n=4$, 18,2%), STEAM-Bildung ($n=4$, 18,2%), Sprachen ($n=2$, 9,1%), Sozialkunde ($n=2$, 9,1%), Ingenieurwesen ($n=1$, 4,5%), Kunst - Bildende Kunst ($n=1$, 4,5%), Sportunterricht ($n=1$, 4,5%), usw.

In den nächsten Abschnitten werden die wichtigsten Ergebnisse dieser Umfrage vorgestellt. Die Ergebnisse basieren auf den Antworten der Lehrkräfte auf Fragen zu ihren Praktiken und Ansichten über MINT/STEAM-Bildung, aktuelle Lehrmethoden und spielbasiertes Lernen. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl wurden keine Vergleiche zwischen Institutionen/Ländern durchgeführt.

6.3.2 Einblicke in die STEM/STEAM-Bildung

Auf die Frage "Wurde in der Schule, in der Sie arbeiten, MINT-Bildung (z. B. Programme, Kurse) eingeführt?" antwortete ein Großteil der Teilnehmer ($n=14$, 63,6%) mit "Ja", einige ($n=5$, 22,7%) mit "Nein" und die übrigen ($n=3$, 13,6%) mit "Ich weiß es nicht". Darüber hinaus antwortete auf die Frage "Wurde in der Schule, in der Sie arbeiten, STEAM-Bildung (z. B. Programme, Kurse) eingeführt?" ein erheblicher Teil der Teilnehmer ($n=12$, 54,5%) mit "Ja", einige ($n=5$, 22,7%) mit "Nein" und die übrigen ($n=5$, 22,7%) mit "Ich weiß es nicht". Die Antworten auf die Frage, wie viele Jahre die Lehrkräfte bereits in der MINT/STEAM-Bildung tätig sind, variierten zwischen 0 und 10.

Dies zeigt, dass die MINT-Bildung in den Sekundarschulen etwas weiter verbreitet zu sein scheint als STEAM. Darüber hinaus gab die Mehrheit der Lehrkräfte ($n=12$, 54,5%) an, dass sie eine Beteiligung oder eine berufliche Rolle in der MINT/STEAM-Bildung hatten. Einige Lehrkräfte gaben an, dass sie mehr als 5 Jahre Erfahrung in diesem Bereich haben. Ihre Rolle reichte von der Teilnahme an MINT/STEAM-Wettbewerben (z. B. F1 in Schools, TEKE), über Mentorentätigkeiten oder das Unterrichten von MINT-Aktivitäten nach der Schule bis hin zur Verantwortung für die Gestaltung von MINT-Bildungsszenarien (insbesondere im Physikunterricht mit Schwerpunkt auf moderner Physik und Astronomie, Erdbebenonifikation, Bildungsbesuche usw.).

In Bezug auf die Teilnahme an MINT/STEAM-bezogenen Weiterbildungsaktivitäten gab die Mehrheit der Lehrkräfte ($n=11$, 50 %) an, dass sie an Schulungen/Workshops teilgenommen haben, während mehr als die Hälfte der Lehrkräfte ($n=12$, 54,5 %) die Möglichkeit hatte, eigenständig Fachliteratur zu lesen. Etwa ($n=4$, 18,2%) der Lehrkräfte gaben an, dass sie an Konferenzen, Seminaren oder Treffen von Berufsverbänden teilgenommen haben. Sie nahmen auch an einem Netzwerk von Lehrern und an internationalen Projekten teil ($n=4$, 18,2%). Die Lehrkräfte hatten auch die Möglichkeit, an einigen Weiterbildungsaktivitäten im Zusammenhang mit spielbasiertem Lernen teilzunehmen, wie z. B. ($n=8$, 36,4 %) "Unabhängige Lektüre von Fachliteratur", ($n=8$, 36,4 %) der Teilnehmer antworteten "Kurse/Workshops/Fortbildungen" und ($n=8$, 36,3 %) der Teilnehmer antworteten, dass sie an solchen Aktivitäten nicht teilgenommen haben.

6.3.3 Selbstwirksamkeit und Wahrnehmungen in Bezug auf MINT/STEAM und spielbasiertes Lernen

In Bezug auf die Selbstwirksamkeit und die Wahrnehmung von MINT/STEAM und spielbasiertem Lernen gab die Mehrheit der Lehrer an, dass sie mit der MINT-Bildung ($n=13$, 59%) und den pädagogischen Methoden ($n=14$, 63,6%), die in der MINT-Bildung eingesetzt werden, vertraut sind. Die Mehrheit der Lehrkräfte ($n=15$, 68,18%) gab an, dass sie sich in ihrer Fähigkeit sicher fühlen, ihre Schüler für MINT-Fächer zu motivieren. Dennoch fragen sich einige Teilnehmer ($n=7$, 31,8%), ob sie über die notwendigen Fähigkeiten verfügen, um MINT-Fächer effektiv zu unterrichten, während ($n=11$, 50%) glauben, dass sie dies tun. Dennoch gab die Mehrheit der Lehrer ($n=14$, 63,6%) an, dass sie sich wohl dabei fühlen, MINT-Aktivitäten in ihren Unterricht einzubauen, und dass sie sich kompetent fühlen, den interdisziplinären, forschungsbasierten Lernprozess im MINT-Unterricht zu erleichtern ($n=12$, 54,5%).

In Bezug auf die STEAM-Bildung gab die Mehrheit der Lehrer ($n=14$, 63,6 %) an, dass sie mit diesem Bildungsansatz vertraut sind und dass sie die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen MINT- und STEAM-Bildung verstehen ($n=15$, 68,1 %). Sie gaben auch an, dass sie wissen ($n=12$, 54,5 %), welche pädagogischen Methoden in der STEAM-Bildung angewandt werden, während einige von ihnen ($n=11$, 50 %) sich in ihrer Fähigkeit sicher fühlen, ihre Schüler für STEAM-Fächer zu motivieren. Einige Lehrer ($n=8$, 36,3%) glauben, dass sie über die notwendigen Fähigkeiten verfügen, um STEAM effektiv zu unterrichten, andere sind sich nicht sicher ($n=7$, 31,8%) oder glauben, dass sie nicht über die notwendigen Fähigkeiten verfügen. Darüber hinaus gab mehr als die Hälfte der Lehrkräfte ($n=12$, 54,5%) an, dass sie STEAM-Aktivitäten gerne in ihren Unterricht einbeziehen. Ebenso gaben ($n=11$, 50%) Lehrkräfte an, dass sie sich kompetent fühlen, um den transdisziplinären, forschungsbasierten Lernprozess im STEAM-Unterricht zu erleichtern, und dass sie ($n=6$, 27,2%) ein gutes Bewusstsein für mögliche STEAM-Berufswege für ihre Schüler haben. Einige Lehrer gaben an, dass sie nicht wissen, wo sie Ressourcen finden können ($n=9$, 40,9%).

Auf die Frage, ob sie der Aussage "Ich verstehe nicht, warum STEAM vorteilhaft ist" zustimmen, antwortete die Mehrheit ($n=15$, 68,18 %) mit "stimme überhaupt nicht zu" und "stimme nicht zu", was bedeutet, dass sie die Vorteile von STEAM verstehen. Ähnlich negativ fielen die Antworten ($n=17$, 77,2 %) auf die Aussage "Ich mag den STEAM-Ansatz nicht, weil ich denke, dass er die individuelle Bedeutung

jedes Inhaltsbereichs schmälert" aus, was darauf hindeutet, dass die Lehrer die Bedeutung von STEAM durchaus zu schätzen wissen. Darüber hinaus gab die Mehrheit der Lehrkräfte an, dass sie die Bedeutung der Integration von Inhalten aus verschiedenen Fachbereichen und Disziplinen verstehen ($n=21, 95,4\%$). Die meisten Lehrkräfte ($n=15, 68,1\%$) erkennen auch die Bedeutung der Einbeziehung der Künste in den interdisziplinären Rahmen des Unterrichts in den Bereichen Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik (STEM). Sie wissen auch zu schätzen, dass es mit dem STEAM-Bildungsansatz möglich ist, die Lehrmethoden zu verbessern ($n=18, 81,8\%$). Die Mehrheit der TeilnehmerInnen ($n=17, 77,2\%$) ist der Meinung, dass Kunst-/GeisteswissenschaftslehrerInnen eng mit LehrerInnen der MINT-Disziplinen zusammenarbeiten müssen, um STEAM-Kurse anzubieten. Die Mehrheit der Teilnehmer ($n=18, 81,8\%$) ist auch der Meinung, dass der STEAM-Lehrplan die Fähigkeiten der Schüler zur Problemlösung und zum kritischen Denken verbessern kann, während er das Lernen der Schüler fördert, da er verschiedene Fächer in einem authentischen, realen Kontext verbindet.

Bei den spielbasierten Aktivitäten stimmt die Mehrheit der Teilnehmer ($n=20, 90,9\%$) zu, dass spielbasierte Aktivitäten in der Bildungspraxis eingesetzt werden sollten. Sie sind auch der Meinung, dass spielbasierter Unterricht das Lernen fördert ($n=18, 81,8\%$). Einige Lehrkräfte sind auch der Meinung, dass es einfach ist, die Fortschritte der Schüler zu überwachen, wenn spielbasierte Aktivitäten eingesetzt werden ($n=13, 59\%$). Für die TeilnehmerInnen ($n=20, 90,9\%$) ist auch klar, dass spielbasierte Aktivitäten die Fähigkeiten des 21. Alle LehrerInnen ($n=22, 100\%$) sind sich auch einig, dass die SchülerInnen Spaß am Lernprozess haben, wenn sie sich mit einer spielbasierten Aktivität beschäftigen. Dennoch sind einige Lehrkräfte ($n=6, 27,2\%$) der Meinung, dass die Aufmerksamkeit der SchülerInnen durch spielbasierte Aktivitäten vom Lernen abgelenkt werden kann, während sie auch glauben ($n=5, 22,7\%$), dass die Verwendung elektronischer Spiele für nicht pädagogische Zwecke das Verhalten der SchülerInnen negativ beeinflusst.

6.3.4 Aktuelle Unterrichtspraktiken

Einige Lehrkräfte ($n=10, 45,4\%$) gaben an, dass sie ihre Schüler im Unterricht häufig auffordern, komplexe Probleme zu lösen oder Fragen zu beantworten, für die es keine einzige richtige Lösung oder Antwort gibt. Dies war nicht so sehr der Fall, als die Lehrer gefragt wurden, ob ihre Schüler aufgefordert wurden, ein originelles Produkt zu erstellen ($n=12, 54,5\%$). Einige Teilnehmer ($n=16, 72,7\%$) gaben an, dass sie ihre Schüler auffordern, ihre eigenen Lernthemen oder Fragen auszuwählen, denen sie nachgehen wollen, und dass sie ihre Schüler "sehr oft" auffordern, die Initiative zu ergreifen, wenn sie mit einem schwierigen Problem oder einer Frage konfrontiert werden. Darüber hinaus fordern die Lehrer ihre Schüler "sehr oft" ($n=10, 45,4\%$) auf, ihre eigenen Schlussfolgerungen zu ziehen und konkurrierende Argumente, Perspektiven oder Lösungen für ein Problem zu analysieren ($n=8, 36,3\%$). Darüber hinaus gab die Mehrheit der Lehrkräfte an, dass sie ihre Schüler dazu ermutigen, mit anderen Schülern zusammenzuarbeiten, um Ziele zu setzen und einen Plan für ihr Team zu erstellen ($n=12, 54,5\%$). Darüber hinaus gab die Mehrheit der TeilnehmerInnen ($n=12, 54,4\%$) an, dass sie ihre SchülerInnen "sehr oft" auffordern, Technologie zu nutzen, um Teamarbeit oder Zusammenarbeit zu unterstützen und Informationen auszutauschen. Die Mehrheit der Teilnehmer ($n=10, 45,4\%$) gab auch an, dass sie ihre

Schüler "sehr oft" auffordern, Technologie zu nutzen, um reale Probleme zu lösen und an Projekten zu arbeiten, die sich mit realen Anwendungen von Technologie befassen.

Auf die Frage, wie häufig die Lehrkräfte Technologien/technologische Hilfsmittel in ihrem Unterricht einsetzen, wurden unter anderem der Webbrowser ($n=20$, 90,9%), E-Mail-Anwendungen ($n=15$, 75%), Präsentationssoftware ($n=21$, 95,4%), Tabellenkalkulationen ($n=12$, 54,5%), Foto-/Videoaufnahme- oder Bearbeitungssoftware ($n=19$, 86,3%) und Textverarbeitungsprogramme ($n=17$, 77,2%) genannt. Einige Lehrkräfte ($n=10$, 45,4%) gaben an, dass sie für den Unterricht konzipierte Lernsoftware wie Geogebra verwenden. Hinsichtlich der Verwendung von Mobilgeräten im Unterricht zeigten die Ergebnisse, dass ($n=4$, 18,1%) der LehrerInnen ihre SchülerInnen bitten, sie im Unterricht zu verwenden, während einige andere LehrerInnen ($n=8$, 36,3%) angaben, dass sie sie sehr oft verwenden. Etwa ($n=13$, 59%) der Lehrkräfte gaben auch an, dass sie immer oder zumindest sehr oft spielbasierte Plattformen oder Animationen oder Simulationen verwenden, während andere ($n=4$, 18,1%) angaben, dass sie sie selten oder nie verwenden. Was die Verwendung von AR/VR-Tools im Unterricht betrifft, so antwortete die Mehrheit, dass sie dies selten oder nie tun ($n=15$, 68,1 %). Das Gleiche gilt für Echtzeit-Datenerfassungsgeräte und -sensoren ($n=12$, 54,5%) sowie für Lernroboter ($n=15$, 68,18%). Die Verwendung von elektronischen Abstimmungen ist ebenfalls ein Instrument, das von Lehrkräften eingesetzt wird ($n=8$, 36,3%), die angaben, dass sie es immer oder sehr oft verwenden.

Die Mehrheit der Lehrkräfte gab außerdem an, dass die Bewertung hauptsächlich auf der Teilnahme am Unterricht ($n=20$, 90,9 %) und auf Prüfungen ($n=12$, 54,5 %) beruht. Einige Lehrkräfte gaben auch an, dass sie ihre Schüler nicht oder nur selten anhand von physischen Modellen ($n=9$, 40,9%), dynamischen digitalen Produkten ($n=14$, 63,6%), Prototypen ($n=15$, 75%) oder Portfolios ($n=10$, 45,4%) bewerten. Sie scheinen es zu bevorzugen, sie anhand von authentischen problemorientierten Aufgaben und Projekten ($n=14$, 63,6%), Arbeitsblättern ($n=15$, 68,1%) und Quizfragen ($n=13$, 59%) zu bewerten.

Auf die Frage "Welche Kurse unterrichten Sie derzeit?" antwortete mehr als die Hälfte der Teilnehmer ($n=12$, 54,5 %) "einzelne Fächer", während ein weiterer Teil ($n=7$, 31,8 %) "sowohl einzelne als auch integrierte MINT/STEAM-Kurse" antwortete. Die übrigen ($n=3$, 13,6%) unterrichteten in "MINT-integrierten Kursen" bzw. "STEAM-integrierten Kursen". Auch die Wissensgebiete, die die Lehrkräfte in ihren STEAM/STEAM-Kursen abdecken, sind ($n=6$, 27,2%) "Naturwissenschaften", "Technologie" und "Ingenieurwesen" und ($n=3$, 13,6%) "Kunst" und "Mathematik". Die Methoden, die die Lehrkräfte für ihre MINT/STEAM-Kurse verwenden, waren: der "interdisziplinäre Ansatz" ($n=7$, 31,8%), der "multidisziplinäre Ansatz" ($n=2$, 9%) und der Rest ($n=1$, 4,5%) antwortete "fächerübergreifender Ansatz". Diese Angaben beruhen auf den Rückmeldungen von 10 Lehrkräften.

In Bezug auf die Implementierung von MINT/STEAM-Kursen gaben ($n=8$, 36,3%) Lehrkräfte an, dass sie Wissen, Ideen und Ressourcen mit Lehrkräften anderer MINT/STEAM-Disziplinen an ihrer Schule austauschen. Ebenso viele TeilnehmerInnen gaben an, dass sie wissen, wo sie Ressourcen für den Unterricht mit dem MINT/STEAM-Ansatz finden können. Eine geringe Anzahl von Lehrern ($n=3$, 13,6%) gab an, dass sie sich mit Lehrern außerhalb ihrer Schule in Bezug auf STEAM/STEAM vernetzen und zusammenarbeiten. Ebenso gaben ($n=4$, 18,1%) Lehrkräfte an, dass sie gemeinsam mit anderen Kolleginnen und Kollegen MINT/STEAM-Lernaktivitäten und -Materialien entwerfen, unterrichten und an deren Betreuung teilnehmen.

6.3.5 Aktuelle spielbezogene Unterrichtspraktiken

Bei der Frage "Verwenden Sie spielbasierte Lernaktivitäten in Ihrem Unterricht?" waren die Antworten in der Mitte geteilt, wobei ($n=11$, 50%) mit "ja" und die übrigen ($n=11$, 50%) mit "nein" antworteten. Lehrkräfte, die keine spielbasierten Lernaktivitäten einsetzen, gaben an, dass sie nicht über die erforderlichen Fähigkeiten verfügen ($n=4$, 18,1%), während ($n=6$, 27,2%) weder zustimmten noch ablehnten. Einige Lehrkräfte gaben an, dass dies viel Zeit für die Vorbereitung erfordert ($n=4$, 18,1%). Nichtsdestotrotz sind ($n=11$, 50%) an einer beruflichen Weiterbildung interessiert, die sie in die Lage versetzt, spielbasiertes Lernen mit ihren Schülern zu nutzen.

Bei der Aussage "Ich würde gerne spielbasierte Aktivitäten einsetzen, aber sie erfordern viel Zeit für die Umsetzung im Unterricht." ($n=6$, 27,2%) antworteten die Teilnehmer mit "stimme weder zu noch nicht zu", ($n=4$, 18,1%) mit "stimme zu" und ($n=1$, 4,5%) mit "stimme voll und ganz zu". Einige der Gründe, die die Teilnehmer für den Verzicht auf spielbasierte Lernaktivitäten angaben, waren die fehlende IT-Infrastruktur und die fehlende W-LAN-Verbindung (in ihrem Klassenzimmer).

Bei den spielbezogenen Unterrichtspraktiken wurden die Kategorien der im Unterricht verwendeten Spiele angegeben: ($n=6$, 27,2%) berichten über "Trivia" und ($n=5$, 22,7%) erwähnen "Rollenspiele". Bei ($n=4$, 18,1%) sind es 'Simulationen' und 'Strategie'. Action" und "Sport" werden von ($n=2$, 9%) Lehrern verwendet, während "Abenteuer", "erweiterte Realität", "Kampf" und "Rätsel" von ($n=1$, 4,5%) eingesetzt werden. Einige Spiele, die von den TeilnehmerInnen genannt wurden, waren kahoot, hot potatoes, deck.toys als Beispiele für die Erstellung interaktiver Inhalte; kodugamelab, scratch und scratch junior waren Beispiele für die Einführung in die Programmierung; teachingeconomy.de enthielt Online-Material; quizizz.com enthielt sowohl vorgefertigte Inhalte als auch die Möglichkeit, interaktive Inhalte zu erstellen. Als weitere Beispiele wurden roblox und Minecraft genannt. Als die LehrerInnen gebeten wurden, die Art und Weise zu nennen, wie sie die Leistungen der SchülerInnen mit/um digitale Spiele herum bewerten, antworteten einige von ihnen ($n=6$, 27,2%) "durch Lernanalysen und Feedback, das von bestimmten Spielen bereitgestellt wird" und "ich erstelle meine eigenen Tests/Quizze, um den Lernerfolg der SchülerInnen zu bewerten"; einige andere ($n=4$, 18,1%) antworteten "durch Diskussionen in der Klasse" und "durch ihre Spielleistung". Schließlich antworteten ($n=2$, 9%): "Ich bewerte die Leistung der SchülerInnen nicht mit oder im Zusammenhang mit digitalen Spielen.

6.3.6 Bedürfnisse und Empfehlungen in Bezug auf immersive Technologien

Die Lehrkräfte gaben die Herausforderungen an, die sie beim Einsatz immersiver Technologien im Unterricht derzeit erleben oder zu erwarten haben. Etwa ($n=13$, 59 %) gaben an, dass ihr begrenztes Wissen eine wichtige oder äußerst wichtige Herausforderung darstellt. In ähnlicher Weise antworteten die Lehrkräfte auf den Mangel an Vertrauen und Wissen in Bezug auf STEAM-Inhalte, wobei ($n=7$, 31,8%) Teilnehmer antworteten, dass dies eine "Herausforderung" sei, ($n=4$, 18,1%) antworteten, dass dies eine "wichtige Herausforderung" sei und ($n=3$, 13,6%) antworteten, dass dies eine "extrem wichtige Herausforderung" sei.

Die Mehrheit der Lehrkräfte ($n=13$, 59 %) gab auch an, dass es wichtig ist, bestimmte Themen in ihrem Fach zu behandeln, damit die Studierenden auf künftige Kurse in ihrem Fachgebiet vorbereitet sind. Eine

weitere Herausforderung besteht darin, die Studierenden mit dem vorlesungsbasierten Unterricht vertraut zu machen und sie an alternative Lehrmethoden zu gewöhnen. Einige andere Lehrkräfte ($n=6$, 27,2 %) antworteten, dass dies eine "Herausforderung" oder eine "äußerst wichtige Herausforderung" und eine "wichtige Herausforderung" sei. Ebenso viele Lehrkräfte ($n=6$, 27,2 %) gaben an, dass die Tatsache, dass die Klassenzimmer nicht für forschungsbasierte Strategien geeignet sind (z. B. aufgrund der Größe oder der Anordnung), eine "wichtige Herausforderung" oder "Herausforderung" darstellt. Eine der wichtigsten Herausforderungen ist der Mangel an Zeit für die Planung und Vorbereitung von STEAM-Unterricht. Die Mehrheit der Lehrkräfte gab an, dass dies eine "wichtige Herausforderung" und "extrem wichtige Herausforderung" sei ($n=14$, 63,6%). Eine weitere Herausforderung, die von ($n=6$, 27,2 %) Lehrern genannt wurde, war, dass einige Kollegen, die andere Fächer an ihrer Schule unterrichten, gegen die Einführung neuer Methoden sind.

Die Lehrkräfte gaben auch an ($n=12$, 54,4 %), dass es an Zeit mangelt, um die Kursinhalte mit anderen Lehrkräften zu koordinieren. Eine weitere Herausforderung, die von ($n=16$, 72,7%) Lehrern genannt wurde, war die "unzureichende technische oder administrative Unterstützung", während ($n=15$, 72,7%) Lehrer finden, dass "unzureichender Zugang zu Ressourcen zu STEAM-Konzepten" ebenfalls eine Herausforderung ist. Die Lehrkräfte sind auch der Meinung, dass es bei der Umsetzung des STEAM-Unterrichts an beruflichen Weiterbildungsmöglichkeiten mangelt, wobei ($n=10$, 45,4 %) der TeilnehmerInnen dies als eine "äußerst wichtige Herausforderung" oder "wichtige Herausforderung" bezeichneten. Ebenso ist mehr als die Hälfte der Lehrkräfte der Meinung, dass es an ihrer Schule an einer STEAM-Kultur mangelt ($n=17$, 77,2%). Tests und Bewertungen (standardisierte Beurteilungen), die das kreative Lernen mit STEAM verhindern, wurden ebenfalls als Herausforderung genannt, wobei mindestens ($n=12$, 54,4 %) der Lehrkräfte dies als "extrem wichtige" oder nur "wichtige" Herausforderung ansehen.

Auf die Frage "Bitte geben Sie an, inwieweit jede der nachstehenden Bedingungen für Sie ein Anreiz ist, den pädagogischen STEAM-Ansatz in Ihrem Unterricht zu übernehmen", antwortete die Mehrheit der Teilnehmer ($n=20$, 90,9%), dass sie gerne mehr schülerzentrierte Lehrstrategien in ihre Kurse einbauen würden. Alle Teilnehmer ($n=22$, 100%) antworteten auch, dass sie dies als einen wichtigen Anreiz für die Einbeziehung innovativer Ansätze in ihren Unterricht betrachten. Darüber hinaus gaben ($n=21$, 95,4 %) an, dass es wichtig ist, ein breites Spektrum an Themen in ihrem Kurs zu behandeln, auch wenn diese Themen nicht alle in der Tiefe behandelt werden. Ein weiterer Anreiz kann der STEAM-Lehrplan sein, der das kritische Denken und die Problemlösungsfähigkeiten der SchülerInnen verbessern kann. Die Mehrheit der Teilnehmer ($n=18$, 81,81%) gab an, dass sie dies als Anreiz betrachten. Ebenso ist die Mehrheit der Lehrer ($n=19$, 86,3%) der Meinung, dass dieser STEAM-Lehrplan die Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten ihrer Schüler verbessern kann, was als wichtiger Anreiz angesehen werden kann. Die meisten Lehrer ($n=20$, 90,9%) sind der Ansicht, dass der STEAM-Unterricht die Schüler besser auf ihr zukünftiges Studium und ihre berufliche Laufbahn vorbereitet, was ebenfalls einen wichtigen Anreiz darstellt. Schließlich antwortete die Mehrheit der Lehrer auf die Aussage "Der STEAM-Ansatz gibt mir und anderen Lehrern in meiner Schule die Möglichkeit, als innovatives Team zu arbeiten" mit ($n=21$, 95,4%).

Die Lehrkräfte wurden auch gebeten anzugeben, wie "Tun Sie oder Ihre Schule eines der folgenden Dinge, um das Interesse und die Leistungen der Schüler an MINT/STEAM zu steigern?" Die Hälfte der Lehrkräfte ($n=11$, 50 %) gab an, dass sie mit den Schülern Exkursionen und/oder Besichtigungen im Zusammenhang mit MINT/STEAM unternehmen, während ($n=10$, 45,4 %) angaben, dass sie schulweite MINT/STEAM-Messen, Workshops oder Wettbewerbe veranstalten. Außerdem gaben ($n=9$, 40,9%) an, dass ihre Schulen ein MINT/STEAM-Programm nach der Schule sponsern. Die gleiche Anzahl von Lehrern ($n=9$, 40,9%) antwortete, dass sie Gastredner einladen, um mit den Schülern über MINT/STEAM-Berufe zu sprechen. Einige andere ($n=7$, 31,8%) antworteten, dass die Schulen Möglichkeiten für Partnerschaften außerhalb der Schule schaffen, und ($n=6$, 27,2%) antworteten, dass die Schulen eine Partnerschaft mit einem Community College oder einer Universität eingehen, die STEM/STEAM-Sommerprogramme oder -camps für High School-Schüler anbieten.

Auf die Frage "Tun Sie oder Ihre Schule etwas von dem, was Sie tun, um das Interesse der Schüler an MINT/STEAM zu wecken und ihre Leistungen zu verbessern?" gab es mehrere Antworten, wobei die beliebteste die war, "Schüler auf MINT/STEAM-bezogene Exkursionen und/oder Besichtigungen mitzunehmen" ($n=11$, 50%). Die zweithäufigste Antwort war "Schulweite MINT/STEAM-Messen, -Workshops oder -Wettbewerbe durchführen" ($n=10$, 45,4%). Eine weitere beliebte Wahl war "Ein MINT/STEAM-Programm nach der Schule sponsern" ($n=9$, 40,9%). Andere Teilnehmer ($n=8$, 40,9%) wählten "Gastredner einladen, die mit den Schülern über MINT/STEAM-Berufe sprechen". Eine weitere Option, die von ($n=7$, 31,8%) gewählt wurde, war "Möglichkeiten für Partnerschaften außerhalb der Schule schaffen (Einbindung von Unternehmen, Sport- und Kunstgemeinschaften). In ähnlicher Weise wählten ($n=6$, 27,2%) LehrerInnen die Option "Partnerschaft mit Community Colleges oder Universitäten, die MINT/STEAM-Sommerprogramme oder Camps für SchülerInnen der High School anbieten".

Für den Abschnitt über Zusammenarbeit und Problemlösungskompetenz wurde eine Frage gestellt: "Was ist Ihrer Meinung nach das größte Hindernis für Studierende, wenn es um MINT/STEAM-Studien und -Berufe geht? Neun ($n=9$, 40,9%) Antworten wiesen auf Bereiche/Themen hin wie: "Fehlende Kenntnisse und Erfahrungen in der Sekundarstufe", "Die Tatsache, dass sie darauf trainiert sind, sich auf Prüfungen zu konzentrieren", "sich etwas Neuem anzuvertrauen", "Bewusstsein", "die nötige Schulerfahrung zu haben, um sich selbstbewusst für diese Studiengänge/Berufe zu bewerben", "Zusammenarbeit und Problemlösungsfähigkeiten". "Ihre eigene persönliche Motivation in erster Linie und dann der Mangel an guten Berufsaussichten, zumindest in meinem Land", "Eltern, die Technik nicht mögen".

Die Lehrkräfte beantworteten auch die Frage "Wie sehen Sie die Rolle von Spielen im MINT/STEAM-Unterricht?" Es gab acht ($n=8$, 40,9%) Antworten auf diese Frage und es ist erwähnenswert, dass einige davon lauteten: "die Zukunft", "der Weg in die Zukunft", "herausfordernd", "könnte nützlich sein", "es ist etwas, das Schüler sehr wahrscheinlich motiviert". Auf die Frage "Wären Sie an einer beruflichen Weiterbildung zum Thema spielgestützter STEAM-Unterricht interessiert? Wenn ja, an welcher Art von Fortbildung würden Sie am liebsten teilnehmen?" gab es ($n=11$, 50%) Antworten. Die beiden häufigsten sind 1) die positive Einstellung zu einem Weiterbildungsprogramm und 2) die praktische Ausbildung und

Workshops. Ein erwähnenswerter Kommentar lautet: "Ja, eines ohne zu viele 'Rahmenwerke', aber mit mehr praktischer Arbeit und der Präsentation bewährter Verfahren".

6.4 Umfrage unter Hochschullehrern

6.4.1 Methodik

Es wurde ein Instrument entwickelt und elektronisch über Google-Formulare verschickt, um Informationen über die aktuellen Perspektiven und Erfahrungen von Lehrkräften in Bezug auf MINT/STEAM-Bildung, aktuelle Lehrmethoden und spielbasiertes Lernen zu sammeln. Das Instrument wurde in englischer Sprache entwickelt und enthielt einen Abschnitt zur Demografie und 8 weitere Abschnitte, die sich auf Folgendes konzentrierten: Einblicke in die MINT/STEAM-Bildung, Selbstwirksamkeit und Wahrnehmung des Lernens mit immersiven Technologien, aktuelle Unterrichtspraktiken, aktuelle MINT/STEAM-bezogene Unterrichtspraktiken, Einsatz von Spielen und Gründe für eine solche Integration in den Unterricht, aktuelle spielbezogene Unterrichtspraktiken, Bedürfnisse und Empfehlungen im Zusammenhang mit immersiven Technologien. Fast alle Fragen waren als Likert- oder Multiple-Choice-Fragen gestaltet, um es den Lehrkräften zu erleichtern, die Umfrage in kurzer Zeit auszufüllen und alle Fragen zu beantworten.

Der Fragebogen wurde an die Lehrkräfte der drei Partneruniversitäten in Zypern, Deutschland und Griechenland verteilt. Die Lehrkräfte wurden darüber informiert, dass ihre Teilnahme völlig freiwillig und anonym ist. Insgesamt 36 Lehrkräfte (22 weibliche und 14 männliche) füllten den Fragebogen aus: 29 Ausbilder aus Zypern (80,6 %), 4 Ausbilder aus Griechenland (11,1 %) und 3 Ausbilder aus Deutschland (8,3 %). Die meisten waren zwischen 30 und 49 Jahre alt ($n=14$, 38,9%) und unterrichteten seit mehr als 5 Jahren ($n=25$, 69,4%). Außerdem hatte die große Mehrheit ($n=26$, 72,2%) einen Dokortitel, während viele von ihnen ($n=15$, 41,7%) in der Industrie gearbeitet hatten. Außerdem arbeitete die Mehrheit ($n=30$, 83,3%) für eine private Einrichtung.

Die Lehrkräfte hatten Fächer aus den Bereichen MINT, Kunst und Sozialkunde unterrichtet. Die meisten Antworten kamen aus den Bereichen Informatik ($n=9$, 25%), Mathematik ($n=8$, 22,2%) und Biologie oder andere Lebenswissenschaften ($n=7$, 19,4%).

Die Mehrheit der Teilnehmer ($n=20$, 55,6%) gab an, dass MINT/STEAM-Bildung an der Universität, an der sie arbeiten, eingeführt wurde. Mehr als zwei Drittel der Teilnehmer ($n=31$; 86,1%) gaben jedoch an, dass sie derzeit keine Beteiligung/professionelle Rolle in der MINT/STEAM-Bildung haben. Die verbleibenden ($n=5$; 13,8%) Lehrkräfte waren an verschiedenen Arten von MINT/STEAM-Bildungsinitiativen beteiligt, z. B. an Konferenzen, Schulungskursen oder Workshops und internationalen Projekten.

In den nächsten Abschnitten stellen wir die wichtigsten Ergebnisse dieser Umfrage vor. Die Ergebnisse basieren auf den Antworten der Lehrkräfte auf Fragen zu ihren Praktiken und Ansichten über MINT/STEAM-Bildung, aktuelle Lehrmethoden und spielbasiertes Lernen. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl wurden keine Vergleiche zwischen Institutionen/Ländern durchgeführt.

6.4.2 Selbstwirksamkeit und Wahrnehmungen beim Lernen mit immersiven Technologien

Auf die Frage, ob immersive Technologien in der Bildungspraxis eingesetzt werden sollten, stimmte die Mehrheit der Teilnehmer ($n=29$, 80,6%) zu. Sie stimmten auch zu, dass der Unterricht mit immersiven Technologien das Lernen fördert ($n=29$, 75%) und dass es einfach ist, die Fortschritte der Schüler zu überwachen, wenn immersive Technologien eingesetzt werden ($n=26$, 72,2%). Die Mehrheit der Teilnehmer ($n=28$, 77,7%) stimmte zu, dass immersive Technologien die Fähigkeiten des 21st Jahrhunderts fördern. Etwa ($n=15$, 41,7%) der Teilnehmer sind sich nicht sicher (weder zustimmen noch ablehnen), ob immersive Technologien zu viel Zeit im Unterricht in Anspruch nehmen und ob es sich nicht immer lohnt, sie einzusetzen, während ($n=14$, 38,9%) dieser Aussage nicht zustimmen.

6.4.3 Aktuelle Unterrichtspraktiken

Die meisten Ausbilder ($n=25$, 69,4%) gaben an, dass sie ihre Schüler auffordern, komplexe Probleme zu lösen oder Fragen zu beantworten, für die es keine einzige richtige Lösung oder Antwort gibt. Dies war nicht so sehr der Fall, als die Ausbilder gefragt wurden, ob ihre Schüler aufgefordert wurden, ein originelles Produkt zu erstellen ($n=15$, 41,6%). Einige Teilnehmer ($n=16$, 44,4 %) gaben an, dass sie ihre Schüler auffordern, ihre eigenen Lernthemen oder Fragen auszuwählen, denen sie nachgehen wollen, und sie fordern ihre Schüler sehr oft auf, die Initiative zu ergreifen, wenn sie mit einem schwierigen Problem oder einer Frage konfrontiert werden. Darüber hinaus fordern die meisten Ausbilder ($n=25$, 69,4%) ihre Schüler sehr oft auf, ihre eigenen Schlussfolgerungen zu ziehen, und ($n=26$, 72,2%) bitten sie sie, konkurrierende Argumente, Perspektiven oder Lösungen für ein Problem zu analysieren. Darüber hinaus gab die Mehrheit der Ausbilder an, dass sie ihre Schüler dazu ermutigen, mit anderen Schülern zusammenzuarbeiten, um Ziele zu setzen und einen Plan für ihr Team zu erstellen ($n=20$, 55,5%). Darüber hinaus schlug die Mehrheit der Teilnehmer ($n=23$, 63,8%) vor, dass sie ihre Schüler auffordern, Technologien zur Unterstützung der Teamarbeit oder Zusammenarbeit und zum Informationsaustausch zu nutzen. Die Mehrheit der Lehrkräfte ($n=20$, 55,5%) gab auch an, dass sie ihre SchülerInnen auffordern, Technologie zu nutzen, um reale Probleme zu lösen und an Projekten zu arbeiten, die sich mit realen Anwendungen von Technologie befassen.

Auf die Frage, warum Spiele nicht als Teil ihrer Unterrichtspraktiken eingesetzt werden, gab die Mehrheit der Lehrkräfte an, dass sie der Aussage "Ich würde gerne spielbasierte Aktivitäten einsetzen, aber ich habe nicht die notwendigen Fähigkeiten dafür" ($n=16$, 44,4%) "weder zustimmen noch ablehnen". Dies war auch der Fall bei der Frage "Ich würde gerne spielbasierte Aktivitäten einsetzen, aber die Umsetzung im Klassenzimmer erfordert viel Zeit" ($n=18$, 50%). Viele Lehrkräfte ($n=9$, 25%) sind jedoch der Meinung, dass "spielbasierte Aktivitäten für den/die Kurs/e, die ich unterrichte, nicht geeignet sind", während ($n=9$, 25%) weder zustimmten noch ablehnten. Dies deutet darauf hin, dass die Lehrkräfte sich nicht sicher genug fühlten, um diese Tools zu verwenden, und auch nicht wussten, wie viel Zeit sie dafür benötigen würden. Außerdem waren sie sich nicht sicher, ob diese Spiele für ihren Unterricht geeignet sind.

Bei den Antworten, die die am häufigsten verwendeten technologischen Hilfsmittel nannten, handelte es sich um den Webbrowser ($n=27$, 75%), E-Mail-Anwendungen ($n=32$, 88,9%), Präsentationssoftware ($n=31$, 86,1%), Tabellenkalkulationen ($n=17$, 47,2%), Foto-/Videoaufnahme- oder Bearbeitungssoftware

($n=19, 44,8\%$) und Textverarbeitungsprogramme ($n=31, 86,1\%$). Einige Lehrkräfte ($n=14, 38,8\%$) gaben an, dass sie für den Unterricht konzipierte Lernsoftware wie Geogebra verwenden. Hinsichtlich der Verwendung von mobilen Geräten im Unterricht zeigten die Ergebnisse, dass einige ($n=10, 27,7\%$) der Lehrkräfte ihre SchülerInnen *immer* auffordern, diese im Unterricht zu verwenden, während einige ($n=8, 22,2\%$) der Lehrkräfte dies *sehr oft* tun. Etwa die Hälfte ($n=15, 41,6\%$) der Lehrkräfte gab außerdem an, dass sie keine spielbasierten Plattformen, Animationen oder Simulationen verwenden, während eine weitere Gruppe ($n=9, 25\%$) *angab, dass sie dies selten tun*. Noch deutlicher wurde dies bei der Frage, ob sie AR/VR-Tools verwenden, wo die Mehrheit antwortete, dass sie dies nie tun ($n=19, 52,7\%$). Dasselbe gilt für Echtzeit-Datenerfassungsgeräte und -sensoren ($n=20, 55,5\%$) sowie für Lernroboter ($n=21, 58,3\%$).

Die Mehrheit der Ausbilder gab auch an, dass die Bewertung hauptsächlich auf der Teilnahme am Unterricht ($n=24, 66,6\%$) und auf Prüfungen ($n=20, 55,5\%$) *beruht*. Die Mehrheit der Ausbilder gab auch an, dass sie ihre Studierenden nicht anhand von physischen Modellen ($n=21, 58,3\%$), dynamischen digitalen Produkten ($n=20, 55,5\%$), Prototypen ($n=21, 58,3\%$) oder Portfolios ($n=16, 44,4\%$) bewerten.

Hinsichtlich der Frage, ob die TeilnehmerInnen ($n=30, 83,3\%$) keine spielbasierten Lernaktivitäten in ihrem Unterricht einsetzen und ob sie solche Aktivitäten einsetzen möchten, glauben die meisten von ihnen, dass sie solche spielbasierten Lernaktivitäten einsetzen möchten, wobei einige von ihnen zustimmen, dass sie nicht unbedingt die Fähigkeiten dazu haben ($n=11, 30,5\%$), während viele der Lehrkräfte ($n=16, 44,4\%$) weder zustimmen noch widersprechen. Einige Teilnehmer ($n=11, 30,5\%$) gaben auch an, dass sie gerne spielbasierte Aktivitäten einsetzen würden, dies aber viel Zeit für die Vorbereitung erfordert. Außerdem gaben die Teilnehmer ($n=16, 44,4\%$) an, dass sie an einer beruflichen Weiterbildung interessiert sind, die sie in die Lage versetzt, spielbasiertes Lernen mit ihren Schülern zu nutzen.

6.4.4 Aktuelle spielbezogene Unterrichtspraktiken

Einige Lehrkräfte ($n=6, 16,6\%$) gaben an, dass sie in ihrem Unterricht mit ihren Schülern Spiele verwenden. Die von ihnen genannten Spiele waren Action, Abenteuer, Rollenspiele, Simulationen, Trivia und Serious Games/Impact Games. Auf die Frage, wie sie die Leistungen der SchülerInnen mit digitalen Spielen bewerten, gaben alle sechs ($n=6, 16,6\%$) an, dass sie dies durch Diskussionen in der Klasse tun, während einige der LehrerInnen ($n=2, 5,5\%$) dies nur durch Spielvorstellungen, durch Lernanalysen ($n=3, 8,3\%$) oder durch eigene Quizfragen ($n=4, 1,1\%$) tun.

6.4.5 Bedürfnisse und Empfehlungen in Bezug auf immersive Technologien

Die Lehrkräfte gaben auch die Herausforderungen an, die sie beim Einsatz immersiver Technologien im Unterricht derzeit erleben oder zu erwarten haben. Etwa ($n=13, 36,1\%$) gaben an, dass ihr begrenztes Wissen eine wichtige Herausforderung sei, während ($n=14, 38,8\%$) der Meinung waren, dass dies eine relativ wichtige Herausforderung sei. In ähnlicher Weise gaben ($n=9, 25\%$) an, dass mangelndes Selbstvertrauen eine wichtige Herausforderung sei, während ($n=14, 38,8\%$) dies für eine relativ wichtige Herausforderung hielten. Mehr als die Hälfte der Ausbilder ($n=19, 52,7\%$) war der Meinung, dass Zeitmangel eine wichtige Herausforderung darstellt, während die technische oder administrative Unterstützung unzureichend ist ($n=12, 33,3\%$). Viele Ausbilder ($n=16, 44,4\%$) gaben an, dass der Mangel an Inhalten in der Landessprache ebenfalls eine große Herausforderung darstellt. Weitere

Herausforderungen, mit denen die Lehrkräfte konfrontiert sind, sind der Widerstand ($n=6$, 16,6 %) ihrer Kollegen bei der Übernahme neuer Methoden, Zeitmangel bei der Koordinierung mit anderen Kollegen, unzureichende Infrastruktur ($n=13$, 36,1 %) und die begrenzte Verfügbarkeit von Ressourcen im Zusammenhang mit immersiven Technologiekonzepten ($n=13$, 36,1 %).

Auf die Frage, was Sie oder Ihre Universität tun, um das Interesse der Studierenden an immersiven Technologien zu wecken und ihre Leistungen zu steigern, wählten die meisten Dozenten die Option "Möglichkeiten für Partnerschaften außerhalb der Universität schaffen" ($n=17$, 47,2%), gefolgt von "Gastredner einladen, die mit den Studierenden über Karrieren im Bereich immersiver Technologien sprechen" ($n=16$, 44,4%), "Abhalten von universitätsweiten Messen, Workshops oder Wettbewerben zu immersiven Technologien" ($n=11$, 30,5%), "Teilnahme an Exkursionen zu immersiven Technologien und/oder Besichtigungen vor Ort" ($n=9$, 25%), "Sponsoring von Aktivitäten zu immersiven Technologien außerhalb des Lehrplans" ($n=6$, 16,6%), während einige Dozenten ($n=12$, 36,1%) "keine der oben genannten Möglichkeiten" wählten.

Dreizehn (13) Teilnehmer nannten auch die größten Hindernisse, die ihrer Meinung nach für Studenten bestehen, wenn es um Studien und Karrieren im Bereich der immersiven Technologien geht. Zu ihren Antworten gehörten "Zeit und Geld", "Wahrnehmung und fehlende Kultur", "Für jüngere Studenten gibt es keine Hindernisse, abgesehen von den fehlenden Kenntnissen bzw. der mangelnden Ausbildung ihrer Lehrer", "Sie sind nicht so computeraffin, wie man meinen könnte", "Es ist etwas, an das sie sich nicht gewöhnt haben", "Mangel an geeigneten Inhalten", "Geschwindigkeit der Hardwarealterung", "Unkenntnis", "Kontakt mit dieser Art von Technologien".

Vierzehn (14) Teilnehmer antworteten auch auf die Frage "Wie sehen Sie die Rolle der immersiven Technologien in der Bildung". Ihre Antworten lauteten: "wichtig", "ziemlich entscheidend und leistungsstark", "zunehmend wichtig", "ein guter Weg in die Zukunft", "keine", "sehr inhaltspezifisch", "kann für einige Themen sehr interessant sein, für andere hingegen nicht so sehr", "sehr hilfreich", "unverzichtbar für das 21. Wenn man den letzten Kommentar zusammen mit "keine" betrachtet, kann man sehen, dass einige Lehrkräfte völlig widersprüchliche Ansichten über immersive Technologien und deren Einsatz im Unterricht haben. Dies könnte frühere Erkenntnisse über das begrenzte Wissen der Lehrkräfte über die Art und den Einsatz immersiver Technologien weiter untermauern.

7 Schlussfolgerungen

Ausgehend von der Literaturrecherche und den Ergebnissen der Umfragen scheint es dringend notwendig zu sein, die junge Generation mit neuen Fähigkeiten auszustatten, um den Anforderungen der modernen Gesellschaft gerecht zu werden, damit sie "die fortschrittlichen Führungskräfte von morgen, produktive Arbeitnehmer und verantwortungsbewusste Bürger" werden. STEAM-Bildungsansätze sind anerkanntermaßen von größter Bedeutung für die Förderung, Entwicklung und Verbesserung solcher Fähigkeiten für das 21st Jahrhundert. Die Forschung hat jedoch gezeigt, dass die Motivation der Schüler für das Lernen und die anschließende Leistung in MINT-Themen, insbesondere durch die Verfolgung von STE(A)M-Studien und -Karrieren, derzeit auf einem Tiefpunkt ist, da die derzeitige MINT-Bildung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene oft nicht das Interesse der Schüler weckt. Dies wird auch durch die Ergebnisse von Umfragen unter Studierenden im Hochschulbereich bestätigt.

Studierende an Hochschulen und Universitäten scheinen nur ein mäßiges Verständnis dafür zu haben, was MINT/STEAM-Kurse sind oder was es bedeutet, eine STE(A)M-bezogene Karriere zu verfolgen. Dies deutet entweder auf eine konzeptionelle Lücke beim Übergang von der Sekundar- zur Hochschulbildung hin oder auf eine zeitliche Lücke, die widerspiegelt, dass STE(A)M-Ansätze erst jetzt allmählich in das Bildungssystem eindringen. So hatten Schüler, die jetzt eine Hochschule besuchen, möglicherweise nie die Gelegenheit, sich mit STE(A)M-bezogenen Aktivitäten zu beschäftigen, als sie vor einigen Jahren die Sekundarstufe besuchten, im Gegensatz zu Schülern, die derzeit die Sekundarstufe besuchen. Aus den nationalen Berichten geht hervor, dass es einen Trend zur Einführung neuer Projekte/Aktivitäten/Initiativen vor allem im Bereich der MINT-Bildung gibt, wobei das Interesse an der STEAM-Bildung zunimmt, und dies erst in jüngster Zeit (in den letzten fünf Jahren) geschehen ist.

Die oben genannten Unterschiede zwischen der Sekundar- und der Hochschulbildung werden durch die Tatsache verstärkt, dass Lehrkräfte in der Sekundarbildung offenbar besser mit STE(A)M vertraut sind und früher an STE(A)M-bezogenen Programmen, Workshops oder beruflichen Weiterbildungsaktivitäten teilgenommen haben, im Gegensatz zu Lehrkräften in der Hochschulbildung, die sich nicht so gut auszukennen scheinen. Dies scheint in der Tat mit den Daten aus den drei teilnehmenden Ländern übereinzustimmen, die von der Existenz mehrerer STE(A)M-Aktivitäten und -Initiativen berichteten. Diese zielen darauf ab, die STE(A)M-Ausbildung durch Schulungen, Workshops, Wettbewerbe (Hackathons) und durch die formelle Aufnahme entsprechender Kurse in die Lehrpläne der Bildungssysteme der Länder zu fördern. Ausgehend von den Umfrageergebnissen kann man sich fragen, ob diese Initiativen hauptsächlich für Lehrkräfte der Primar- und Sekundarstufe konzipiert sind und den wachsenden Bedarf an Unterstützung und beruflicher Entwicklung im Bereich MINT/STEAM auch für Lehrkräfte an Hochschulen außer Acht lassen. Gleichzeitig könnte man die Ansicht vertreten, dass die oben erwähnten Lücken auch auf eine gewisse Abneigung oder einen Widerstand der Hochschullehrer gegen die Teilnahme an solchen Initiativen hinweisen könnten.

In jedem Fall zeigen die Umfrageergebnisse, dass die Mehrheit der Lehrkräfte der Sekundarstufe mit der MINT-Bildung und den in der MINT-Bildung angewandten pädagogischen Methoden besser vertraut ist als die Lehrkräfte der Hochschuleinrichtungen. Infolgedessen sind sie auch sehr zuversichtlich, was ihre Fähigkeit angeht, ihre Schüler für MINT-Fächer zu motivieren. In Anbetracht der Tatsache, dass die (Erwartungen) der Lehrkräfte und die Kultur und Einstellung der Schule (insbesondere in Bezug auf die Leistung) der Schlüssel zur Motivation der Schüler sind, wie sowohl in der Literatur als auch in den nationalen Berichten angegeben, ist es keineswegs überraschend, dass die Schüler der Sekundarstufe offenbar besser als die Hochschulstudenten über die mit einer STEAM-Karriere verbundenen Tätigkeiten, über die Fächer, die sie für eine STEAM-Karriere belegen müssen, sowie über die Quellen für die Beschaffung einschlägiger Informationen informiert sind.

Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse der Erhebungen ein fehlendes Bindeglied im Bildungsumfeld, das die künftige Berufslaufbahn der Schüler potenziell unterstützen könnte, aber derzeit noch problematisch ist. Dies betrifft die Berufsberatung in Schulen. In der Literatur wird darauf hingewiesen, wie wichtig es ist, dass alle Schüler Zugang zu Beratung und geeigneten Unterstützungsdiensten haben, die ihnen helfen, fundierte Entscheidungen über ihre künftige berufliche Laufbahn zu treffen, und dass es derzeit an einer angemessenen Unterstützung dieser Art fehlt. Diese Besorgnis lässt sich auch aus den Umfrageergebnissen der Sekundarschülerhebung ableiten, denn nur einer von vier Schülern sucht Unterstützung bei den Schulberatern. Die meisten Schüler (85,5 %) suchen Rat in der Familie. Wie die Ergebnisse der Befragung von Studierenden im Hochschulbereich zeigen, ist der Einfluss der Familie nach wie vor der wichtigste Faktor für die Berufswahl der Studierenden, auch im späteren Leben.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Motivation der Schüler, sich mit MINT/STEAM-Kursen und -Fächern zu befassen, ist die Unterrichtsmethode. Forscher haben sich für die Einführung aktiverer Lernumgebungen ausgesprochen, die die Lernenden motivieren und sie durch authentische Untersuchungen dazu anregen, die Relevanz und Bedeutung wissenschaftlicher Konzepte zu ermitteln. In jüngerer Zeit hat die Forschung die Modernisierung des MINT-Lehrens und -Lernens durch die angemessene Integration technologischer Hilfsmittel gefordert. Dieser Wandel spiegelt sich in der überarbeiteten Bildungspolitik und den offiziellen Lehrplänen der meisten Länder wider, die derzeit pädagogische Ansätze befürworten, die eine forschungsbasierte, technologiegestützte MINT-Bildung unterstützen. Aus den Berichten der Konsortialpartner geht hervor, dass in allen teilnehmenden Ländern (Griechenland, Zypern, Deutschland) ein wachsendes Interesse an STEAM und spielbasierter Pädagogik sowohl bei Forschern als auch bei Praktikern besteht. Die obigen Ausführungen werden auch von den Umfrageergebnissen gestützt, die zeigen, dass Lehrkräfte auf beiden Bildungsebenen (Sekundarstufe und Hochschule) verschiedene Lehrmethoden anwenden, die einen schülerzentrierten Ansatz, forschendes Lernen, Zusammenarbeit und die Integration von Technologien zur Lösungsfindung für bestehende reale Probleme umfassen.

Aus den nationalen Berichten geht jedoch hervor, dass sich die Einführung von STEAM und spielbasierter Pädagogik in einem embryonalen Stadium befindet. Die Bildungssysteme haben keines von beiden offiziell in ihre nationalen Lehrpläne oder in die tägliche Praxis der Lehrkräfte aufgenommen. Was den spielbasierten Unterricht betrifft, so gaben mehr Lehrkräfte im Sekundarbereich (fast die Hälfte) und

deutlich weniger im Hochschulbereich an, dass sie Spiele in ihren Unterricht integrieren. Interessanterweise haben die Schüler der Sekundarstufe jedoch nicht das Gefühl, dass Spiele in ihrem Unterricht eingesetzt werden, ganz im Gegensatz zu den Überzeugungen der Lehrer (nur etwa 7 % der Schüler gaben an, dass Spiele oft oder immer in ihren Unterricht einbezogen werden). Dies zeigt nicht nur die Unzulänglichkeit der bestehenden spielbasierten Pädagogik, sondern auch eine große Diskrepanz zwischen den Ansichten der SchülerInnen und der Lehrkräfte in Bezug auf die Definition von Spielen. Schülerinnen und Schüler sind oft sehr vertraut mit Spielen, selbst mit komplexen Spielen. Die von den Lehrkräften verwendeten Spiele fallen meist in die Kategorie "Trivia", d. h. einfache, leicht zu handhabende Spiele. Daraus ergeben sich mehrere Fragen zur Definition von Spielen, zu den Arten von Spielen, die für die immer komplexeren Bedürfnisse der Schüler am besten geeignet sind, sowie zu den Möglichkeiten des Einsatzes von Spielen im Unterricht, und zwar sowohl aus Sicht der Schüler als auch aus Sicht der Lehrkräfte.

Im Allgemeinen haben die meisten Lehrkräfte im Hochschulbereich und die Hälfte der Lehrkräfte im Sekundarbereich in den Umfragen angegeben, dass sie solche Technologien nicht in ihrem Unterricht einsetzen, wenn es um spielbezogene Lehrmethoden und immersive Technologien geht. Obwohl die meisten Lehrkräfte in beiden Umfragen ihre Bereitschaft bekundeten, solche Technologien einzuführen und zu nutzen, und anerkannten, dass die SchülerInnen von solchen Anwendungen profitieren können, äußerten sie auch Bedenken in Bezug auf: ihre eigene mangelnde Vertrautheit, fehlende Fähigkeiten, die Annahme, dass die Nutzung solcher Technologien Zeit erfordert, fehlende IT-Infrastruktur und administrative Unterstützung, sogar fehlende Wi-Fi-Verbindungen in ihren Schulen, nicht genug Zeit, um STEAM-bezogene Inhalte zu planen und zu gestalten, Schwierigkeiten, den SchülerInnen beizubringen, wie sie sich an Alternativen zum vorlesungsbasierten Unterricht gewöhnen können, sowie die mangelnde Bereitschaft anderer KollegInnen, bei der Entwicklung eines integrierten Ansatzes in ihren Kursen zusammenzuarbeiten. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit anderen Forschungsarbeiten, die darauf hindeuten, dass viele Lehrkräfte Schwierigkeiten haben, sich mit immersiven Technologien vertraut zu machen, während andere deren Einsatz als Unterrichtsmittel negativ bewerten. Darüber hinaus gibt es trotz der Anerkennung der Notwendigkeit, immersive Aktivitäten zu entwerfen, zu modellieren und zu programmieren, nur wenig Unterstützung bei der Schaffung von gemischt-realistischen Bildungsräumen.

Viele Lehrkräfte äußerten in den Umfragen den Bedarf an systematischeren und gezielteren Weiterbildungsmöglichkeiten zu den oben genannten Themen, was auch die Erkenntnisse aus der Literatur untermauert, die die Bedeutung einer qualitativ hochwertigen beruflichen Weiterbildung für die erfolgreiche Gestaltung und Umsetzung des technologiegestützten STEAM-Ansatzes hervorheben. Dies erfordert eine Umstrukturierung der Lehrpläne und der Lehr-, Lern- und Bewertungsmethoden, um sie besser auf die Möglichkeiten der neuen Technologien, Spiele und immersiven Technologien sowie auf die STEAM-Schlüsselkonzepte Innovation und Kreativität abzustimmen.

Um die Verbreitung neuartiger Technologien im Unterricht und ihre Nutzung auf kreativere Art und Weise, die sich wirklich auf das Lehren und Lernen auswirken kann, zu erleichtern, sollten die Lehrkräfte daher die dringend benötigte Unterstützung erhalten. Im folgenden Abschnitt wurde ein pädagogischer und didaktischer Rahmen entwickelt, der auf der Forschung (Literaturrecherche, nationale Berichte und



Umfragen) basiert, die im Rahmen des Intellectual Output 1 durchgeführt wurde, um spielbasierte, IKT-gestützte STEAM-Bildung zu fördern.

8 Pädagogischer und didaktischer Ansatz von *ImTech4Ed*

Die Ergebnisse der vom ImTech4Ed-Konsortium durchgeführten Sekundär- und Feldforschung, die in diesem Dokument vorgestellt werden, stimmen mit den Ergebnissen früherer Studien überein (z. B. Dahlstrom und Brooks, 2014; Marzilli et al., 2014; Herrero et al., 2015), die darauf hindeuten, dass die Mehrheit der Lehrkräfte der Sekundarstufe und der Hochschullehrer eine positive Einstellung zum pädagogischen Einsatz moderner Technologien hat und Technologie als wertvolles Werkzeug betrachtet, das die Motivation und das Lernen der Schüler erheblich verbessern kann (Meletiou-Mavrotheris et al., 2017). Obwohl die Mehrheit der Pädagogen von einer umfassenden Nutzung von Technologie in ihrem Unterricht berichtet, neigen sie dazu, ihren Einsatz von Technologie hauptsächlich auf Repräsentationstools wie PowerPoint oder einfache Spiele wie "Trivia" zu beschränken und interaktive Technologien (soziale Medien, Simulationen, Spiele, Tools für virtuelle/erweiterte Realität, Software zur Medienmanipulation usw.), die schülerzentrierte, kollaborative und forschungsbasierte STEAM-Lernumgebungen fördern können, nur minimal zu nutzen.

Das Projekt ImTech4Ed basiert auf der Prämisse, dass einer der Hauptgründe für die bisher begrenzte Verbreitung immersiver Technologien im Bildungsbereich die monodisziplinäre Ausbildung in den Bereichen ist, die zusammenarbeiten müssten, um breit einsetzbare immersive Bildungslösungen zu entwickeln: Spieldesign, Informatik, Lehrerausbildung. Derzeit haben diese Bereiche nur wenig Verbindung zueinander. Wirklich nützliche und breit einsetzbare immersive Bildungslösungen können jedoch nur durch die Kombination von pädagogischen, technologischen und designorientierten Perspektiven geschaffen werden.

Immersive Bildung geht über die Nutzung virtueller Welten hinaus und wird stärker in die physische Welt um uns herum eingebettet. Es gibt nur wenig Literatur über die Konvergenz der technischen, pädagogischen und kognitiven Komponenten und Interaktionen in immersiven Umgebungen, und die bisherigen Versuche reichen nicht aus, um die Möglichkeiten von Augmented und Mixed Reality voll auszuschöpfen.

In Anerkennung der Tatsache, dass die zunehmende Komplexität von Konzepten wie Augmented-Reality-Spielen für Bildungszwecke ein interdisziplinäres Verständnis und eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordert, wurde *ImTech4Ed* vorgeschlagen, um den monodisziplinären Ansatz in Bereichen zu überwinden, die zusammenarbeiten müssen, um weithin nutzbare spielbasierte Bildungslösungen zu entwickeln und bereitzustellen. Das Projekt baut auf aktuellen Ansätzen in relativ neuen interdisziplinären Game-Design-Ausbildungsprogrammen für Bachelor- und Master-Studierende auf, die den Wert von interdisziplinärer Bildung und problembasiertem Lernen (Klemke & Hettlich, 2019) für die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Programmierern, Designern und Künstlern gezeigt haben. Es zielt darauf ab, diesen Ansatz einen Schritt weiter zu führen, indem es eine Verbindung zu den Erziehungswissenschaften und der Informatik herstellt und sich auf einen internationalen und institutionenübergreifenden Bereich ausdehnt. Folglich ist *imTech4Ed* ein Versuch, die Lehrerausbildung, die Spieldesign-Ausbildung und die Informatik-Ausbildung zusammenzubringen, so dass Studierende aus jeder der Disziplinen ihr Verständnis für die verwandten Bereiche erweitern können.

Während der Laufzeit des Projekts werden fünf intellektuelle Leistungen erbracht:

- *ImTech4Ed* Methodische Leitlinien (O1)
- Authorware-Werkzeuge (O2)
- *ImTech4Ed* Universitätsprogramm für Studenten und berufsbegleitende STEAM-Lehrerausbildung (O3)
- *ImTech4Ed* Immersive Spielprototypen (O4)
- *ImTech4Ed* STEAM Bildungsszenarien (O5).

Die intellektuellen Ergebnisse werden durch vier Lern-, Lehr- und Ausbildungsaktivitäten unterstützt, von denen drei zur interdisziplinären Ausbildung von Studenten durch die Organisation von interdisziplinären Hackathons (C1, C2, C4) und eine zur Ausbildung von Lehrern über die Verwendung von Spielen und anderen immersiven Bildungslösungen als Werkzeuge zur Förderung von STEAM-Lehr- und Lernprozessen (C3) beitragen.

Bei dem vorliegenden Dokument handelt es sich um die methodischen Leitlinien von *ImTech4Ed* (O1). Die methodischen Leitlinien wurden in den ersten Monaten des Projekts entwickelt, um die Gestaltung von O2-O5 und die damit verbundenen Projektaktivitäten (C1, C2, C3, C4) zu leiten.

In diesem letzten Teil von O1 geben wir zunächst einen kurzen Überblick über die Ergebnisse und Aktivitäten des ImTEch4Ed-Projekts und skizzieren dann den pädagogischen und didaktischen Ansatz, der diesen Aktivitäten und Ergebnissen zugrunde liegt, um spielbasierte, IKT-gestützte STEAM-Bildung zu fördern.

8.1 Überblick über die Ergebnisse und Aktivitäten von Imtech4ed

Die Hauptzielgruppen des ImTech4Ed-Projekts während seiner Laufzeit sind/werden (a) Universitätsstudenten, die an der Entwicklung von Spielprototypen teilnehmen werden, und (b) Sekundarschullehrer, die diese Prototypen in ihren Klassenräumen erproben werden. Das Projektkonsortium wird ein gemischtes Weiterbildungsprogramm (O3) entwickeln und in einem Pilotversuch testen, das darauf abzielt, das Wissen, die Fähigkeiten und die Bereitschaft zur Anwendung des ImTech4Ed-Methodenansatzes (O1) bei der Entwicklung von STEAM-Spielen und/oder spielgestütztem STEAM-Lehren und -Lernen zu verbessern. Das Programm macht die Teilnehmer mit dem ImTech4Ed-Ansatz vertraut und zeigt, wie er die Motivation und das Lernen von STEAM-Disziplinen bei Schülern der Sekundarstufe fördern und gleichzeitig die Entwicklung einer Reihe anderer Schlüssel- und Querschnittskompetenzen (21st Jahrhundertfähigkeiten) stärken kann. Im Mittelpunkt des Kursdesigns steht die funktionale Integration neuer Technologien mit bestehenden Kernlehrplänen und insbesondere die Integration der Spielprototypen (O4) und der vom Projektkonsortium entwickelten Autorentools und Ressourcen (O3).

Die Schulungen werden durch die kombinierte Nutzung von E-Learning und physischen Treffen angeboten und stehen (i) Universitätsstudenten der Partnerinstitutionen mit den Hauptfächern Spieldesign, Informatik oder Pädagogik und (ii) Sekundarschullehrern für STEAM in den drei Partnerländern (CY, DE, EL) offen. Die teilnehmenden Universitätsstudenten (insgesamt ca. 50) und

Sekundarschullehrer (ca. 5) werden (a) vor Ort in CY, DE, EL, (b) aus der Ferne durch das verfügbare Online-Material und die Online-Community der ImTech4Ed-Studenten und -Lehrer, (c) in beiden Fällen (gemischt) geschult. Es wird eine transnationale Online-Community für den Austausch von Erfahrungen, Ideen und Ressourcen geschaffen.

Nach der Teilnahme am Trainingsprogramm (O3) werden die Universitätsstudenten an interdisziplinären Aktivitäten zur Entwicklung von immersiven Serious Game-Prototypen teilnehmen. Die Teilnahme am Weiterbildungsprogramm (C3) und an den Hackathons (C1, C2, C4) wird vorrangig Studierenden mit Behinderungen, gesundheitlichen Problemen, niedrigem sozioökonomischem Hintergrund oder Wohnsitz in abgelegenen Gebieten ermöglicht, wobei die Geschlechter ausgewogen berücksichtigt werden.

LehrerInnen der Sekundarstufe, die an O3 teilgenommen haben, werden anschließend interdisziplinäre Gruppen bilden, um gemeinsam Bildungsszenarien für den STEAM-Lehrplan zu planen, zu entwerfen und zu entwickeln. Diese Bildungsszenarien werden auf der Grundlage der in O1 dargelegten methodischen Leitlinien entworfen und werden die im Rahmen des ImTech4ed-Projekts (O4) entwickelten Spieleprototypen integrieren. Die teilnehmenden LehrerInnen werden dann die Spielprototypen und die dazugehörigen Lernszenarien in realen Klassenzimmern im Rahmen von Aktionsforschungsverfahren testen. Jede teilnehmende Lehrkraft wird mit mindestens einer Schülergruppe (insgesamt ca. 100 Schüler) arbeiten.

Die Projektergebnisse werden der Öffentlichkeit zugänglich gemacht, so dass sie von interessierten Akteuren unabhängig voneinander als Schulungsressource genutzt werden können: LehrerInnen, die sich mit STEAM beschäftigen, LehrerInnen, UniversitätsstudentInnen und in den Bereichen Informatik und Spieldesign, BildungsforscherInnen, politische EntscheidungsträgerInnen, RegierungsvertreterInnen, WissenschaftskommunikatorInnen, DesignerInnen aus der Spieleindustrie und andere relevante EndnutzerInnen.

8.2 Intech4ed Pädagogisch-Theoretischer Rahmen

In diesem Abschnitt geben wir einen Überblick über den pädagogischen theoretischen Rahmen, der *InTech4Ed* zugrunde liegt. Dieser Rahmen stützt sich auf fünf miteinander verknüpfte Bereiche der Bildungsforschung und ist entsprechend strukturiert, nämlich:

- Transdisziplinäres STEAM-Bildungsmodell
- Spielbasiertes STEAM-Lernen
- Partizipativer Gestaltungsrahmen
- Grundsätze der Erwachsenenbildung
- Konzeptueller Rahmen für technologisches, pädagogisches und inhaltliches Wissen (TPACK).

Jeder dieser Punkte wird im weiteren Verlauf dieses Abschnitts erläutert, um die grundlegenden theoretischen Prämissen sowie ihre spezifischen Anwendungen bei der Gestaltung der Programmausgaben zu skizzieren.

8.2.1 Transdisziplinäres STEAM-Bildungsmodell

Ein besonders innovativer Aspekt, der dem ImTech4Ed-Projekt zugrunde liegt, ist die Übernahme des STEAM-Ansatzes. STEAM-Bildung ist ein integrierter Ansatz für das Lehren und Lernen der verschiedenen Disziplinen, der auf der Grundlage von MINT entwickelt wurde, einem interdisziplinären Ansatz, der die strengen Einzelgrenzen von Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik überwindet, indem er die Wissenschaften als ein einziges Ganzes behandelt.

Die zu Beginn des 21. Jahrhunderts zu beobachtende globale Verlagerung hin zur MINT-Bildung entstand aus der Erkenntnis, dass es notwendig ist, Humanressourcen auszubilden, die mit den Fähigkeiten des kritischen Denkens, der Problemlösung und der Innovation ausgestattet sind, die erforderlich sind, um sich an die Bedürfnisse des sich schnell verändernden und komplexen digitalen Zeitalters anzupassen. In der Erkenntnis, dass die modernen sozioökonomischen Probleme zu komplex und multidimensional sind, um ausschließlich im Lichte einer einzigen Wissenschaft behandelt zu werden, hat die MINT-Bildung ein einheitliches Verständnis der MINT-Komponenten angenommen und sie als ein einziges Ganzes behandelt (Sanders, 2009). Dieser interdisziplinäre Ansatz beseitigte die Barrieren zwischen den Wissenschaften und definierte so die Beziehung zwischen Wissenschaft und Technologie neu und verband sie mit der realen Welt (Sánchez Milara & Cortés, 2019).

STEAM-Bildung ist eine Erweiterung des interdisziplinären MINT-Modells durch die Hinzufügung der Künste (Yakman, 2008), die Folgendes umfassen: (i) darstellende Künste wie Tanz, Theater, Musik, (ii) bildende Künste wie Malerei, Bildhauerei, (iii) Sprachwissenschaften und freie Künste wie Soziologie, Pädagogik, Philosophie. Die Künste wurden dem ursprünglichen MINT-Rahmen hinzugefügt, um das Lernen auf eine stärker vernetzte und ganzheitliche Weise zu fördern (siehe Abbildung 1). Befürworter der STEAM-Bewegung weisen darauf hin, dass ein integrierter MINT- und Kunst-Lehrplan von wesentlicher Bedeutung ist, um echte Kreativität und Innovation zu fördern, indem er es den Schülern ermöglicht, systematische Denkfähigkeiten einzusetzen, die den Verstand eines Wissenschaftlers oder Technologen mit dem eines Künstlers oder Designers verbinden (Bazler und Sickel, 2017; Meletiou-Mavrotheris, 2019).

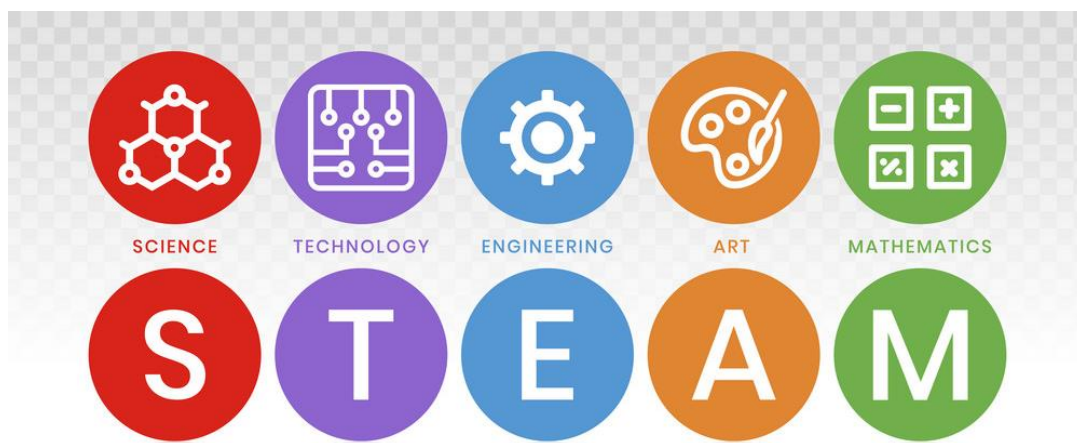


Abbildung 1: Der transdisziplinäre STEAM-Ansatz (Quelle: VectorStock.com/33677144)

Obwohl die Künste mit den MINT-Bereichen unvereinbar zu sein scheinen, da sie in der Regel auf künstlerischer Inspiration beruhen und oft freies, ungehindertes Denken, Vorstellungskraft und Paradoxie nutzen, sind sie in Wirklichkeit eher komplementär als antithetisch, wenn es um die Erzeugung neuer, kreativer Ideen und Denkprozesse geht. Der STEAM-Ansatz erkennt an, dass es genau diese Qualitäten der Künste sind, die eine andere Denkweise einführen, die die künstlerische und wissenschaftliche Gemeinschaft, aber auch die Gesellschaft insgesamt, mit interessanten und innovativen Ideen und Aktionen beflügeln kann (Liao, 2016). Gleichzeitig bietet die Vielfalt der Künste den Studierenden die geeigneten Instrumente, um die menschliche Natur zu erforschen, mit der emotionalen, sozialen und kulturellen Welt um sie herum in Einklang zu kommen und die Fähigkeit zur Empathie zu entwickeln (Catterall, 2017). Auf diese Weise können auch Schüler, die sich nicht zu den MINT-Fächern hingezogen fühlen oder sich dort nicht richtig ausdrücken können, für die Wissenschaft begeistert werden.

Das Hauptmerkmal der STEAM-Methodik ist die Transdisziplinarität, die sich darauf konzentriert, authentische Probleme durch den komplexen Einsatz von Werkzeugen in allen Disziplinen anzugehen (Liao, 2016). Der transdisziplinäre Ansatz von STEAM durchdringt alle kognitiven Bereiche mit dem Ziel, einen Gegenstand so zu untersuchen, wie er wirklich ist, d. h. als mehrdimensionales und komplexes System. STEAM stellt einen ganzheitlichen Lernansatz dar, der sich gleichzeitig über alle technologischen, wissenschaftlichen und kreativen Disziplinen hinweg erstreckt, das Lernen durch Praxis betont und die Komponenten von STEAM mit der realen Welt und dem täglichen Leben der Schülerinnen und Schüler verbindet. Dieser fächerübergreifende Ansatz fördert den Dialog und die Zusammenarbeit sowohl zwischen verschiedenen Fächern als auch zwischen Schülern. Darüber hinaus tragen STEAM-Praktiken dazu bei, die Kreativität, das kritische Denken und den Einfallsreichtum der Schüler zu entwickeln und verschiedene Arten von Intelligenz zu schärfen (Gardners Theorie der multiplen Intelligenz). Dies fördert die kognitive Entwicklung der Schüler in den STEAM-Bereichen sowie die Entwicklung wichtiger Fähigkeiten des 21.st Jahrhunderts, die hauptsächlich in den 4C's zusammengefasst werden: Kommunikation, Zusammenarbeit, kritisches Denken und Kreativität (Partnership for 21st Century, 2009; Nganga, 2019).

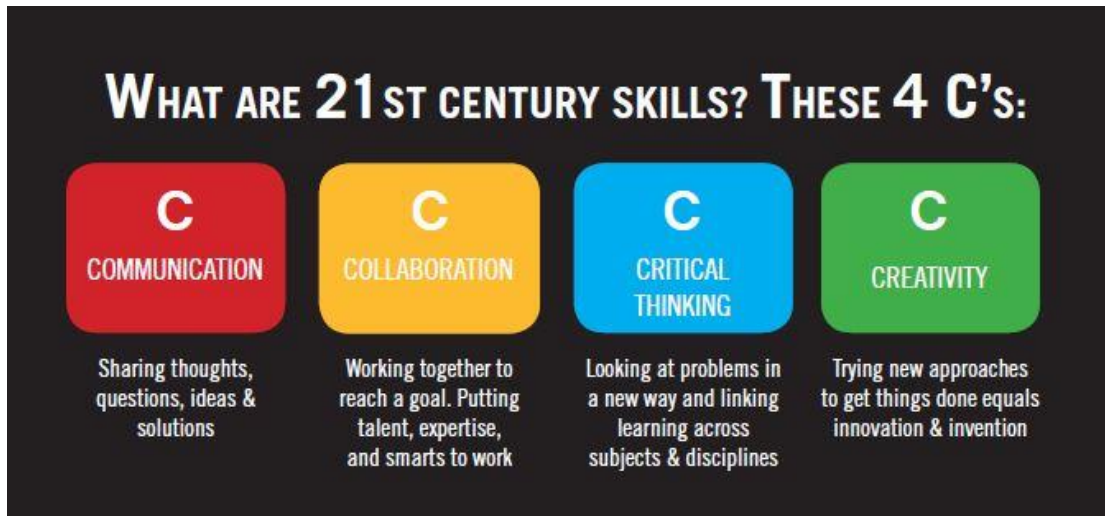


Abbildung 2: Die 4C's 21st Century Skills (Quelle: <https://www.fablabconnect.com/the-4-cs-for-21st-century-skills/>)

Das STEAM-Bildungsmodell basiert auf zeitgenössischen Lerntheorien wie dem sozialen Konstruktivismus, dem Konstruktivismus, dem Konnektivismus und der situierten Kognition. Dieses Modell zielt darauf ab, ein aktives und partizipatives Lernumfeld zu bieten, das in authentischen, transdisziplinären Kontexten stattfindet und sich auf kollaborative Problemlösungen konzentriert. Außerdem ermöglicht es den Schülern, anhand von realen Problemen und Situationen zu interagieren, zu erforschen, zu erfinden und zu entdecken und so die Kreativität, das kritische Denken und den Erfindungsreichtum der Lernenden durch die Kombination verschiedener wissenschaftlicher Bereiche zu fördern.

Der ganzheitliche Ansatz der STEAM-Disziplinen, den *ImTech4Ed* verfolgt, fördert die Relevanz des Lernens und bereitet die Schüler besser auf ihr künftiges komplexes Lebens- und Arbeitsumfeld vor. Der STEAM-Ansatz kann auch dazu beitragen, das "MINT-Pipeline"-Problem umzukehren, d. h. die Tendenz junger Menschen, sich für ein Studium und einen Beruf außerhalb der Natur- und Ingenieurwissenschaften zu entscheiden, indem er die Einstellung und das Interesse unterrepräsentierter Schülergruppen für STEAM-Studiengänge und -Berufe fördert.

Natürlich erkennt das Projekt auch die zahlreichen Herausforderungen an, die sich aus der Transdisziplinarität als Teil der STEAM-Bildung ergeben. Ein potenzielles Problem ist die Herausforderung, verschiedene Fächer in einen einzigen Lehrplan zu integrieren. Für eine erfolgreiche Fächerintegration müssen die Lehrkräfte zusammenarbeiten und vorausplanen. Außerdem kann es schwierig sein, Lehrkräfte zu finden, die Experten in all den verschiedenen Bereichen sind, die für einen fächerübergreifenden Unterricht erforderlich sind. Um die Lehrkräfte mit den erforderlichen Kenntnissen und Fähigkeiten auszustatten, kann es unerlässlich sein, ihnen eine spezielle Ausbildung und Weiterbildungsmöglichkeiten zu bieten. Darüber hinaus kann es schwierig sein, den Erfolg des fächerübergreifenden Unterrichts genau zu messen. Möglicherweise müssen Bewertungsstrategien entwickelt werden, die integriertes Lernen genauer bewerten, wenn herkömmliche Methoden die komplexe Natur transdisziplinärer Kenntnisse und Fähigkeiten erfassen sollen. Diese Herausforderungen

können durch eine effektive Planung, die Unterstützung der Lehrkräfte und gemeinsame Anstrengungen bewältigt werden.

Eine wichtige Voraussetzung für eine weitreichende Übernahme der STEAM-Kultur und -Praktiken ist daher die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften für den STEAM-Ansatz. Das Angebot einer qualitativ hochwertigen beruflichen Fortbildung ist von entscheidender Bedeutung, um die Lehrkräfte mit dem Wissen und den Fähigkeiten auszustatten, die für die Anpassung an die neuen Trends und Bedürfnisse erforderlich sind. Das Weiterbildungsprogramm *ImTech4Ed* wird das Profil des Lehrerberufs in der STEAM-Bildung stärken, indem es sowohl Lehrkräfte in der Aus- als auch in der Weiterbildung in der STEAM-Pädagogik und in der unterrichtlichen Nutzung von Spielen und anderen immersiven digitalen Technologien als Werkzeuge zur Verbesserung des Lernens ihrer Schüler und zum Umgang mit Vielfalt in ihren STEAM-Klassenzimmern schult.

8.2.2 Spielbasiertes STEAM-Lernen

Die digitale Spieleindustrie ist einer der wichtigsten Sektoren des globalen Medien- und Unterhaltungsmarktes und laut Netscribes Gaming Market Research wird erwartet, dass sie mit einer CAGR von 15,7 % expandiert und bis 2023 einen Wert von 264,9 Milliarden Dollar erreicht. Die zunehmende Verbreitung von Smartphones und Tablets, gepaart mit der Verbesserung der Technologie und dem einfachen Zugang zum Internet, gibt dem Spielmarkt weltweit einen erheblichen Schub. Da die internationalen Märkte für digitale Spiele (Videospiele, Konsolenspiele, Handyspiele, Tablet-Spiele usw.) mit den Märkten für Filme und Musik vergleichbar sind, sind Spiele zu einer Mainstream-Aktivität geworden, die in den täglichen Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen eine wichtige Rolle spielt (Prensky, 2006). Darüber hinaus sind Spiele in letzter Zeit auch in traditionell nicht spielende Segmente der Gesellschaft eingedrungen. Insbesondere für ältere Menschen, aber auch für Mädchen und Frauen, ist das Spielen zu einer gängigen Freizeitbeschäftigung geworden. Das Klischee der jungen männlichen Teenager als Gamer trifft nicht mehr zu. Jüngste Statistiken in den USA zeigen, dass fast die Hälfte (47 %) der Gamer weiblich und 30 % älter als 50 Jahre sind. Ähnliche Trends sind in den EU-Ländern zu beobachten (Wendel, 2015).

Diese breite Akzeptanz und Verbreitung digitaler Spiele im täglichen Leben hat zu einem weit verbreiteten Interesse an den potenziellen Anwendungen einer bestimmten Kategorie von Spielen geführt, die als Serious Games bezeichnet werden und die Motivation, das Lernen und die Entwicklung der Spieler fördern. Serious Games sind Anwendungen mit drei Komponenten: Unterhaltung, Erfahrung und Multimedia (Laamarti, Eid, & El Saddik, 2014). Sie werden mit Hilfe von Spieltechnologie und Designprinzipien entwickelt und haben daher das Aussehen und das Gefühl eines digitalen Spiels und eine Unterhaltungsdimension. Sie beschränken sich jedoch nicht auf die Unterhaltung, sondern haben auch das Potenzial, die Erfahrung des Spielers in einem bestimmten Kontext (z. B. Bildung, Ausbildung, Gesundheit, zwischenmenschliche Kommunikation usw.) zu verbessern, indem sie eine Umgebung bieten, die eine Botschaft oder einen Input vermittelt, sei es Wissen, Fähigkeiten oder allgemein einen Inhalt (Laamarti, Eid, & El Saddik, 2014). Diese Umgebung ist durch multimodale Interaktion gekennzeichnet (Arnab, Petridis, Dunwell, & de Freitas, 2011), da ein digitales Serious Game verschiedene Medien enthält, die eine Kombination aus Text, Grafiken, Animationen, Audio, Haptik usw. sein können.

Serious Games sowie andere Kategorien digitaler Spiele haben bei Pädagogen in verschiedenen STEAM-Fächern und -Bereichen viel Aufmerksamkeit erregt, da sie von traditionellen Ansätzen abweichen und

Unterhaltung mit situiertem Lernen verbinden, wodurch der Prozess kreativer und ansprechender und oft auch effektiver wird. Viele Bildungsdesigner sehen in Spielen eine mögliche Lösung für das Problem des Desinteresses der "Net Generation" am traditionellen Unterricht. Mehrere STEAM-Pädagogen haben untersucht, wie diese äußerst beliebte Freizeitbeschäftigung genutzt werden könnte, um das Interesse der Schüler zu wecken und das STEAM-Lernen in formellen oder informellen Bildungsumgebungen zu erleichtern.

In der wissenschaftlichen Gemeinschaft besteht ein breiter Konsens über den potenziellen pädagogischen Nutzen von digitalen Spielen. Mehrere Meta-Analysen weisen auf den Nutzen von spielgestütztem Lernen hin (z. B. Boyle et al., 2016; Zhonggen, 2019). Eine systematische Überprüfung und Meta-Analyse von Clark, Tanner-Smith und Killingsworth (2014) beispielsweise bestätigte die allgemeinen Ergebnisse früherer Meta-Analysen und kam zu dem Schluss, dass Spiele das Lernen im Vergleich zu Nicht-Spielen deutlich verbessern. Die größten Stärken digitaler Spiele als Bildungsmedium liegen laut der Meta-Analyse von Clark et al. (2014) in ihren Möglichkeiten zur Unterstützung kognitiver, intrapersoneller und interpersoneller Lernziele höherer Ordnung. Mithilfe von Spielen können sich die Schüler gemeinsam an authentischen Problemlösungsaktivitäten beteiligen und zu reflektierenden und selbstgesteuerten Lernenden werden (Jackson et al., 2013; Van Eck et al., 2015). Sie können wertvolle Fähigkeiten wie logisches und strategisches Denken, Planung, Multitasking, Selbstbeobachtung, Kommunikation, Verhandlung, Mustererkennung, Genauigkeit, Rechengeschwindigkeit und Datenverarbeitung entwickeln. Gleichzeitig ermöglichen es die Spiele den Lehrern, die Problemlösungsstrategien der Schüler in Aktion zu beobachten und ihre Leistung zu bewerten (Koh et al., 2012). Eine geeignete Auswahl und didaktische Integration digitaler Spiele kann auch dazu beitragen, die Unterschiede in den schulischen Leistungen zu verringern (Cavanagh 2008), da die Literatur darauf hinweist, dass leistungsschwache Schüler am meisten von der pädagogischen Nutzung digitaler Spiele profitieren (Takeuchi & Vaala 2014).

In ähnlicher Weise befasst sich die Forschungsgemeinschaft mit dem Potenzial immersiver Technologien im Bildungsbereich. Diese Technologien bieten den Schülern eindringliche und interaktive Erfahrungen, die über den traditionellen Unterricht hinausgehen. Indem sie die Schüler in virtuelle Umgebungen versetzen oder digitale Informationen mit der realen Welt überlagern, schaffen immersive Technologien eine höchst ansprechende und multisensorische Lernumgebung. Dies gibt den Schülern die Möglichkeit, die Eigenschaften und Beziehungen von Objekten zu erforschen und ein tieferes Verständnis dafür zu entwickeln, die im täglichen Leben nicht zugänglich sind (Walker et al., 2017). Sie bieten den Lernenden die Möglichkeit, Themen auf anschaulichere und konkretere Weise zu erforschen und zu erleben und abstrakte und schwer verständliche Konzepte besser zu verstehen (Özdemir, 2017), was auch zu einer verbesserten Kognition und einem besseren Lernen führen kann (Laine et al. 2016). Immersive Technologien fördern auch das aktive Lernen, da die Schüler zu aktiven Teilnehmern und nicht zu passiven Beobachtern werden (Chiusaroli & Arduini, 2023). So bieten AR beispielsweise ein Mittel zum Lernen nahe an der realen Welt (Cai et al., 2014), und die Schüler können Objekte manipulieren, Experimente durchführen und Probleme auf praktische und erfahrungsorientierte Weise lösen. Diese Technologien erleichtern auch das kollaborative Lernen, da die Schüler in gemeinsamen virtuellen Räumen arbeiten, an Projekten und Lernspielen mitwirken und mit Gleichaltrigen und Lehrern in Echtzeit kommunizieren können.

Daher kann die Konzentration auf spielgestütztes Lernen und immersive Technologien eine wichtige Perspektive für die Verbesserung der STEAM-Pädagogik darstellen. Allerdings gibt es große Unterschiede

bei Inhalt, Umfang, Design und Angemessenheit von digitalen Spielen (Guernsey, Levine, Chiong & Severns, 2012). Vielen der verfügbaren Spiele gelingt es nicht, das richtige Gleichgewicht zwischen dem Spaßfaktor und dem Hauptzweck des Spiels zu finden und die gewünschten Auswirkungen auf die Erfahrung der Spieler zu haben (Hansen, Mavrikis, & Orvieto, 2013; Laamarti et al., 2014). Außerdem neigen digitale Spiele zum Üben und konzentrieren sich auf die Entwicklung von Fähigkeiten und nicht auf das Denken auf hohem Niveau (Chau, 2014). Darüber hinaus könnten einige ihrer Funktionen zu einem aufgabenfremden Verhalten führen (Rowe, McQuiggan, Robison, & Lester, 2009), da ihr Schwerpunkt eher auf Unterhaltung als auf Bildung liegt und/oder sie zu zeitaufwendig und komplex sind, um im Unterricht effektiv eingesetzt zu werden. Auch wenn digitale Spiele genutzt werden können, um soziale Ungerechtigkeiten zu bekämpfen, neigen viele der beliebten Spiele dazu, die vorherrschende Kultur widerzuspiegeln und bestehende Stereotypen aufrechtzuerhalten. Aufgrund der Anonymität, die das Internet bietet, werden Online-Gaming-Communities oft zu einem Zufluchtsort für rassistische, sexistische und homophobe Äußerungen (Crocco, 2011).

Der Erfolg digitaler Spiele als Unterrichtsmittel wird letztlich von den Fähigkeiten der Lehrkräfte abhängen, ihr pädagogisches Potenzial voll auszuschöpfen (Southgate, Budd, & Smith, 2017). Die Literatur zeigt, dass der Mehrheit der Lehrkräfte die Vision und die persönliche Erfahrung fehlt, wie ein spielgestützter Unterricht aussehen könnte, und sie neigen dazu, Spiele als Lehrmittel zu betrachten, die zu Motivationszwecken oder zur Wiederholung bereits erworbener Konzepte eingesetzt werden (Williamson, 2009; Takeuchi & Vaala, 2014).

Das Projekt *ImTech4Ed* erkennt und nutzt die Leistungsfähigkeit digitaler Spiele als Werkzeuge für eine verbesserte STEAM-Pädagogik. Es basiert auf der Theorie des situierten Lernens und des spielbasierten Lernens, um SchülerInnen in authentische STEAM-Lernerfahrungen einzubinden und so die Entwicklung von Soft Skills und STEAM-Kompetenzen durch den Einsatz innovativer digitaler Werkzeuge wie Augmented Reality- und Virtual Reality-Spiele zu fördern. Das Projekt bietet Lehrkräften eine aktive und langfristige partizipative Form der beruflichen Weiterbildung im Bereich der spielgestützten STEAM-Bildung, die Theorie und Praxis durch die gemeinsame Entwicklung, Umsetzung und Bewertung von Spielprototypen verbindet und die Entwicklung von Wissen und Schlüsselkompetenzen der SchülerInnen in den STEAM-Bereichen unterstützt. Durch die berufliche Weiterbildung der Lehrkräfte, die mit der Mitgestaltung der Spiele kombiniert wird, wird das Projekt einen großen Einfluss auf die Entwicklung ihres beruflichen Profils haben. Die Lehrkräfte werden durch die Mitgestaltung und Anwendung moderner und interaktiver digitaler Werkzeuge geschult, um ihre Unterrichtspraxis in der STEAM-Bildung zu verbessern, die selbst ein innovatives Element des nationalen Lehrplans darstellt. Darüber hinaus wird der partizipative Gestaltungsrahmen des Projekts (siehe nächster Abschnitt) zur Entwicklung verbesserter spielbasierter Bildungslösungen führen, die den Bedürfnissen der Endnutzer (Schüler und Lehrer) besser gerecht werden.

8.2.3 Partizipativer Gestaltungsrahmen

Partizipatives Design (PD) ist eine gängige Praxis außerhalb des Bildungsbereichs und zielt darauf ab, die Nutzer eines Produkts in den Designprozess einzubeziehen, um die Nutzbarkeit, Akzeptanz und Effektivität des Endprodukts sicherzustellen (Simonsen & Robertson, 2012). Indem diese Praxis im Bildungsbereich neu kontextualisiert wird, bezieht sich PD auf Initiativen, die Lehrkräfte in Ausbildung und ihre Schüler als aktive Teilnehmer in die Gestaltung einbeziehen, in der Überzeugung, dass dieser Bottom-up-Ansatz zu effektiveren digitalen Anwendungen führen und gleichzeitig einen

unterstützenden Kontext für die berufliche Entwicklung der Lehrkräfte bieten könnte (DiSalvo, Yip, Bonsignore, & DiSalvo, 2017). Die Beteiligung an der Mitgestaltung von Bildungstechnologien ermöglicht es Lehrkräften und ihren Schülerinnen und Schülern, technologiegestützte Lernumgebungen zu schaffen, die ihren Bedürfnissen und Erwartungen entsprechen, und gleichzeitig den Lehrkräften ein flexibles Verständnis für die Beziehung zwischen der Lernpädagogik, den Schüleraktivitäten und den Unterrichtszielen zu vermitteln (Kyza & Nicolaidou, 2017). PD ist in der Interaktionsdesign-Gemeinschaft sehr beliebt geworden, hat aber bisher nur wenig Einfluss auf die Prozesse der Spieleentwicklung (Khaled & Vasalou, 2014).

ImTech4Ed zielt darauf ab, die Haupthindernisse zu beseitigen, die in der Literatur als Hindernisse für die erfolgreiche Einführung digitaler Spiele und anderer immersiver Technologien für STEAM-Lernen genannt werden, indem Lehrerausbildung, Spieldesign-Ausbildung und Informatikausbildung zusammengebracht werden, um sich an der partizipativen Mitgestaltung von Spielen zu beteiligen, um optimale technologische Lösungen zu konzipieren und zu entwickeln. Die Annahme des PD-Rahmens wird das "Out-of-the-Box"-Denken und die Kreativität bei der Entwicklung und dem Einsatz von digitalen Spielen und anderen immersiven Technologien für die STEAM-Bildung fördern.

ImTech4Ed wird derzeit getrennte Studiengänge (Pädagogik, Spieldesign, Informatik) miteinander verbinden und gleichzeitig Lehrkräfte der Sekundarstufe und ihre Schüler in den PD von Spielen und anderen immersiven Technologien einbeziehen. Die Beteiligung an der kollaborativen, projektbasierten Mitgestaltung von Spielen wird den Lehramtsstudenten helfen, modernste Lerntechnologien in ihrer pädagogischen Praxis besser zu verstehen und zu nutzen. Game-Design-Studenten werden ihre Design-Erfahrungen einbringen, aber auch von pädagogischen und technischen Hintergründen lernen, während Informatikstudenten profunde technische Fähigkeiten einbringen und von der interdisziplinären Zusammenarbeit mit ihren design- und pädagogisch orientierten Kollegen profitieren werden. Durch die Einbeziehung von Lehrkräften in der Ausbildung in die Entwicklung von Spielprototypen wird sichergestellt, dass die endgültigen "Produkte" mit dem Lehrplan sowie mit ihren Lehrpraktiken und -bedürfnissen verknüpft werden. Ebenso wird die PD sicherstellen, dass die "Stimmen" der SchülerInnen als EndnutzerInnen bei der Entwicklung von digitalen Spielen und anderen technologischen Werkzeugen, die auf ihre Erwartungen abgestimmt sind, mit einbezogen werden, was zu einer motivierenden und ansprechenden Lernumgebung für SchülerInnen führt.

Durch ihre Beteiligung an dem Projekt werden die Forschungspartner auch ihre Forschungsperspektiven auf die Gestaltung und Anwendung von Serious Games und anderen immersiven Bildungstechnologien erweitern und neue partizipative Methoden der interdisziplinären Zusammenarbeit in der technologieorientierten Forschung und Entwicklung (F&E) erkunden.

8.2.4 Autorentools

Die Rolle von Autorenwerkzeugen in der STE(A)M-Ausbildung und im PD-Rahmen ist sehr wichtig. Diese Werkzeuge ermöglichen es Lehrkräften und Schülern, ihre eigenen immersiven Erfahrungen zu schaffen und Inhalte an spezifische Lernziele anzupassen. Einerseits ermöglichen sie es Lehrkräften, sinnvolle, immersive Erfahrungen für STE(A)M-Bildungsszenarien zu schaffen (z. B. interaktive Simulationen, virtuelle Experimente und 3D-Modelle, die das praktische Lernen erleichtern), andererseits können Schüler (und Lehrer) gemeinsam an der Entwicklung immersiver MINT-Projekte arbeiten. Darüber hinaus können Lehrkräfte und SchülerInnen mit Hilfe von Autorentools Lernspiele entwerfen und entwickeln, die auf Spielen basieren. Dieser Prozess fördert nicht nur die Kreativität und das kritische Denken der

Schülerinnen und Schüler, sondern vermittelt ihnen auch ein Gefühl der Eigenverantwortung und des Handelns in ihrem Lernprozess. Schülerinnen und Schüler können bei der gemeinsamen Gestaltung und Entwicklung von Lernspielen zusammenarbeiten, wodurch Teamarbeit und Problemlösungskompetenz gefördert werden. Daher besteht ein wachsender Bedarf an Tools, die Zusammenarbeit und Mitgestaltung ermöglichen.

Die Forschung hat die Notwendigkeit neuer Methoden und Werkzeuge für die Erstellung interaktiver 3D-Inhalte für immersive Lernumgebungen hervorgehoben (Bacca et al. 2014). In einer Übersicht über spielbasiertes Lernen mit erweiterter Realität betonen Pellas et al. (2019) die Bedeutung von AR-Authoring-Tools, die nur minimale Programmierkenntnisse erfordern und es Lehrkräften mit begrenzten technischen Kenntnissen ermöglichen, Inhalte zu erstellen, die den Lernprozess erleichtern und verbessern. Diese Tools sollten auch die Zusammenarbeit fördern, indem sie eine Plattform für die Ersteller von Inhalten, einschließlich Lehrer und Schüler, bereitstellen, um in problem- und projektbasierten Umgebungen zusammenzuarbeiten. Es wurde jedoch festgestellt, dass von den 51 untersuchten AR-Plattformen nur neun für nicht-technische Benutzer geeignet waren und nur drei als kostenlose und uneingeschränkte Ressourcen angeboten wurden (ARTutor, Metaverse, Vedils). Von diesen drei Tools, die zum Zeitpunkt der Untersuchung zur Verfügung standen, unterstützte keines die Zusammenarbeit. Diese begrenzte Verfügbarkeit von benutzerfreundlichen und frei zugänglichen Tools könnte die Einführung immersiver Technologien in der Bildungsgemeinschaft behindern. Darüber hinaus kann die fehlende Unterstützung von Kollaborationsfunktionen die Effektivität ihrer Anwendung einschränken. Daher ist die Weiterentwicklung von Autorenwerkzeugen mit neuen Funktionsaspekten von entscheidender Bedeutung für die Einführung immersiver Technologien in STE(A)M-Bildungsaktivitäten.

Zusätzlich zu den Herausforderungen, mit denen Lehrkräfte bei der Auswahl eines geeigneten Tools konfrontiert werden, sind oft umfangreiche Recherchen erforderlich, so dass die Bereitstellung einer Anleitung zu den verfügbaren Tools und Plattformen von entscheidender Bedeutung ist. ImTech4Ed hat diesen Bedarf erkannt und versucht, der Bildungsgemeinschaft mit einem Leitfaden für Autorenwerkzeuge umfassende Unterstützung zu bieten. Dieser Leitfaden zielt darauf ab, den Prozess der Auswahl von Autorentools für immersive Technologien zu vereinfachen und Lehrkräfte in die Lage zu versetzen, sinnvollere und wirkungsvollere immersive Aktivitäten für ihre STE(A)M-Projekte zu entwickeln. Durch die Bereitstellung wertvoller Einblicke und Empfehlungen möchte ImTech4Ed die Last der Recherche verringern und Lehrkräfte mit den notwendigen Ressourcen ausstatten, damit sie fundierte Entscheidungen treffen können, die auf ihre spezifischen Bedürfnisse und pädagogischen Ziele abgestimmt sind. Mit dieser Anleitung können Pädagogen immersive Technologien selbstbewusst einsetzen, ihr volles Potenzial ausschöpfen und die Entwicklung wichtiger Fähigkeiten für das 21.

8.2.5 Grundsätze der Erwachsenenbildung

Bei der Gestaltung von Programmen für Studierende und Lehrkräfte in der Ausbildung ist es wichtig, die wichtigsten Grundsätze der Erwachsenenbildung zu berücksichtigen. In den letzten vierzig Jahren wurden mehrere Studien durchgeführt, um die Art und Weise zu untersuchen, wie Erwachsene das erforderliche Wissen und die Fähigkeiten entwickeln, um im Alltag und in Arbeitssituationen effektiv zu funktionieren (z. B. Carraher, Carraher & Schliemann 1985; Lave und Wenger 1991; Saxe 1991; Van der Kamp und Scheeren 1996; Greeno et al., 1999; van Groenestijn, 2007, Young, Rathwell, & Callary, 2020). Die wichtigsten Schlussfolgerungen aus diesen Studien sind die folgenden:

- Erwachsenen steht es frei zu lernen. Es gibt keine Schulpflicht für Erwachsene
- Lernen findet in einer funktionalen Situation statt. Es besteht ein Bedarf an Lernen
- Lernen in der Praxis ist authentisch. Während in der Schule das Lernen oft anhand von Lehrbüchern und mit Hilfe von künstlichem Anschauungsmaterial erfolgt, kann dies in der Praxis in der realen Situation mit authentischem Material geschehen
- In der Praxis erworbenes Wissen ist fast immer funktional und anwendbar. Während man in der Schule oft etwas lernt, weil man es wissen sollte ("Wissen-um-Wissen"), lernt man in der Praxis etwas, weil man es braucht oder wissen will, um seine Arbeit oder andere Dinge zu erledigen ("Wissen-als-Werkzeug")
- Jede Lernsituation ist eine soziokulturell bedingte Situation: Lernen ist ein interaktiver und sozialer Akt, an dem jeder teilnimmt
- Das Lernen in der Praxis konzentriert sich auf die "gemeinsame Erkenntnis" und nicht auf die "individuelle Erkenntnis". In Arbeitsumgebungen ergänzen sich die Mitarbeiter oft gegenseitig. Die Menschen lernen, Fragen zu stellen, die Probleme, auf die sie stoßen, zu diskutieren, gemeinsam nach Lösungen zu suchen und kooperativ zu arbeiten
- Die Art und Weise, wie Lernen in der Praxis stattfindet, ist oft durch Vorzeigen - Nachahmen - Mitmachen und Anwenden: Es besteht keine Notwendigkeit, spezielle Unterrichtssituationen zu schaffen. Menschen arbeiten spontan kooperativ, wenn die Situation dies erfordert
- Für das Lernen in der Praxis konstruieren oder rekonstruieren Menschen ihre eigenen "Faustregeln" und informellen "Regeln und Gesetze" für den Umgang mit Handlungen, Situationen, Materialien und dem Umfeld, in dem sie arbeiten.

Folglich hat sich in der Erwachsenenbildung ein allmählicher Übergang von einer pädagogischen - Erwachsene unterrichtenden - Perspektive zu einer eher andragogischen - Erwachsenen beim Lernen helfen - Perspektive vollzogen, und es wurde allgemein anerkannt, dass (van Groenestijn, 2007):

- Die Erwachsenenbildung sollte jede Abhängigkeit der Erwachsenen von den Lehrern verhindern und die eigenen Kompetenzen und das Potenzial der Erwachsenen für Wachstum und Entwicklung hervorheben
- Erwachsenenbildner sind nur Vermittler des Lernens und sollten Erwachsenen helfen, sich selbst zu unterrichten
- Erwachsene sollten die Verantwortung für ihr eigenes Lernen in Unterrichtssituationen übernehmen, so wie sie es auch in ihrem täglichen Leben tun.
- Die realen Lebenssituationen sind sowohl die Quelle als auch der Schwerpunkt des Lernens in der Erwachsenenbildung
- Das Lernen beginnt in der tatsächlichen Lebenssituation von Erwachsenen - am Arbeitsplatz und/oder in sozialen Gemeinschaften - und zielt darauf ab, Wissen und Fähigkeiten zu entwickeln, die in diesen Situationen nutzbar und anwendbar sind
- Informelles Lernen im Rahmen von Aktivitäten in einem sinnvollen Umfeld ist viel effektiver als das Lernen im traditionellen Klassenzimmer.

Auf der Grundlage der einschlägigen Literatur wird *ImTech4Ed* erwachsenengerechte Strategien anwenden. Anstelle eines Lehrmodells, das Wissen vermittelt, wird das ImTech4Ed-Fortbildungsprogramm forschendes, problemorientiertes Lernen fördern. Die am Programm teilnehmenden Lehrkräfte und Studenten (Pädagogik-, Informatik- und Spieldesign-Studenten) sind für ihr eigenes Lernen verantwortlich, das durch ein Umfeld mit vielen Herausforderungen und

Interaktionen gefördert wird. Besonderer Wert wird darauf gelegt, die Erfahrungen der Teilnehmer am Arbeitsplatz zu nutzen und zu erweitern. Im Anschluss an die Schulung findet ein Unterrichtsexperiment in den Klassenzimmern der am Programm teilnehmenden Lehrkräfte statt. Wir glauben, dass dies dazu beitragen kann, das tatsächliche Potenzial des ImTech4Ed-Modells als Ansatz zur Förderung des STEAM-Lehrens und -Lernens weiter zu ermitteln.

8.2.6 Technologisch-pädagogisches Inhaltswissen (TPACK)

TPACK ist ein leistungsfähiger und einflussreicher konzeptioneller Rahmen, der von Mishra und Koehler (2006) als Reaktion auf das Fehlen einer Theorie für die Integration von Technologie in die Bildung vorgeschlagen wurde. Aufbauend auf Shulmans (1986) Idee des pädagogischen Inhaltswissens betont TPACK die Bedeutung der Entwicklung eines integrierten und interdependenten Verständnisses von drei primären Wissensformen: Technologie, Pädagogik und Inhalt (siehe Abbildung 3). Der Rahmen basiert auf der Prämisse, dass eine effektive Technologieintegration für die Pädagogik rund um ein bestimmtes Thema die Entwicklung eines Verständnisses für die dynamische Beziehung zwischen allen drei Wissenskomponenten erfordert. Daher kann die Ausbildung von Lehrern im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) nicht kontextfrei erfolgen, sondern sollte mit der Betonung darauf einhergehen, wie die Technologie mit der Pädagogik und den Inhalten zusammenhängt. Ziel ist es, die Lehrer über technozentrische Strategien hinauszubringen, die sich auf die Technologie konzentrieren, und ihre kritische Reflexion über den Einsatz von IKT im Unterricht zu fördern.

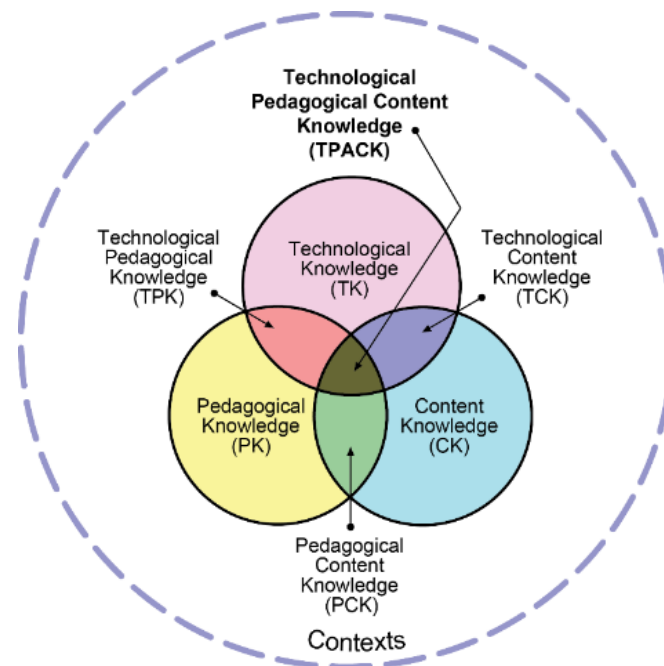


Abbildung 3: TPACK-Rahmen (Quelle des TPACK-Bildes: <http://tpack.org/>)

TPACK ist in den letzten Jahren in vielen verschiedenen Disziplinen zu einem zentralen Thema der Forschung im Bereich der technischen Bildung und der beruflichen Entwicklung von Lehrkräften geworden (z. B. Chai, Koh, & Tsai, 2010; Zhang & Tang, 2021). In den MINT/STEAM-Disziplinen wurden

in den letzten zehn Jahren mehrere Studien durchgeführt, die sich an Lehrkräfte in der Ausbildung und/oder im Beruf richten und auf dem TPACK-Modell basieren (z. B. Hill & Uribe-Florez, 2020; Meletiou-Mavrotheris & Prodromou, 2016). Die durchgeführten Studien veranschaulichen die Nützlichkeit von TPACK als Forschungsrahmen für die Erleichterung und Bewertung des beruflichen Wachstums von MINT/STEAM-Lehrkräften bei der unterrichtlichen Nutzung von IKT für die Entwicklung von Schülern. Wie die Literatur nahelegt, kann ein besseres Verständnis von TPACK bei Lehrkräften in der Aus- und Weiterbildung dazu beitragen, die Integration von Technologie in ihre Unterrichtspraktiken zu verbessern, was wiederum das MINT/STEAM-Lernen fördern kann.

ImTech4Ed legt den Schwerpunkt auf die berufliche Entwicklung von Sekundarschullehrern. Das Projekt erkennt die Notwendigkeit an, LehrerInnen in Bezug auf ihre IKT-Fähigkeiten und ihr Selbstvertrauen für die Integration von Spitzentechnologien wie digitalen Serious Games und erweiterter und virtueller Realität in ihren Klassenräumen zu stärken. Eines der Hauptziele des ImTech4Ed-Projekts ist die Entwicklung des technologisch-pädagogischen Inhaltswissens (TPACK) der Lehrkräfte in Bezug auf eine spielgestützte STEAM-Pädagogik. Das Projekt zielt auf die Entwicklung und Bereitstellung eines qualitativ hochwertigen Fortbildungsprogramms ab, das von einem interdisziplinären Team von Forschern und Pädagogen aus den Bereichen STEAM-Bildung, Spieldesign, Informatik, Ingenieurwesen und E-Learning gemeinsam verfasst wird. Im Rahmen der Fortbildung werden sich die teilnehmenden Lehrkräfte mit bestehenden Serious Games und anderen immersiven Technologien vertraut machen, während sie gleichzeitig die Möglichkeit haben, ihre derzeitigen Unterrichtspraktiken zu reflektieren und zu reformieren, indem sie digitale Spielprototypen mitgestalten und in ihre Klassenzimmer integrieren.

In Übereinstimmung mit Phillips (2013) betrachtet das ImTech4Ed-Projekt TPACK nicht als eine individuell erworbene Eigenschaft, sondern als ein verankertes Phänomen, das von sozialen, organisatorischen und kulturellen Faktoren geprägt ist, die über den Einzelnen hinausgehen. Das Projekt erkennt an, dass es trotz der Nützlichkeit des ursprünglichen TPACK-Modells einige Einschränkungen und Herausforderungen gibt. Insbesondere ist der individuell orientierte Fokus des grundlegenden TPACK-Modells ein Nachteil des Rahmens, da er die sozial vermittelten Kontexte, in denen Lehrkräfte ihr TPACK entwickeln, nicht berücksichtigt (Meletiou-Mavrotheris, Papanistodemou & Christou, 2019).

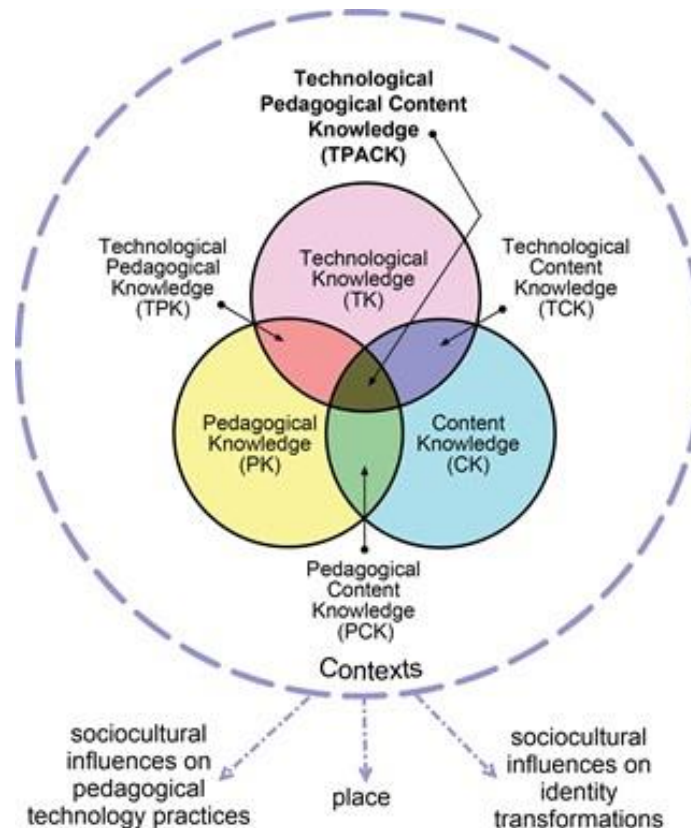


Abbildung 4: Phillips' rekontextualisierter TPACK-Rahmen (Quelle des ursprünglichen TPACK-Bildes: <http://tpack.org/>)

Das Projekt hat Phillips' rekontextualisierten TPACK-Rahmen übernommen. Wie in Abbildung 4 dargestellt, berücksichtigt das rekontextualisierte TPACK-Modell die soziokulturellen Einflüsse auf (a) pädagogische Technologiepraktiken und (b) Identitätsveränderungen und fügt die Schlüsselrolle des Ortes (Schule, Bildungseinrichtung usw.) hinzu, an dem der TPACK-Rahmen umgesetzt wird. In Übereinstimmung mit Phillips' Modell wird *ImTech4Ed* einen systematischen Ansatz zur Untersuchung und Erweiterung des TPACK von Lehrern verfolgen, indem der Schwerpunkt auf die sozial vermittelten Kontexte gelegt wird, in denen Lehrer in der Aus- oder Weiterbildung ihr TPACK entwickeln.

Während die derzeitige Forschung zur Anwendung digitaler ernsthafter und anderer immersiver Technologien in der Sekundarstufe bruchstückhaft und begrenzt ist und oft im Rahmen von außerschulischen Aktivitäten mit kleinen Schülerstichproben stattfindet, fördert *ImTech4Ed* eine skalierte Umsetzung neuer Technologien in authentischen Bildungskontexten. Die in den Partnerschulen durchzuführenden Lehr- und Forschungsversuche werden dazu beitragen, eine von Beavis et al. (2015) aufgezeigte gravierende Lücke in der Forschung zum technologiegestützten Lernen zu schließen - das Fehlen von Forschungsarbeiten, die der Schulrealität Rechnung tragen. Es wird systematische Bemühungen um die Integration neuer Technologien in reale Unterrichtssituationen fördern. Lehrkräfte in der Ausbildung werden die Möglichkeit haben, Unterrichtspläne oder Bildungsszenarien zu entwerfen, die auf den theoretischen und methodischen Leitlinien des Projekts basieren und die Prototyp-Spiele integrieren, die im Rahmen des Co-Design-Prozesses in interdisziplinären Teams entwickelt wurden. Die Bildungsszenarien werden einen interdisziplinären STEAM-Ansatz verfolgen, der ein ganzheitliches



Studium von Themen und Konzepten unterstützt und in realistisch-authentische Kontexte integriert wird, um die gelernten Konzepte mit dem täglichen Leben der Schüler zu verbinden. Die Piloterprobung der Prototypen in einer realen Schulumgebung wird die Bewertung ihrer Nutzbarkeit, Nützlichkeit, Anwendbarkeit und Eignung für den gewünschten Zweck ermöglichen, was zur Bereitstellung von Prototypen führt, die in der Bildungspraxis erforscht werden können.

9 Referenzen

- Ajit, G. (2021). A systematic review of augmented reality in STEM education. *Studies of Applied Economics*, 39(1). *mmunications*, 10(1), 1-10.
- Ali, M. (2021). State of STEM Education in Hong Kong: A Policy Review. *Academia Letters*, Article3680. <https://doi.org/10.20935/AL3680>
- Alkhabra, Y. A., Ibrahim, U. M., & Alkhabra, S. A. (2023). Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program. *Humanities and Social Sciences Co*
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. NY: Oxford University Press.
- Arnab, S., Petridis, P., Dunwell, I., & de Freitas, S. (2011). Enhancing learning in distributed virtual worlds through touch: a browserbased architecture for haptic interaction, In M. Ma, A. Oikonomou, and L. C. Jain (Eds), *Serious Games and Edutainment Applications* (pp. 149–167), Springer.
- Asbari, M., Purwanto, A., Fayzhall, M., Winanti, Purnamasari, D., & Firdaus, R. A. (2020). Hard skills or soft skills: Which are more important for Indonesian teachers' innovation. *Test Engineering and Management*, 83(2836), 2836–2854.
- Attard, C. (2015). Introducing iPads into Primary Mathematics Classrooms: Teachers' Experiences and Pedagogies. In M. Meletiou-Mavrotheris, K. Mavrou, & E. Papparistodemou (Eds.), *Integrating Touch Enabled and Mobile Devices into Contemporary Mathematics Education* (pp. 193–213). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-4666-8714-1.ch009
- Aziz, N. A. E. (2015). Egyptian STEAM international partnerships for sustainable development. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, 5(4), 2656–2660. Available from: <https://doi.org/10.20533/ijcdse.2042.6364.2015.0361> <https://infonomics-society.org/wp-content/uploads/ijcdse/published-papers/special-issue-volume-5-2015/Egyptian-STEAM-International-Partnerships-for-Sustainable-Development.pdf>
- Bacca J, Baldiris S, Fabregat R, Graf S, Kinshuk V (2014) Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Educ Technol Soc* 17(4):133–149
- Bazler, J., & Van Sickle, M. L. (2017). *Cases on STEAM Education in Practice*. Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-2334-5.

- Beavis, C., Muspratt, S., & Thompson, R. (2015). Computer games can get your brain working': student experience and perceptions of digital games in the classroom. *Learning, Media and Technology*, 40(1), 21-42.
- Blackwell, C. (2014). Teacher practices with mobile technology: Integrating tablet computers into the early childhood classroom. *Journal of Education Research*, 7, 1-25.
- Blankenship, R., & Kim, D. (2012). Revealing authentic teacher professional development using situated learning in virtual environments as a teaching tool. *Int'l Forum of Teaching Studies*, 8(1), 36-53.
- Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., ... & Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, 94, 178-192.
- Cai S., Wang, X., & Chiang, F.K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31–40
- Carraher, D., Carraher, N. and Schliemann, A.D. (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology*, 3, 21-29.
- Catterall, L. (2017). A Brief History of STEM and STEAM from an Inadvertent Insider. *The STEAM Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.5642/steam.20170301.05>
- Cavanagh, S. (2008). Playing games in class helps students grasp math. *Education Week*, 74(3), 43–46.
- Cedefop (2012) *Future Skills Supply and Demand in Europe: Forecast 2012*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available at: http://www.cedefop.europa.eu/EN/Files/5526_en.pdf (Accessed Jan 2022).
- Chai, C. S. (2018). Teacher professional development for science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A review from the perspectives of technological pedagogical content (TPACK). *The Asia-Pacific Education Researcher*. <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0400-7>.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.C. (2010). Facilitating Preservice Teachers' Development of Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK). *Educational Technology & Society*, 13(4), 63–73.
- Chang, C. Y., & Hwang, G. J. (2019). Trends in digital game-based learning in the mobile era: a systematic review of journal publications from 2007 to 2016. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 13(1), 68-90.
- Chau, C. L. (2014). *Positive technological development for young children in the context of children's mobile apps*. PhD dissertation. Tufts University.

Cheung, A., & Slavin, R. E. (2011). *The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University, Center for Research and Reform in Education.

Chiusaroli, D., & Arduini, G. (2023). The potential of augmented reality in the educational and inclusive dimension. In UBIQ, 2022-Metawelt: Corpi, Interazioni, Educazioni.. EUR Edizioni Universitarie Romane.

Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., & Killingsworth, S. (2014). *Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis*. Menlo Park, CA: SRI International.

Clark-Wilson, A., Oldknow, A., & Sutherland, R. (2011). *Digital technologies and mathematics education 11-19*: Joint Mathematical Council/Royal Society. doi: citeulike-article-id:12462665

Common Core State Standards Initiative. (2010). *Mathematics*. Washington, DC: Council of Chief State School Officers & National Governors Association Center for Best Practices.

Cooper, G., H. Park, H., Nasr, Z., Thong, L. P. & Johnson, R. (2019) Using virtual reality in the classroom: preservice teachers' perceptions of its use as a teaching and learning tool, *Educational Media Int'l*, 56(1), 1-13, DOI: 10.1080/09523987.2019.1583461

Crocco, M. S. (2001). The missing discourse about gender and sexuality in the social studies. *Theory into Practice*, 40, 65–71. doi:10.1207/s15430421tip4001_10

Dahlstrom, E., and Brooks, D.C. (2014). *ECAR Study of Faculty and Information Technology, 2014*. Louisville, CO: ECAR.

Davis, N. (2016). *What Is the Fourth Industrial Revolution?* World Economic Forum: Geneva, Switzerland, 2016. Retrieved from: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/>

Delello, J.A. (2014). Insights from pre-service teachers using science-based augmented reality. *J. Comput. Educ.*, 1, 295–311. <https://doi.org/10.1007/s40692-014-0021-y>

DiSalvo, B., Yip, J., Bonsignore, E., & DiSalvo, C. (Eds.). (2017). *Participatory Design for Learning: Perspectives from Practice and Research*. Taylor & Francis.

EIGE (2018). Study and work in the EU: set apart by gender Review of the implementation of the Beijing Platform for Action in the EU Member States. European Institute for Gender Equality (EIGE). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. doi:10.2839/595585

Elliott, J. B., Gardner, M., & Alrashidi, M. (2012). Towards a framework for the design of mixed reality immersive education spaces. *Proceedings of the 2nd Eur. immersive initiative summit* (pp. 63-76), Paris, France.

Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423-435.

Euler (2011). *The PRIMAS project: Promoting inquiry-based learning (IBL) in mathematics and science education across Europe*. Retrieved from: https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/10/PRIMAS_Guide-for-Professional-Development-Providers-IBL_110510.pdf

European Commission (2018). *The European Higher Education Area in 2018: Bologna Process Implementation Report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Commission (2019a), She figures 2018, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019, Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9540ffa1-4478-11e9-a8ed-01aa75ed71a1>

European Commission (2019b). European Research Area, Progress Report 2018, Country profile: Greece., Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019, Available from: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/era/era_2018_country_profile_el.pdf

European Commission (2020). *The European Higher Education Area in 2018: Bologna Process Implementation Report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Available from: https://eacea.ec.europa.eu/national_policies/eurydice/sites/default/files/ehea_bologna_2020_chapter01.pdf

European Commission. (2019c). Recommendation for a COUNCIL RECOMMENDATION on the 2019 National Reform Programme of Greece and delivering a Council opinion on the 2019 Stability Programme of Greece. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0508>

European Committee of the Regions. (2019). *Strengthening STE(A)M education in the EU. Opinion Factsheet*, Opinion Number: CDR 6435/2018. Available from: https://cor.europa.eu/en/our_work/Pages/OpinionTimeline.aspx?opId=CDR-6435-2018

European Educational Area (2021). Digital Education Action Plan (2021-2027) <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan>

Eurostat (2018). *Human resources in science and technology*. Retrieved from: <https://rio.irc.ec.europa.eu/stats/human-resources-science-and-technology-hrst-sub-groups>

Fomunyan, K. G. (2019). Education and the Fourth Industrial Revolution : Challenges and Possibilities for Engineering. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 10(8), 271– 284.

- Ge X., Ifenthaler D., Spector J. (2015) Moving Forward with STEAM Education Research. In: Ge X., Ifenthaler D., Spector J. (eds) *Emerging Technologies for STEAM Education. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations* (pp. 383-396). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5_20
- Geng, J., Jong, M. S. Y., & Chai, C. S. (2019). Hong Kong teachers' self-efficacy and concerns about STEM education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28, 35-45.
- Gershon, W. S., & Ben-Horin, O. (2014). Deepening inquiry: What processes of making music can teach us about creativity and ontology for inquiry-based science education. *International Journal of Education & the Arts*, 15(19), Retrieved from <http://www.ijea.org/v15n19/>.
- Giannakas, F., Kambourakis, G., Papasalouros, A., & Gritzalis, S. (2018). A critical review of 13 years of mobile game-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 66(2), 341-384.
- Gillmann, B. (2018). The STEM shortage: German women losing interest in STEM jobs. <https://www.handelsblatt.com/english/politics/the-stem-shortage-german-women-losing-interest-in-stem-jobs/23696012.html?ticket=ST-7599774-GqIXousdeQu45GQWetlh-ap6>
- Glass, D., & Wilson, C. (2016). The art and science of looking: Collaboratively learning our way to improved STEAM integration. *Art Education*, 69(6), 8–14.
- Gore, J., Holmes, K., Smith, M., Southgate, E. & J. Albright (2015). Socioeconomic status and the career aspirations of Australian school students: Testing enduring assumptions. *Education and Employers: Working together for young people*. Available from <https://www.educationandemployers.org/research/17699-2/>
- Greeno, J.G., Eckert, P., Stucky, S.U., Sachs, P., and Wenger, E. (1999). Learning in and for participation in work and society. *Proceedings of International conference on 'How adults learn'*. Washington DC: US Dept of Education and OECD.
- Guernsey, L., Levine, M., Chiong, C., & Severns, M. (2012). *Pioneering Literacy in the Digital WildWest: Empowering Parents and Educators*. Washington DC: The Campaign for Grade-Level Reading.
- Guy, R., & Marquis, G. (2016). The flipped classroom: A comparison of student performance using instructional videos and podcasts versus the lecture-based model of instruction. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 13, 1-13. Retrieved from <http://www.informingscience.org/Publications/3461>
- Haesen, S., & Van de Put, E. (2018). *STEAM education in Europe: A comparative analysis report*. EuroSTEAM. Available from:

https://www.eurosteamproject.eu/res/Comparative_analysis_report_vlatest.pdf

Hansen, A., Mavrikis, M., & Orvieto, I. (2013). *Requirements and technical state-of-the-art on intuitive interaction interfaces for robust learning. Talk, tutor, explore, learn: Intelligent tutoring and exploration for robust learning*. Available at: <http://www.italk2learn.eu/wp-content/uploads/2014/09/D3.2.pdf>.

Herrero, R., Bretón-López, J., Farfallini, L., Quero, S., Miralles, I., Baños, R., and Botella, C. (2015). Acceptability and Satisfaction of an ICT-based Training for University Teachers. *Educational Technology & Society*, 18(4), 498–510.

Higgins K, Huscroft-D'Angelo J, & Crawford L. (2019). Effects of Technology in Mathematics on Achievement, Motivation, and Attitude: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 57(2), 283-319. doi:[10.1177/0735633117748416](https://doi.org/10.1177/0735633117748416)

Hill, J.E. & Uribe-Florez, L. (2020). Understanding secondary school teachers' TPACK and technology implementation in mathematics classrooms. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 3(1), 1-13. <https://doi.org/10.46328/ijte.v3i1.8>

Ibrahim, M., & Seker, H. (2022). Examination of the Attitudes of Grade 7 and 8 Students towards STEM Education in Turkey and Ghana. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(1), 107-126.

ISCED (1997). International Classification of Education fields of education and training. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_Standard_Classification_of_Education_\(ISCED\)#ISCED_1997_.28fields.29_and_ISCED-F_2013](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_Standard_Classification_of_Education_(ISCED)#ISCED_1997_.28fields.29_and_ISCED-F_2013)

Jackson, C., Taylor, C., & Buchheister, K. (2013). Bingo! Select games for mathematical thinking. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(7), 424–429.

Kalemkuş J, Kalemkuş F (2022) Effect of the use of augmented reality applications on academic achievement of students in science education: meta analysis review. *Interact Learn Environ* 1–18

Kang, N.-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM education in South Korea. *Asia Pacific Science Education*, 5 (6). <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>

Kant, J. M., Burckhard, S. R., & Meyers, R. T. (2018). Engaging high school girls in Native American culturally responsive STEAM enrichment activities. *Journal of STEM Education*, 18(5), 15–25. Available from: <https://jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/2210/1912>

Kelle, S., Klemke, R., Gruber, M., & Specht, M. (2011). Standardization of game-based learning design. *Proceedings of the International conference on computational science and its applications* (pp. 518- 532). Springer, Berlin, Heidelberg.

Keller, C. (2001). Effect of teachers' stereotyping on students' stereotyping of mathematics as a male domain. *The Journal of social psychology, 141*(2), 165-173. DOI: 10.1080/00224540109600544

Khaled, R., & Vasalou, A. (2014). Bridging serious games and participatory design. *International Journal of Child-Computer Interaction, 2*(2), 93-100.

Kim, D., & Bolger, M. (2016). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(4), 587–605. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10763-015- 9709-3>

Klemke, R. & Hettlich, M. (4 Mar 2019). Programmieren, was andere spielen sollen: Game Informatics in Forschung, Theorie und Praxis (Translated title of the contribution: Programming, what others play: Game Informatics in Research, Theory and Application) In Bartholdy, B., Breitlauch, L., Czauderna, A. & Freyermuth, G. S. (eds.), *Games studieren – was, wie, wo?: Staatliche Studienangebote im Bereich digitaler* (pp. 319-324). Spiele. Bielefeld: Transcript Verlag.

Klette, K. (2009). Challenges in strategies for complexity reduction in video studies. Experiences from the PISA+ study: A video study of teaching and learning in Norway. In Janik, T., & Seidel, T. (Eds.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (pp. 61–82). New York: Waxmann Publishing.

Koh, E., Kin, Y. G., Wadhwa, B., & Lim, J. (2012). Teacher perceptions of games in Singapore schools. *Simulation Gaming February, 43*(1), 51–66.

Kruger, D. (2019, February 20). Inspire Africa launches innovative STEAM program for SA schools. *IT News Africa: Africa's Technology News Leader*. Available from: <https://www.itnewsafrika.com/2019/02/inspire-africa-launches-innovative-steam-program-for-sa-schools/>

Kudenko, I., & Gras-Velázquez, À. (2016). The future of European STEM workforce: What secondary school pupils of Europe think about STEM industry and careers. In *Insights from Research in Science Teaching and Learning* (pp. 223-236). Springer, Cham.

Kyza, E. A., & Nicolaidou, I. (2017). Co-designing reform-based online inquiry learning environments as a situated approach to teachers' professional development. *CoDesign, 13*(4), 261-286.

Laamarti, F., Eid, M., & El Saddik, A. (2014). An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 11. Hindawi Publishing Corporation.

Laine T, Nygren E, Dirin A, Suk H (2016) Science Spots AR: a platform for science learning games with augmented reality. *Educ*

Lave, J. and Wenger, E. (1991). *Situated learning, Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215–243.
doi:10.1007/s10648-010-9125- 8.

Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49.

Liao, C. (2016). From interdisciplinary to transdisciplinary: An arts-integrated approach to STEAM education. *Art Education*, 69(6), 44–49.

MacDonald A., Wise K., Riggall J., Brown N. (2019). Converging discipline perspectives to inform the design and delivery of STEAM teacher professional learning. *Australian Art Education*, 40(1), 67–88.

Marzilli, C., Delello, J., Marmion, S., McWhorter, R., Roberts, P., and Marzilli, T. S. (2014). *Faculty attitudes towards integrating technology and innovation*, 3(1), 1–20.
doi:10.5121/ijite.2014.3101

Masters, C. (2022). The Role of STEM in the new Australian curriculum STEM Education Conference, Sydney.

Mazana, M.Y., Montero, C.S. & R.O. Casmir (2019). Investigating Students' Attitude towards Learning Mathematics, *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(1), 207-23.

McNair, C. L., & Green, M. (2016). Preservice teachers' perceptions of augmented reality. In *Literacy Summit Yearbook* (pp. 74-81). Texas Association for Literacy Education: San Antonio, TX.

Meletiou-Mavrotheris, M. (2019). Augmented Reality in STEAM Education. In M. A. Peters, R. Heraud (eds.), *Encyclopedia of Educational Innovation*, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2262-4_128-1

Meletiou-Mavrotheris, M., (2013). Integrating Game-Enhanced Mathematics Learning into the Pre Service Training of Teachers. In S. de Freitas, M. Ott, M. Popescu, and I. Stanescu (Eds),

New Pedagogical Approaches in Game Enhanced Learning: Curriculum Integration (pp. 142-166). Hershey, PA: IGI Global.

Meletiou-Mavrotheris, M., and Prodromou, T. (2016). Pre-Service Teacher Training on Game-Enhanced Mathematics Teaching and Learning. *Technology, Knowledge and Learning (TKNL)*, 21(3), 379-399.

Meletiou-Mavrotheris, M., Mavrou, K., Vaz-Rebelo, P., Santos, S., Tenhonen, P., Riska, M., Sundstrom, M. & Pilt, L. (2017) Technology Adoption in Higher Education: A Cross-National Study of University Faculty Perceptions, Attitudes, and Practices. In P. Tripathi, & S. Mukerji (Eds), *Technology-Centric Strategies for Higher Education Administration* (pp. 295-317), Hershey, PA: IGI Global.

Meletiou-Mavrotheris, M., Papparistodemou, E., & Christou, C.M. (2019). Integrating Mobile Devices in the Mathematics Curriculum: A Case Study of a Primary School in Cyprus. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 11(3), 19-37.

Miller, C. L., Manderfeld, M., & Harsma, E. A. (2020). Learning Theories: Socio-Constructivism. Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017.

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>

Mystakidis, S., Christopoulos, A., & Pellas, N. (2022). A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Education and Information Technologies*, 27(2), 1883-1927.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.

Nganga, L. (2019). Preservice teachers' perceptions and preparedness to teach for global mindedness and social justice using collaboration, critical thinking, creativity and communication (4cs), *Journal of Social Studies Education Research*, 10(4), 26-57.

OECD (2014) What are tertiary students choosing to study?. OECD: Paris. Retrieved from: <http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/EDIF%202014--No19.pdf>

OECD (2015b). Investing in knowledge, talent and skills. https://www.oecd.org/docserver/sti_scoreboard-2015-9-en.pdf?expires=1625472047&id=id&accname=guest&checksum=AA3F753D249D66828F760396251B4756

OECD (2017a). Distribution of graduates and entrants by Field for 2017.
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EAG_GRAD_ENTR_FIELD

OECD (2017b), Education at a Glance 2017: OECD Indicators, OECD Publishing,
Paris. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/eag-2017-en.pdf>

OECD (2019a). Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA
2018. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_GRC.pdf

OECD (2019b). PISA 2018 Results - Combined executive summaries. Volume I, II &
III. https://www.oecd.org/pisa/Combined_Executive_Summaries_PISA_2018.pdf

OECD (2019c), Education at a Glance 2019: OECD indicators: Greece, OECD Publishing,
Paris, https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/EAG2019_CN_GRC.pdf

OECD. (2015a). *EU Skills Panorama 2014 - STEM skills Analytical Highlight*. Organisation for
Economic Co-Operation and Development Publications. Available at:
http://skillspanorama.cedefop.europa.eu/sites/default/files/EUSP_AH_STEM_0.pdf.

Ozdemir M. (2017). Experimental studies on learning with augmented reality technology: A
systematic review, in Mersin University Journal of the Faculty of Education, 13(2), pp. 609–632.

Partnership for 21st Century Skills (2009). *21st century student outcomes*. Retrieved
from http://www.p21.org/storage/documents/P21_Framework_Definitions.pdf

Payton, F. C., White, A., & Mullins, T. (2017). STEM majors, art thinkers—issues of duality, rigor
and inclusion. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(3), 39–47.

Pellas, N., Fotaris, P., Kazanidis, I., & Wells, D. (2019). Augmenting the learning experience in
primary and secondary school education: A systematic review of recent trends in augmented reality
game-based learning. *Virtual Reality*, 23(4), 329-346.

Pellas, N., Kazanidis, I., Konstantinou, N., & Georgiou, G. (2017). Exploring the educational potential
of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education: A mixed-method systematic
literature review. *Education and Information Technologies*, 22, 2235-2279.

Peppler, K., & Wohlwend, K. (2018). Theorizing the nexus of STEAM practice. *Arts Education
Policy Review*, 119(2), 88–99.

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative
literature review. *Thinking skills and creativity*, 31, 31-43.

Phillips, M. (2013). Investigating in-service teachers' workplace TPACK development.
Australian Educational Computing, 28(2).

PISA 2015 Results. (2016) EXCELLENCE AND EQUITY IN EDUCATION. VOLUME I.

<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264266490-en.pdf?expires=1614537914&id=id&accname=guest&checksum=08AA4040747DC8E6B0ED738E8088D011>

PISA 2018 Results. (2019). COMBINED EXECUTIVE SUMMARIES. VOLUME I, II &

III. https://www.oecd.org/pisa/Combined_Executive_Summaries_PISA_2018.pdf

Prensky, M. (2006). *Don't bother me mom: I'm learning!* St. Paul, MN: Paragon House.

Publications Office of the EU (2016). *Does the EU need more STEM*

graduates?. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/60500ed6-cbd5-11e5-a4b5-01aa75ed71a1>

Publications Office of the EU (2020). *Education and Training Monitor 2020*.

https://www.acs.si/wp-content/uploads/2020/11/Education_and_training_monitor_2020-country_analysis.pdf.

Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1–12.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Rowe, J., McQuiggan, S., Robison, J., & Lester, J. (2009). Off-task behavior in narrative-centered learning environments. Symposium conducted at the meeting of the *In Proceedings of the Workshop on Intelligent Educational Games at the 14th Annual Conference on Artificial Intelligence in Education*, Brighton. doi:citeulike-article-id:12462780.

Sánchez M., I. & Cortés, M. (2019). *Possibilities and challenges of STEAM pedagogies*. Preprint. DOI: 10.13140/RG.2.2.28652.31360

Sanders, M. (2009). *STEM, STEM Education, STEMAnia*. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26. <http://doi.org/10.1007/s10734-009-9210-4>

Sawitri, D.R. & B. Suryadi. The Role of Socioeconomic Status in the Relationship Between Career Aspirations and Engagement in Career Exploration. *Proceedings of the International Conference on Educational Psychology and Pedagogy - "Diversity in Education" (ICEPP 2019)*, pp. 260-263. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/339233337_The_Role_of_Socioeconomic_Status_in_the_Relationship_Between_Career_Aspirations_and_Engagement_in_Career_Exploration [accessed Jan 23 2022].

Saxe, G. B. (1991). *Culture and Cognitive Development. Studies in Mathematical Understanding*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Segarra, V. A., Natalizio, B., Falkenberg, C. V., Pulford, S., & Holmes, R. M. (2018). STEAM: Using the arts to train well-rounded and creative scientists. *Journal of microbiology & biology education*, 19(1). Retrieved from: <https://journals.asm.org/doi/pdf/10.1128/jmbe.v19i1.1360>

Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34(1), 56–65.
doi:10.1016/j.tate.2013.03.004

Shaer, S., Zakzak, L., & Shibl, E. (2019). *The STEAM dilemma: Advancing sciences in UAE schools – the case of dubai*. United Arab Emirates: Mohammed Bin Rashid School of Government (MBRSG). Available from: [https://www.mbrsg.ae/getattachment/174c88b2-e633-4dc9-9f9a-a473f6c91892/The-STEAM Dilemma-Advancing-Sciences-in-UAE-School.aspx](https://www.mbrsg.ae/getattachment/174c88b2-e633-4dc9-9f9a-a473f6c91892/The-STEAM-Dilemma-Advancing-Sciences-in-UAE-School.aspx)

Shashidhar Belbase, Bhesh Raj Mainali, Wandee Kasemsukpipat, Hassan Tairab, Munkhjargal Gochoo & Adeeb Jarrah (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, DOI: [10.1080/0020739X.2021.1922943](https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943)

SHE Figures 2018, (2019). *Women in Science and Technology by Country*, 1152.
https://ec.europa.eu/info/publications/she-figures-2018_en

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.

Siepel, J., Canerani, R., Pellegrino, G., & Masucci, M. (2016). The fusion effect: The economic returns to combining arts and science skills: R report nesta. *Nesta*. Available from: https://media.nesta.org.uk/documents/the_fusion_effect_v6.pdf

Simonsen, J., & Robertson, T. (Eds.). (2012). *Routledge international handbook of participatory design*. Routledge.

Smith, C. E., & Paré, J. N. (2016). Exploring klein bottles through pottery: A STEAM investigation. *Mathematics Teacher*, 110(3), 208–214.

Sofianopoulou, Ch., Emvalotis, A., Pitsia, V. & Karakolidis, A. (2017). *Report on the findings from the programme for international student assessment (PISA) 2015 for Greece*. Athens: Institute Educational Policy (IEP).

Southgate, E., Budd, J., & Smith, S. (2017). Press play for learning: A framework to guide serious computer game use in the classroom. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(7), 1-13.

- STEAM Foundation NPC. (2020). *STEAM foundation activity*. <https://steamfoundation.org.za/%20what-we-offer-2/>
- Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Comp. in Human Behavior*, 86, 77-90.
- Syawaludin, A., & Rintayati, P. (2019). Development of Augmented Reality-Based Interactive Multimedia to Improve Critical Thinking Skills in Science Learning. *International Journal of Instruction*, 12(4), 331-344.
- Syyeda, F. (2016). Understanding Attitudes Towards Mathematics (ATM) using a Multi-modal Model: An Exploratory Case Study with Secondary School Children in England. *Cambridge Open-Review Educational Research e-Journal*, 3, 32-62.
- Takeuchi, L. M., & Vaala, S. (2014). *Level up learning: A national survey on teaching with digital games*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Terzopoulos, G., Kazanidis, I., Satratzemi, M., & Tsinakos, A. (2021). A comparative study of augmented reality platforms for building educational mobile applications. In *Internet of Things, Infrastructures and Mobile Applications: Proceedings of the 13th IMCL Conference 13* (pp. 307-316). Springer International Publishing.
- The World Bank (2014). Highlights of World Development Indicators 2014. Retrieved from <http://data.worldbank.org/sites/default/files/wdi2014-highlights.pdf>.
- Thuneberg, H., Salmi, H., & Fenyvesi, K. (2017). Hands-on math and art exhibition promoting science attitudes and educational plans. *Education Research International*, 1–13.
- Van Camp, A., Gilbert, P., & O'Brien, L. (2019). Testing the effects of a role model intervention on women's STEM outcomes. *Social Psychology of Education*(22), 649-671. doi: 10.1007/s11218-019-09498-2.
- van der Kamp, M. & Scheeren, J. (1996). *Functional literacy of older adults: The case of the Netherlands*. Groningen: University of Groningen, Department of Adult Education.
- Van Eck, R., Guy, M., Young, T., Winger, A., & Brewster, S. (2015). Project NEO: A video game to promote STEM competency for preservice elementary teachers. *Journal of Teaching, Knowledge, and Learning*, 20, 277–297.
- van Groenestijn, M. (2007). Theory in MiA. In M. van Groenestijn & L. Lindenskov (Eds.), *Mathematics in action, communalities across differences: A handbook for teachers in adult education* (pp. 20–36). The Netherlands: ALL Foundation.
- Wahyuningsih, S, Nurjanah, N.E, Rasmani, U.E.E, Hafidah, R, Pudyaningtyas, A.R, & Syamsuddin, M.M. (2020). STEAM Learning in Early Childhood Education: A Literature Review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education (IJPTE)*, 4(1), 33-44.

Walker, Z., McMahon, D.D., Rosenblatt, K., & Arner, T. (2017). Beyond Pokémon: Augmented reality is a universal design for learning tool. In SAGE Open, 7(4), pp. 1-8.

Weltern der Werkstoffe. (2020). <https://colognegamelab.de/research/projects/welten-der-werkstoffe/>

Wendel, V. (2015). *Collaborative Game-Based Learning – Automated Adaptation Mechanics for Game-Based Collaborative Learning Using Game Mastering Concepts*. PhD thesis, TU Darmstadt.

Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Williamson, B. (2009). *Computer games, schools, and young people: A report for educators on using games for learning*. Bristol, UK: Futurelab. Retrieved from http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/project_reports/becta/Games_and_Learning_educators_report.pdf.

Women Entrepreneur for Africa. (2020). *STEAM education & entrepreneurship for African women & girls*. Women Entrepreneurs for Africa. Available from: <https://weforafrica.org/>

Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>

Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90. doi:10.5430/ijfr.v9n2p90

Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086.

Young, B. W., Rathwell, S., & Callary, B. (2020). Testing a coaching assessment tool derived from adult education in adult sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 47, 101632. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101632>.

Yousef, A. M. F., Chatti, M. A., & Schroeder, U. (2014). The State of Video-Based Learning: A Review and Future Perspectives. *International Journal on Advances in Life Sciences*, 6(3-4), 122-135.

Zhang, W. and Tang, J. (2021) Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Open Journal of Social Sciences*, 9, 367-380. <https://doi.org/10.4236/jss.2021.97027>

Zhonggen, Y. (2019). A meta-analysis of use of serious games in education over a decade. *International Journal of Computer Games Technology*, Article ID 4797032, 8 pages, <https://doi.org/10.1155/2019/4797032>.



ΙΟΒΕ (2017), Τριτοβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα Επιπτώσεις της κρίσης και προκλήσεις. Foundation for economic & industrial research (In Greek), http://iobe.gr/docs/research/RES_05_F_05072017_REP_GR.pdf