

INFORMATIK IN ÖSTERREICH

Stellungnahme und Empfehlungen



INFORMATIK IN ÖSTERREICH

Stellungnahme und Empfehlungen

Wien, Dezember 2021



INHALT

1	Einleitung	4
2	Executive Summary	7
3	Forschung der Informatik in Österreich	10
3.1	CSRankings	11
3.2	dblp	19
3.3	Web of Science	24
3.4	ERC-Grants	40
3.5	Schlussfolgerungen zu den Analysen der österreichischen Informatikforschung	44
4	Strukturelle Rahmenbedingungen	54
4.1	Informatikstudien in Österreich	57
4.2	Human- und Strukturkapital	63
4.3	Internationaler Vergleich	68
4.4	Tabellen	78
5	Austausch mit der Community	86
6	Erkenntnisse und Empfehlungen	88
6.1	Informatik ≠ Digitalisierung der Gesellschaft	88
6.2	Evaluation der Forschung	89
6.3	Rahmenbedingungen	91
7	Literatur	95

Der technologische Wandel ist als ein sämtliche gesellschaftliche Bereiche betreffender Prozess zu verstehen. Er beeinflusst das Individuum in seinem täglichen Leben wie einzelne Institutionen in ihrem Handeln und ganze Teilsysteme der Gesellschaft in deren Entwicklung. In diesem Zusammenhang nimmt die Informatik als Kerndisziplin eine zunehmend gewichtige Rolle ein: Sie ist Innovationstreiber, bildet stark nachgefragte Arbeitskräfte aus und trägt zur „digitalen Alphabetisierung“ der Gesellschaft bei.

Vor diesem gesellschaftlichen Hintergrund setzte sich der Österreichische Wissenschaftsrat (ÖWR) die Aufgabe, die Informatik in der österreichischen Hochschullandschaft zu durchleuchten, die Forschungsleistungen auf diesem Gebiet einzuordnen und in einen internationalen Kontext einzubetten.

Die Arbeiten der vergangenen Jahre speisten sich dabei aus zwei Interessenszugängen. Zum einen begrüßte der ÖWR den Ministerratsbeschluss vom November 2018 zur Entwicklung einer Bundesstrategie für Künstliche Intelligenz, da die vorgestellten Maßnahmen, etwa Investitionen in hochleistungsfähige digitale Infrastrukturen, die Digitalisierung der Bildung, der Wirtschaft und des Sicherheitsbereiches sowie der Fokus auf neue digitale Technologien wie Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen (ML) als notwendig erachtet werden. Der Wissenschaftsrat ist davon überzeugt, dass ein langfristiger strategischer Rahmen die entscheidende Bedeutung von Wissenschaft

und Grundlagenforschung angemessen berücksichtigen muss. Dies gilt nicht nur, wie damals festgestellt, für das Gebiet der KI und ML, sondern für die gesamte Informatik. Es ist auch an dieser Stelle erneut festzuhalten, „nur eine hochleistungsfähige Grundlagenforschung kann angesichts des globalen Wettbewerbs und der Bedeutung der KI und ML als ‚enabling technology‘ für alle Industriebereiche den Anspruch der viel beschworenen Rolle ‚Innovation leader‘ einlösen, gehen doch bahnbrechende Innovationen zumeist direkt oder indirekt, z.B. durch Start-ups, aus dieser hervor. Der gewünschte Fortschritt für Bildung, Wirtschaft und den Sicherheitsbereich kann demgemäß nur mit hinreichender Erforschung der Grundlagen ermöglicht werden. Nicht zuletzt müssen angesichts der Chancen und Risiken dieser Technologieentwicklungen neue Forschungsansätze inhaltlicher wie methodischer Natur in der Informatik entwickelt werden.“¹

Diesem Gedankengang folgend muss zunächst eine Bestandsaufnahme für die relevanten wissenschaftlichen Fachbereiche vorgenommen werden: Welche Voraussetzungen sind auf wissenschaftlich-institutioneller Ebene gegeben? Welche Stärken sind bereits vorhanden? Auf welchen Gebieten besteht (ein dringender) Aufholbedarf? Erst eine Analyse des Status quo ermöglicht die Bestimmung allfälliger Aktionsfelder, damit in weiterer Folge nicht nur die notwendigen Grundlagen geschaffen werden können, sondern auch, um bereits vorhandene Stärken weiter zu fördern.

Zum anderen speisten sich die Arbeiten des Wissenschaftsrates zu den Themen des Berichts aus der Auseinandersetzung des Rates mit metrik-basierten Methoden. Diese wurden im Rahmen seiner Arbeiten in den vergangenen Jahren in unterschiedlicher Intensität auch zur Anwendung gebracht; im Rahmen der Arbeiten zur Klinischen Forschung in Österreich² sowie in der gemeinsam mit dem Wissenschaftsfonds - FWF durchgeführten Studie „Standortbestimmung der Bildungsforschung in Österreich“³. Im Rahmen der Analyse der Informatik in Österreich kam der Bibliometrie eine zentrale Bedeutung zu.⁴ Hierbei wurde eine ausführliche Analyse in Auftrag gegeben, um auf Grundlage der Zwischenergebnisse im Rahmen einer Veranstaltung⁵ den Status quo der Informatik und Perspektiven der Weiterentwicklung zu diskutieren. Die Veranstaltung wiederum diente gewissermaßen als Feedbackschleife; in gemeinsamer kritischer Reflexion mit der wissenschaftlichen Community wurden Stärken und Schwächen der ersten Ergebnisse der Analyse eruiert und zur Weiterentwicklung und Verfeinerung der Analyse herangezogen. Ziel der Arbeiten war es aber nicht nur, Erkenntnisse über Stärken und Schwächen der Informatik zu gewinnen, sondern anhand der Analyse der Informatik die Potentiale und Grenzen bibliometrischer Methoden auszuloten.⁶

In diesem Bezugsrahmen bildet der vorliegende Bericht nicht nur die stetige Weiterentwicklung bibliometrischer Methoden ab, sondern veranschaulicht auch deren Einschränkungen. Konnte die im Rahmen der Veranstaltung „Informatik in Österreich: Perspektiven und Strategien“ (November 2019) präsentierte Analyse noch kein differenziertes Bild zum wichtigen Beitrag von Proceedings in der Informatik ermöglichen, so ist dies mittlerweile besser möglich. Gleichzeitig kann Bibliometrie aber nur abbilden, was in den Datensätzen vorhanden ist. Die Analyse beschränkt sich daher auf universitäre und außeruniversitäre Einrichtungen, um die Forschungsleistung der Informatik in Österreich darzustellen. Dies stellt keine Schmälerung der Leistungen anderer Hochschuleinrichtungen dar, mittels

bibliometrischer Methoden kann zu diesen aufgrund zu geringer Datensätze jedoch keine valide Aussage getroffen werden. Insofern hielt der Wissenschaftsrat in seiner Publikation zu bibliometrischen Methoden fest, die steten Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Szientometrie in allfälligen Evaluationen und Analysen zu berücksichtigen. Der Wissenschaftsrat appellierte aber auch an alle Hochschuleinrichtungen und Disziplinen zum einen Datensätze zu Forschungsleistungen vergleichbar und zugänglich zu pflegen und zum anderen an der Weiterentwicklung der Datenbanken und Indikatoren aktiv mitzuwirken.⁷

„Informatik in Österreich“ beleuchtet zunächst in Kapitel 3 die Forschungsleistung mittels bibliometrischer Methoden in dreierlei Hinsicht: eingangs auf Grundlage von *CSRankings*, folgend in Zusammenarbeit mit Prof. Dirk Beyer (LMU) basierend auf der Datenbank *dblp* und drittens auf Grundlage der Datenbank *Web of Science* in Zusammenarbeit mit CWTS Leiden. Zusätzlich richtet dieses Kapitel auch den Blick auf die vergebenen ERC-Grants in der Disziplin *Computer Science and Informatics*. Alle Analysen werden in einen internationalen Kontext gesetzt. Der Abschnitt „Strukturelle Rahmenbedingungen“ (Kapitel 4) gibt einen Überblick über Studiengänge, Studierenden- und Personalzahlen und setzt diese ebenfalls in einen internationalen Kontext.

Nach Fertigstellung einer ersten Version des vorliegenden Berichtes lud der Wissenschaftsrat Vertreterinnen und Vertreter der (außer)universitären Einrichtungen zu zwei Workshops ein, um die Ergebnisse der Analysen zu diskutieren und Perspektiven für die Zukunft zu erörtern. Diese werden in Kapitel 5 zusammen mit den Ereignissen der Tagung des Wissenschaftsrates im November 2019 reflektiert. Abschließend präsentiert der Wissenschaftsrat in Kapitel 6 seine über den geschilderten Prozess erlangten Erkenntnisse, um darauf beruhend seine Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Informatik in Österreich vorzulegen.

Abschließend möchte sich der Wissenschaftsrat bei Prof. Dirk Beyer und CWTS Leiden für die Zusammenarbeit bedanken; nicht minder Dank geht an die Vertreterinnen und Vertreter der (außer)universitären Einrichtungen, die mit ihrem Input einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der Empfehlungen geleistet haben. Ganz besonderer Dank gilt der Geschäftsstelle des Österreichischen Wissenschaftsrates für die Erstellung des Berichts; hier sei namentlich Dr. Catharina Muhamad-Brandner hervorgehoben, die mit unermüdlichem Einsatz und höchster Expertise dieses Projekt federführend begleitet und umgesetzt hat.

1 Österreichischer Wissenschaftsrat, *Der Österreichische Wissenschaftsrat unterstützt die Pläne der Regierung zur Entwicklung einer Bundesstrategie für Künstliche Intelligenz* (Wien, 2018).

2 Österreichischer Wissenschaftsrat, *Klinische Forschung in Österreich: Stellungnahme und Empfehlungen* (Wien, 2016).

3 Hesse, Friedrich W., Ina Matt, Falk Reckling, Thomas Völker und Nikolaus Possanner, *Determination of the State of Educational Research in Austria* (Wien, 2019).

4 Noyons, Ed, *Bibliometric Analysis of the Austrian Computer Science Research* (unveröffentlichter Draft) (Leiden, 2019a); Noyons, Ed, „Bibliometric Analyses of the Austrian Computer Science Research“, Präsentation bei *Informatik in Österreich: Perspektiven und Strategien* (Wien, 2019b).

5 Österreichischer Wissenschaftsrat, *Informatik in Österreich: Perspektiven und Strategien* (Wien, 2019).

6 Österreichischer Wissenschaftsrat, *Vom Messen und gemessen werden: Potentiale und Grenzen bibliometrischer Methoden* (Wien, 2020b).

7 Ebd.

2. EXECUTIVE SUMMARY

Der vorliegende Bericht des Österreichischen Wissenschaftsrates entwickelte sich aus zwei Beweggründen heraus; erstens befürwortete der Wissenschaftsrat den Ministerratsbeschluss im Jahr 2018 eine Bundesstrategie für Künstliche Intelligenz zu entwickeln. Der Rat unterstrich die Bedeutung, die der Entwicklung neuer Forschungsansätze in der Informatik zukommt, um den Chancen und Risiken zukünftiger Technologieentwicklungen begegnen zu können. Daher setzte sich der Bericht das Ziel, eine Bestandsaufnahme des Status quo der Informatik vorzunehmen. Zweitens setzte sich der Wissenschaftsrat bereits über einen längeren Zeitraum mit metrik-basierten Methoden auseinander und strebt mit diesem Bericht an, die stetige Weiterentwicklung der Bibliometrie abzubilden, aber auch deren Einschränkungen.

Der Bericht umfasst zwei Abschnitte. Der Erste befasst sich mit der Forschungsleistung, die mittels unterschiedlicher (bibliometrischer) Analysen eingeordnet wird; Kapitel 3.1 nutzt *CSRankings*, eine weithin geschätzte Reihung von Informatikinstitutionen und Forschungsgebieten auf unterschiedlichen regionalen Ebenen. Kapitel 3.2 nimmt auf Grundlage von *dblp*, einer umfassenden Sammlung von Informatikpublikationen, eine Einschätzung der Stärkefelder, aber auch weniger starker Forschungsfelder vor. Kapitel 3.3 stellt Ergebnisse einer detaillierten bibliometrischen Analyse basierend auf *Web of Science* vor. Kapitel 3.4 betrachtet die verliehenen ERC-Grants im Bereich Informatik. Die unterschiedlichen Datenquellen und Herangehensweisen

sollen einen möglichst breiten Blick auf die Forschungsleistung ermöglichen, da die einzelnen methodischen Perspektiven und Datenquellen unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich bringen. In Kombination ermöglichen sie dennoch Stärkefelder, wie auch weniger starke Bereiche aufzuzeigen.

Der zweite Abschnitt legt die strukturellen Rahmenbedingungen der Informatik an Österreichs Universitäten dar. Hierin findet sich ein Überblick über Studierendenzahlen und Abschlüsse (Kapitel 4.1) sowie die Entwicklung der Berufungen und der Anzahl der Professorinnen und Professoren (und deren Äquivalente), die mit der Betreuung der Bachelorstudien beauftragt sind. Auch werden die Einnahmen und Investitionen der Informatik beleuchtet (Kapitel 4.2). Kapitel 4.3 strebt eine Einordnung im internationalen Vergleich an.

Zentrale Erkenntnisse

Forschungsleistung

Stärken: Österreich weist eine besondere Stärke in der **Theorie** auf, aber auch Fachgebiete in den Bereichen **Künstliche Intelligenz**, **Systeme** und **Interdisziplinäre Gebiete**⁸ sind im internationalen Vergleich sehr stark positioniert. Die folgenden Fachgebiete stechen besonders hervor: *Algorithms & Complexity*; *Computer Graphics*; *Computer Security*; *Computer Vision*; *Design Automation*; *Logic & Verification* und *Visualization*. Diese Fachgebiete wurden bei mindestens zwei Analysen als sehr starke Gebiete klassifiziert.

Schwächen: *Economics & Computation*; *Mobile Computing*; *Natural Language Processing* und *Operating Systems* wurden durch drei Analysen als Schwachbereiche identifiziert.

Potentiale: Vermeintlich widersprüchliche Ergebnisse zeigten sich in den Fachgebieten *Cryptography*; *Measurement & Performance Analysis* und *Mobile Computing*. Diese Widersprüche deuten jedoch auf interessante Potentiale dieser Fachgebiete hin.

Strukturelle Rahmenbedingungen

Informatikstudien können derzeit an neun österreichischen Universitätsstandorten belegt werden. Im Studienjahr 2020/21 werden 19 Bachelor- und 29 Masterstudienprogramme angeboten. Ein Bachelorprogramm (*Artificial Intelligence* an der JKU) und 16 Masterprogramme werden vollständig in englischer Unterrichtssprache angeboten.⁹

Die Nachfrage nach hochqualifizierten Informatikerinnen und Informatikern führt vermehrt dazu, dass Studierende bereits während des Studiums von Unternehmen abgeworben werden. Das Phänomen „Job-out“ im MINT-Bereich wurde im Gesamtösterreichischen Universitätsentwicklungsplan (GUEP) aufgegriffen. Die Verbesserung der Studierbarkeit und der Betreuungsverhältnisse, Erhöhung der Prüfungsaktivität und des Frauenanteils in MINT-Studien wurden ebenfalls in den GUEP aufgenommen.

Um die Zahl der Absolventinnen zu erhöhen, wurde in der derzeitigen Leistungsvereinbarungsperiode (2019-2021) unter anderem die vorgeschriebene Mindestzahl an Studienplätzen für Bachelorstudien im ersten Semester auf 2.800 erhöht.¹⁰ Im Studienjahr 2020/21 lag die Zahl der ordentlichen Bachelorstudien im ersten Semester bei 2.418. Die Entwicklungen der letzten Jahre zeigen, dass die Zahl der prüfungsaktiv betriebenen Studien¹¹ steigt, ebenso die Gesamtzahl der abgeschlossenen ordentlichen Studien. Abschlüsse in Mindeststudienzeit sind nicht häufig, deren Trend ist vielmehr leicht rückläufig (siehe Kapitel 4.1).

Im europäischen Vergleich zeichnet sich ein ambivalentes Bild. Bei den Zahlen der Studierenden findet sich Österreich meist im oberen Mittelfeld, bei Masterstudierenden sogar im Spitzenfeld. Bei den Abschlüssen hingegen zeigt sich, dass Verbesserungsmöglichkeiten bestehen: bei Bachelorabschlüssen liegt Österreich im unteren Mittelfeld, bei Masterabschlüssen im untersten Bereich (siehe Kapitel 4.3).

Empfehlungen

Die Empfehlungen des Berichtes richten sich gleichermaßen an die Hochschul- wie Forschungseinrichtungen und an die Wissenschaftspolitik. Die hier dargestellten zentralen Empfehlungen sollen der strategischen Ausrichtung von Lehre und Forschung sowie den Rahmenbedingungen für erfolgreiches Studieren, Lehren und Forschen dienen:¹²

- Die Informatik muss verstärkt als eigenständige Wissenschaft verstanden und gefördert werden, die unter anderem die Grundlage einer digitalen Transformation bildet.
- Die Informatik-Community muss weiterhin ihre Rolle als Kernfach und als Brückenwissenschaft der digitalen Transformation annehmen und aktiv mitgestalten.
- Informatik soll als Pflichtunterricht in allen Sekundarbereichen eingeführt werden.
- Dieser Unterricht soll von ausgebildeten *Informatik*-Lehrerinnen und -lehrern durchgeführt werden und nicht ausschließlich *digitale* Kompetenzen, sondern zentrale *Informatik*-Kenntnisse, wie z.B. Programmier- und Datenanalysekompetenzen und technisches Wissen, vermitteln.

- Die Informatik-Community sollte sich weiterhin bei der Mitgestaltung der Aus- und Weiterbildung von Informatiklehrerinnen und -lehrern aktiv einbringen.
- Bereits bestehende Informations- und Förderprogramme für (zukünftige) Studienanfängerinnen und -anfänger sollten evaluiert und ausgebaut werden.
- Kooperationen und bestehende Initiativen mit Schulen sollten weiter gefördert werden.
- Die Anzahl, der in den Leistungsvereinbarungen festgelegten *Informatik*-Professuren sollte weiter erhöht werden.
- Ausschreibungen sollten möglichst offen gestaltet werden, und Berufungen sollten vermehrt als Laufbahnstellen erfolgen, um die Attraktivität für High Potentials zu erhöhen.
- In Anbetracht der teils langen Berufungsverfahren und des höchst kompetitiven internationalen Arbeitsmarktes sollte der Umsetzungszeitrahmen der in den Leistungsvereinbarungen festgesetzten Zielvorgaben gegebenenfalls über eine Leistungsvereinbarungsperiode hinaus möglich sein.
- Kooperation und Vernetzung bestehender Stärken in Forschung und Lehre (z.B. Doc-Schools) könnten etwa durch eine Vernetzungsplattform standortübergreifend organisiert werden und somit beitragen die internationale Position der österreichischen Informatik weiter zu verbessern.

Der Erfolg einer derartigen Vernetzungsplattform bedingt ein gewisses finanzielles Commitment seitens der teilnehmenden Einrichtungen. Doch auch die Wissenschaftspolitik sollte eine derartige Neuentwicklung finanziell unterstützen.

Die Vernetzungsplattform könnte auch als Vorbild für andere Disziplinen dienen, standortübergreifende Kooperationen und Abstimmungen auszubauen.

8 Die in diesem Bericht verwendeten Einteilungen in Hauptforschungsbereiche und Fachgebiete der Informatik orientieren sich an jenen von *CSRankings* (siehe Kapitel 3.1).

9 Diese Informationen wurden im September 2020 von den Internetseiten der jeweiligen Universitäten erhoben.

10 BMBWF, *Mehr Geld für gutes Studieren und Forschen an den Universitäten: Gezielte Planbarkeit durch die neuen Leistungsvereinbarungen* (Wien, 2019b).

11 Als prüfungsaktiv zählt ein Studium, wenn Prüfungen mit einem Mindesterfolg von 16 ECTS bzw. 8 Semesterstunden pro Studienjahr absolviert wurden. Ein Regelstudium sieht 60 ECTS pro Jahr vor (ebd. S. 4).

12 Kapitel 6.2 enthält auch einige Empfehlungen hinsichtlich der Evaluierung von Forschung.

3. FORSCHUNG DER INFORMATIK IN ÖSTERREICH

Die Informatik ist eine relativ junge Disziplin, dennoch hat sie bereits eine spannende Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte hinter sich. Anfänglich eng mit der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften verbunden, entwickelte sich die Informatik im 20. Jahrhundert rasch zu einer eigenständigen Disziplin. Diese Eigenständigkeit bedeutet jedoch keinesfalls Isolation, im Gegenteil; die Informatik begann rasch in viele Bereiche des Alltags vorzudringen. Sie begleitet uns bereits vor unserer Geburt bis ins hohe Alter. Kooperationen mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen sind weiterhin unumgänglich und die sogenannten „Bindestrichdisziplinen“ wie z.B. die medizinische Informatik oder Wirtschaftsinformatik, gewinnen zunehmend an Bedeutung.

Diese rasante Weiterentwicklung der Disziplin, insbesondere in den letzten 50 Jahren, bedeutet, dass eine allzufriedenstellende Definition kaum möglich ist. 1988 präsentierte die *ACM-Task Force on the Core of Computer Science* eine Definition der *discipline of computing*, welche vielerorts zitiert wird:

“The discipline of computing is the systematic study of algorithmic processes that describe and transform information: their theory, analysis, design, efficiency, implementation, and application. The fundamental question underlying all of computing is, ‘What can be (efficiently) automated?’”¹³

Nachdem die Informatik viele Anwendungsgebiete hat, ist sehr schwer abzugrenzen, wo die Informatik beginnt bzw. endet. Genau diese Problematik wird auch in unseren Analysen deutlich, abgesehen von den Limitierungen jeder methodischen Herangehensweise der „Forschungsevaluierung“. Im Folgenden werden daher vier Perspektiven auf die Informatikforschung in Österreich geboten:

Kapitel 3.1 richtet den Blick auf die weltweiten und europäischen Rankings der angeführten österreichischen Einrichtungen in den 26 Forschungsgebieten von *CSRankings*. Kapitel 3.2 beleuchtet Österreichs Publikationen indexiert in *dblp*, eine Datenbank der wichtigsten Publikationen der Informatik, und geht hier den direkten Weg über „österreichische“ Autorinnen und Autoren. Kapitel 3.3 stellt die Ergebnisse einer detaillierteren bibliometrischen Analyse von Publikationen indexiert in *Web of Science* (WoS) vor. Eine letzte Perspektive (Kapitel 3.4) richtet das Augenmerk auf die hochkompetitiv verliehenen ERC-Grants; hier ist nicht nur die Anzahl der verliehenen Grants von Interesse, sondern auch in welchen Teilgebieten Österreich erfolgreich ist. Die jeweiligen Kapitel beginnen mit methodischen Hintergründen, um eine fundierte Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen und enden mit Reflexionen zu den Ergebnissen sowie den Limitierungen der Herangehensweisen. Kapitel 3.5 reflektiert die Ergebnisse aller Analysen zusammenfassend.

3.1 CSRankings

3.1.1 Methodische Hintergründe der CSRankings-Analysen¹⁴

Das deklarierte Ziel von *CSRankings* ist, zukünftigen Informatik-Doktoratsstudierenden zu helfen, sich für die beste Institution oder eine mögliche Betreuerin bzw. Betreuer in ihrem gewählten Forschungsgebiet

zu entscheiden. Das Ranking der Institutionen basiert auf dem gewichteten Publikationsoutput der „full-time, tenure-track faculty *who can solely advise a PhD student in Computer Science*.“¹⁵ Eine Institution muss ihre Fakultätsmitglieder aktiv anmelden, um in dieses Ranking aufgenommen zu werden. Für Österreich sind acht Institutionen mit 116 Fakultätsmitgliedern in *CSRankings* enthalten:

Institution	CSR-Score ¹⁶	Fakultätsmitglieder	CSRanking Welt	CSRanking Europa
IST Austria	2,0	12	105	20
TU Graz	2,0	28	105	20
TU Wien	2,0	27	105	20
Universität Wien	1,5	10	180	52
JKU Linz	1,4	11	216	71
Universität Innsbruck	1,2	6	300	107
Universität Klagenfurt	1,2	14	300	107
Universität Salzburg	1,2	8	300	107

Tabelle 1: Übersicht der in *CSRankings* erfassten österreichischen Institutionen; Zeitraum: 2015-2021¹⁷

Um in *CSRankings* aufgenommen zu werden, müssen die Fakultätsmitglieder in der *dblp*-Datenbank (siehe Kapitel 3.2) gelistet sein, da diese als Datenquelle fungiert. Die Rankings basieren auf allen Beiträgen äußerst selektiv ausgewählter Publikationsvenues. Diese stellen nach allgemeiner Auffassung

die Top-Venues der jeweiligen Fachgebiete dar und sind sehr kompetitiv. Tabelle 2 ermöglicht einen Überblick über die vier Hauptforschungsbereiche (Hfb), die 26 Fachgebiete von *CSRankings*, sowie über die jeweiligen verwendeten Publikationsvenues.

Hfb Künstliche Intelligenz	Konferenzen
Artificial Intelligence	AAAI und IJCAI
Computer Vision	CVPR, ECCV und ICCV
Machine Learning & Data Mining	ICML, KDD und NeurIPS/NIPS
Natural Language Processing	ACL, EMNLP und NAACL
The Web & Information Retrieval	SIGIR und WWW
Hfb Systeme	Konferenzen
Computer Architecture	ASPLOS, ISCA und MICRO
Computer Networks	SIGCOMM und NSDI
Computer Security	CCS, IEEE S&P („Oakland“) und USENIX Security
Databases	SIGMOD und VLDB
Design Automation	DAC und ICCAD
Embedded & Real-Time Systems	EMSOFT, RTAS und RTSS
High-Performance Computing	HPDC, ICS und SC
Mobile Computing	MobiCom, MobiSys und SenSys
Measurement & Performance Analysis	IMC und SIGMETRICS
Operating Systems	OSDI und SOSP
Programming Languages	PLDI und POPL
Software Engineering	FSE und ICSE
Hfb Theorie	Konferenzen
Algorithms & Complexity	FOCS, SODA und STOC
Cryptography	CRYPTO und EuroCrypt
Logic & Verification	CAV und LICS

Hfb Interdisziplinäre Bereiche	Konferenzen
Comp. Bio & Bioinformatics	ISMB und RECOMB
Computer Graphics	SIGGRAPH und SIGGRAPH Asia
Economics & Computation	EC und WINE
Human-Computer Interaction	CHI, UbiComp / Pervasive / IMWUT und UIST
Robotics	ICRA, IROS und RSS
Visualization	VIS und VR

Tabelle 2: 26 Fachgebiete der Informatik nach CSRankings sowie die ausgesuchten Konferenzen¹⁸

Für das Ranking wird jedes Paper nur einmal gezählt, auch wenn es von mehreren Autorinnen oder Autoren verfasst wurde. In solchen Fällen wird das Gewicht eines Beitrags durch die Gesamtzahl der Autoren geteilt. Die Summe aller Gewichte, die einer Autorin oder einem Autor zugeschrieben wird, ist deren *bereinigte Anzahl (adjusted count)*. Der *count* einer Einrichtung für ein Fachgebiet ist die Summe der bereinigten Anzahlen aller Fakultätsmitglieder an der Einrichtung in diesem Fachgebiet *plus 1*. Die Addition wird in Vorbereitung für das Ranking mehrerer Fachgebiete vorgenommen. Für dieses wird das geometrische Mittel (*average count*) der *count* der jeweiligen Fachgebiete verwendet, wodurch die unterschiedlichen Publikationsraten und Größen der Fachgebiete bereinigt werden. Um die Terminologie einfach zu halten, wird diese Zahl hier CSR-Score genannt.

Dieses Verfahren liefert somit ein Maß für den hochwertigen Publikationsoutput einer Einrichtung. Ranglisten können erstellt werden für:

- Einzelne Länder (wie in Tabelle 1 für Österreich zu sehen), Regionen wie Europa oder die Welt.
- Verschiedene Zeitintervalle frei wählbar zwischen 1970-2021.

- Vier Hauptforschungsbereiche (Hfb), nämlich **Künstliche Intelligenz (KI)** mit 5 Fachgebieten¹⁹, **Systeme** mit 12 Fachgebieten, **Theorie** mit 3 Fachgebieten und **Interdisziplinäre Bereiche** mit 6 Fachgebieten, wobei jeder Hfb in das individuell erstellte Ranking einbezogen oder ausgeschlossen werden kann.
- Dies kann auch auf der Ebene der 26 Fachgebiete erfolgen.

Dieser Methode folgend wurden die Rangplätze aller österreichischen Institutionen im weltweiten Ranking für jedes angeführte Fachgebiet für den Zeitraum 2015-2021 ermittelt. Da die Gesamtzahl der Ränge, und damit die Größe der Fachgebiete stark variiert – beginnend mit 71 (*Operating Systems*) bis maximal 428 Ränge (*Artificial Intelligence*) – wurden die Gruppierungskriterien proportional gesetzt.²⁰ Auch wurde nicht nur eine vereinzelte hohe Platzierung als Stärke gewertet, sondern auch, wenn mindestens drei Standorte ein gutes Ranking erzielen konnten. Die Forschungsgebiete wurden für Österreich nach den folgenden Kriterien gruppiert:²¹

- **Gruppe 1:** mindestens eine Einrichtung in den Top 10% ODER mindestens zwei in den Top 25%.

- **Gruppe 2:** mindestens eine in den Top 25% ODER drei in den Top 50%.
- **Gruppe 3:** mindestens eine in den Top 50%, aber keine in den Top 25%.
- **Gruppe 4:** Keine Platzierungen in den Top 50%.
- **Gruppe 5:** Keine österreichischen Einrichtungen im Ranking.

Eine der Schwächen der Vorgehensweise von *CSRankings* ist, dass die Publikationszahlen nicht über die Anzahl der Fakultätsmitglieder gemittelt werden, d.h. je mehr Individuen zu einer Institution gehören, umso eher können diese den Rang der Einrichtung beeinflussen. Betrachtet man den ersten Platz des weltweiten Rankings über alle Fachgebiete für den Zeitraum 2015-2021, Carnegie Mellon University (USA), so sieht man, dass diese Einrichtung 153 Fakultätsmitglieder hat, die wiederum einen CSR-Score von 13,4 erzielen. Die TU Graz erreicht mit 28 Fakultätsmitgliedern einen CSR-Score von 2. Die TU Wien erlangt den gleichen CSR-Score mit 27 Fakultätsmitgliedern, das IST Austria mit 12. Diese Vorgehensweise lässt einen Vergleich von verschiedenen Institutionen mit unterschiedlichen Größen, aber auch mit unterschiedlichen Gegebenheiten, daher nur bedingt zu. Auch ist ein Vergleich zwischen gesamten Ländern nicht möglich.

Aus diesem Grund wurden zusätzlich zum bestehenden Ranking von *CSRankings* die dort angegebenen Daten elf ausgewählter Vergleichsländer²² herangezogen, um ein eigenständiges Ranking für jedes Fachgebiet zu erstellen. Die Erhebung der Daten der einzelnen Vergleichsländer erfolgte auf der Ebene der aktiven Einrichtungen jedes der 26 Fachgebiete: der CSR-Score der Einrichtungen für jedes Fachgebiet für die Jahre 2015-2021 wurde erhoben, ebenso die Anzahl der Fakultätsmitglieder. Wie bereits oben erwähnt, addiert *CSRankings* den Faktor 1 zum CSR-Score jeder Einrichtung in einem Fachgebiet, damit das geometrische Mittel berechnet werden kann, das beim vergleichenden Ranking zum Einsatz

kommt. Dies ist beim Ranking von einzelnen Einrichtungen kein Problem; wenn jedoch der CSR-Score aller Einrichtungen eines Landes addiert wird, wirkt dies verzerrend. Um die wahre bereinigte Publikationsanzahl eines Landes für ein Fachgebiet zu erhalten, muss daher die Anzahl der Einrichtungen von der Summe der CSR-Scores der Einrichtungen für das Fachgebiet abgezählt werden. Für das Ranking der Vergleichsländer in Tabelle 3 wurde dieser Wert durch die Gesamtanzahl der in den jeweiligen Fachgebieten aktiven Fakultätsmitglieder der einzelnen Länder dividiert.

Für beide Herangehensweisen wurde der Analysezeitraum 2015-2021 gewählt, um eine möglichst aktuelle Perspektive auf die Informatikforschung in Österreich zu ermöglichen. Die Erhebung der Daten erfolgte am 21. Oktober 2021.

3.1.2 CSRankings-Ergebnisse

Die Reihungen der österreichischen Einrichtungen auf *CSRankings* führten, der oben angeführten Methode folgend, zu den folgenden Gruppierungen der Fachgebiete:

Die in **Gruppe 1** enthaltenen Fachgebiete können als *sehr starke* Bereiche angesehen werden, in denen die Anzahl der Publikationen in qualitativ sehr hochwertigen Konferenzen, weltweit betrachtet, am höchsten ist. Diese sind jeweils nach Hauptforschungsbereich gruppiert:

- **Systeme:** *Design Automation*.
- **Theorie:** *Logic & Verification*.
- **Interdisziplinäre Bereiche:** *Computer Graphics; Visualization*.

Im Hauptforschungsbereich **KI** konnte innerhalb Österreichs kein Fachgebiet als sehr stark identifiziert werden.

Fachgebiete, die in **Gruppe 2** enthalten sind, können als *stark* angesehen werden. Diese sind:

- **KI:** *Artificial Intelligence; Computer Vision; Machine Learning & Data Mining; The Web & Information Retrieval*.
- **Systeme:** *Computer Security; Measurement & Performance Analysis; Programming Languages*.
- **Theorie:** *Algorithms & Complexity; Cryptography*.
- **Interdisziplinäre Bereiche:** *Human-Computer Interaction; Robotics*.

Alle drei Unterbereiche des Hauptforschungsbereichs **Theorie** können als *sehr starke* oder *starke* Forschungsbereiche innerhalb Österreichs angesehen werden.

Gruppe 3 enthält Fachgebiete, in denen in Österreich in den letzten Jahren weniger oft in führenden Konferenzen publiziert wurde, die aber dennoch aktive Forschungsgebiete sind.

- **Systeme:** *Databases; Embedded & Real-Time Systems; High-Performance Computing; Software Engineering*.

Die in **Gruppe 4** enthaltenen Fachgebiete haben in Österreich einen eher geringen Publikationsoutput in führenden Konferenzen. Diese sind:

- **KI:** *Natural Language Processing*;
- **Systeme:** *Computer Architecture; Computer Networks; Mobile Computing*.
- **Interdisziplinäre Bereiche:** *Comp. Bio & Bioinformatics; Economics & Computation*

Operating Systems (Hfb **Systeme**) ist das einzige Fachgebiet, in dem keine Publikationen von österreichischen Fakultätsmitgliedern in *CSRankings* enthalten sind, d.h. das zu **Gruppe 5** gehört.

Wie bereits festgehalten, beziehen die Ranglisten von *CSRankings* die Anzahl der Fakultätsmitglieder nicht in deren Erstellung mit ein. Tabelle 3 zeigt die Top drei-Platzierungen

unter den Vergleichsländern, sowie die Position Österreichs in jedem Fachgebiet, basierend auf dem durch die Anzahl der Fakultätsmitglieder dividierten Publikationsoutput.

Mit dieser Vergleichsmethode zeigt sich, dass Österreich in *Design Automation* und in *Logic & Verification* in der Liste der 11 Vergleichsländer führend ist. In *Artificial Intelligence; Computer Graphics; Computer Vision* und in *Measurement & Performance Analysis* belegt die österreichische Informatik den zweiten Platz. In den Fachgebieten *Computer Security; Programming Languages; The Web & Information Retrieval* und *Visualization* den dritten Rang.

Diese Ergebnisse überschneiden sich zu einem hohen Grad mit den weltweiten Rankingergebnissen. Vier interessante Ausnahmen sollen an dieser Stelle erwähnt werden: *Machine Learning & Data Mining; Human-Computer Interaction; Robotics* sowie *Cryptography* wurden oben Gruppe 2 zugeordnet, in dieser Betrachtung des gewichteten Publikationsoutputs belegt Österreich jedoch die Plätze 5, 6, 8 und 9 in diesen vier Fachgebieten. Bei den ersten drei Bereichen handelt es sich um sehr große Gebiete, die Gesamtzahl der weltweiten Ränge sind 387, 322 und 309. Auch ist der Publikationsoutput pro Fakultätsmitglied der top-platzierten Länder in Tabelle 3 im Vergleich zu Österreich höher. Die Anzahl der in diesen Fachgebieten aktiven Fakultätsmitglieder ist sehr hoch (21, 16 und 18). Der Publikationsoutput pro Fakultätsmitglied ist im europäischen Vergleich in den für diese Fachgebiete ausgewählten Konferenzen etwas niedriger.

Cryptography ist mit insgesamt 133 weltweiten Rängen ein weitaus kleineres Fachgebiet. In Österreich sind hier drei Standorte aktiv, die alle drei eine Platzierung in den oberen 50% haben. Einige der europäischen Länder weisen in diesem Fachgebiet Einrichtungen auf, die sehr hohe Platzierungen im weltweiten Ranking erzielen. Der österreichische Publikationsoutput pro Fakultätsmitglied ist auch hier im europäischen Vergleich in den von *CSRankings* ausgewählten Proceedings niedriger.

	1	2	3	AT	Faculty	Standorte
Künstliche Intelligenz						
Artificial Intelligence	IT	AT	IL	2	25	7
Computer Vision	CH	AT	DE	2	9	4
Machine Learning & Data Mining	CH	IL	FR	5	21	7
Natural Language Processing	IT	CH	SP	10	6	6
The Web & Information Retrieval	NL	CH	AT	3	8	4
Systeme						
Computer Architecture	CH	IL	SP	9	3	2
Computer Networks	CH	GB	DE	5	1	1
Computer Security	CH	DE	AT	3	10	6
Databases	DE	CH	IL	8	6	6
Design Automation	AT	DE	CH	1	4	3
Embedded & Real-Time Systems	IT	DE	GB	7	5	3
High-Performance Computing	CH	SP	DE	4	3	2
Mobile Computing	CH	IT	NL	7	3	3
Measurement & Performance Analysis	DE	AT	SP	2	4	3
Operating Systems	CH	IL	NL	8 ²³	0	0
Programming Languages	IL	CH	AT	3	7	4
Software Engineering	IL	CH	NL	8	4	2

Theorie						
Algorithms & Complexity	CH	DK	IL	4	10	4
Cryptography	NL	IT	DK	9	7	3
Logic & Verification	AT	DE	GB	1	15	7
Interdisziplinäre Bereiche						
Comp. Bio & Bioinformatics	IL	DE	CH	5	2	2
Computer Graphics	CH	AT	NL	2	5	3
Economics & Computation	DK	GR	IL	9	2	2
Human-Computer Interaction	FR	DK	DE	6	16	8
Robotics	CH	DE	GR	8	18	4
Visualization	DE	DK	AT	3	12	4

Tabelle 3: Top drei-Platzierungen ausgewählter Vergleichsländer nach den gewichteten Anzahlen/Faculty; Rang Österreichs (AT), und Anzahl der österreichischen Faculty und Standorte

3.1.3 Fazit der CSRankings-Analyse

In vier von 26 Fachgebieten sticht die österreichische Informatik mit sehr hohen weltweiten Platzierungen hervor: *Design Automation*, *Logic & Verification*, *Computer Graphics* und *Visualization*. Alle diese Fachgebiete erzielen auch sehr hohe Platzierungen innerhalb der ausgewählten europäischen Vergleichsländer, wenn die Anzahl der Fakultätsmitglieder mitberücksichtigt wird.

Betrachtet man die Größe der Fachgebiete weltweit, gemessen an der maximalen Anzahl der weltweiten Rängen des jeweiligen Gebietes, so sind die fünf größten Bereiche *Artificial Intelligence*; *Computer Vision*; *Machine Learning & Data Mining*; *Human-Computer Interaction* und *Robotics*. Die ersten

drei fallen in den Hauptforschungsbereich **KI**; hier weisen einzelne österreichische Einrichtungen sehr hohe Platzierungen im weltweite Vergleich auf, aber auch an weiteren Standorten können Ränge in der oberen Hälfte erzielt werden. Auch im europäischen Vergleich können sehr hohe Platzierungen erreicht werden, mit Ausnahme von *Machine Learning & Data Mining*. Hier weisen sieben der auf *CSRankings* angemeldeten Einrichtungen Aktivitäten auf, eine Institution erreicht eine weltweite Platzierung unter den Top 25%, zwei weitere in der oberen Hälfte. Dies ist ähnlich der Fall beim **Interdisziplinären Bereich Human-Computer Interaction**; hier sind alle acht Standorte aktiv, wobei drei Ränge in der oberen Hälfte erzielen. In beiden Fachgebieten ist der Publikationsoutput pro Fakultätsmitglied im europäischen Vergleich niedriger.

Dies führt gesamt betrachtet zu minderstarken Platzierungen. Im Fachgebiet *Robotics* sind vier Standorte aktiv vertreten. Von diesen erzielt je ein Institut einen Rang unter den Top 25% und eines in der oberen Hälfte. Die hohe Anzahl an aktiven Fakultätsmitgliedern in diesem Fachgebiet (18) lässt den Publikationsoutput in den führenden Konferenzen pro Fakultätsmitglied jedoch niedriger ausfallen als bei der Mehrzahl der Vergleichsländer.

Der Hauptforschungsbereich **Theorie** kann im weltweiten Vergleich als stark betrachtet werden. In *Cryptography* sind einige Einrichtungen der europäischen Vergleichsländer in den führenden Konferenzen besonders erfolgreich vertreten.

Insbesondere im Hfb **Systeme** weist Österreich einige hervorstechende Schwachstellen auf; im Fachgebiet *Operating Systems* gibt es sogar keine einzige österreichische Publikation in den führenden Konferenzen. Allerdings kann man beobachten, dass *Operating Systems* in Europa gesamt betrachtet ein schwaches Fachgebiet ist.

Im internationalen Vergleich sticht die Schweiz als besonders erfolgreich hervor. In 11 der 26 Fachgebiete erreicht die Schweiz den 1. Platz. Insgesamt werden in 18 Fachgebieten Platz 3 oder besser von der Schweiz belegt. Dem folgen Deutschland mit 13 sowie Österreich und Israel mit je 10 Fachgebieten.

CSRankings wurde mit einem sehr spezifischen Ziel entwickelt und ist in der methodischen Herangehensweise dementsprechend fokussiert. Standorte müssen selbst aktiv werden und ihre Professorinnen und Professoren angeben, um in das Ranking aufgenommen zu werden. Dies ist der Fall für acht Einrichtungen in Österreich. Einige der für diesen Bericht ursprünglich gewählten Vergleichsländer scheinen bei *CSRankings* nicht auf. Das in Tabelle 3 präsentierte Ranking umfasst daher alle auf *CSRankings* vertretenen EU-Länder, sowie die Schweiz und Israel.

Die Reihungen von *CSRankings* basieren auf dem gewichteten Publikationsoutput. Sie sind nicht größennormiert, und müssen daher mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden. Die eigenständig durchgeführte Analyse ausgewählter Vergleichsländer basiert ebenfalls auf der bereinigten Anzahl, lässt aber die Anzahl der Fakultätsmitglieder der einzelnen Fachgebiete einfließen und verbessert daher die Vergleichbarkeit zwischen den Vergleichsländern.

Die Aufteilung des Publikationsoutputs unter den Autorinnen und Autoren kann hochgradig kooperativ arbeitende Forscherinnen und Forscher benachteiligen, besonders wenn dies nicht die Norm in einem Fachgebiet ist. Die „Problematik“ von Kooperationen bei einer derartigen Verwendung des gewichteten Publikationsoutputs ist besonders beim Ländervergleich bemerkbar: In Tabelle 3 können einmalige Zusammenarbeiten die tatsächliche Stärke eines Landes in einem Fachgebiet mindern, da die Anzahl der Fakultätsmitglieder für den gesamten Analysezeitraum ansteigt, der Publikationsoutput dieser Person jedoch nur einmalig zu Steigerungen führt. Bei regelmäßigen Zusammenarbeiten ist eine anhaltende Steigerung zu erwarten. Dies soll in keiner Weise suggerieren, dass Kooperationen in der Informatik negativ wären. Es ist jedoch ein Aspekt, der die Rankings dieser Analyse beeinflusst.

Ein weiterer Aspekt, der die Ergebnisse maßgeblich mitbestimmt, liegt in der sehr begrenzten Zahl an Konferenzen, sowie deren Auswahl. Ob diese tatsächlich die Top-Venues der jeweiligen Fachgebiete repräsentieren, kann hinterfragt werden. Da die ausgewählten Publikationsvenues sehr selektiv sind, lässt dies einen gewissen Qualitätsaspekt in die Analyse einfließen. Dies ermöglicht jedoch nur einen Einblick in einen sehr begrenzten Teil der österreichischen Informatikforschung. Die folgende Analyse wurde daher mit dem Anliegen durchgeführt die Datengrundlage zu vergrößern, indem sowohl die Gruppe der österreichischen Autorinnen und Autoren als auch die Zahl der Publikationsvenues erweitert wurden.

3.2 dblp

3.2.1 Methodische Hintergründe der dblp-Analyse

Die Datenbank *dblp* umfasst sowohl Konferenz- als auch Zeitschriftenpublikationen in der Informatik und ist frei zugänglich. Mit Stand August 2021 waren dies über 5,7 Millionen Publikationen, die von über 2,4 Millionen Autorinnen und Autoren verfasst wurden. Die Datenbank erfasst rund 40.000 Journale, über 39.000 Proceedings und ca. 80.000 Monographien; dabei stehen englischsprachige Publikationsmedien im Vordergrund.

Um eine möglichst vollständige Datenbasis zu schaffen, erfasst *dblp* die gesamten Inhaltsverzeichnisse kompletter Proceedings oder Journale, wobei die notwendigen Metadaten meist vom Verlag bzw. Veranstalter zur Verfügung gestellt werden. Die Daten werden teilweise händisch bereinigt, wobei das Augenmerk auf die Beseitigung von Tippfehlern etc. und die Verbesserung der eindeutigen Identifizierung von Namen gerichtet wird.²⁴

Für eine Mehrzahl der Autorinnen und Autoren werden eigene Profilseiten mit einem persönlichen Identifier (PID) angeführt. Falls Personen nicht eindeutig identifiziert werden können, werden diese auf einer *disambiguation page* (siehe z.B. Alexander Schmidt: <https://dblp.uni-trier.de/pid/73/6108.html>) angeführt. Für eindeutig identifizierte Autorinnen und Autoren werden neben dem auf *dblp* geführten Namen (sowie andere bekannte Namensversionen) alle indexierten Publikationen gelistet, sowie, falls vorhanden, Informationen über derzeitige und/oder vorherige Affiliation(en) und den *ORCID-ID* (siehe z.B. Alexander Schmidt 0004: <https://dblp.uni-trier.de/pid/73/6108-4.html>).

Für die Analyse wurden zuerst alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von den Internetseiten der sieben Universitäten mit Studienprogrammen in den Kerninformatikbereichen sowie der Wirtschaftsuniversität Wien und

der Medizinischen Universität Wien erhoben. Dies geschah ebenfalls für das Austrian Institute of Technology, das IST Austria und die Österreichische Akademie der Wissenschaften. Hier wurde gleichfalls der Fokus auf „Informatik“-Forschungsgruppen gerichtet. Diese Personenlisten wurden anschließend mit der *dblp*-Datenbank abgeglichen. Alle Personen, für die kein eindeutiger Eintrag auf *dblp* gefunden werden konnte, bzw. die erst seit kurzem an einer österreichischen Einrichtung angesiedelt sind (basierend auf den Affiliationen der Publikationen auf *dblp* oder auf Informationen der Internetseiten der 12 Einrichtungen), wurden nicht in die Analyse eingeschlossen.²⁵ Die Erhebung der auf den Internetseiten angeführten Personen und die Abgleichung mit *dblp* erfolgten zwischen März und Mai 2021. Dies ergab insgesamt 1.257 Autorinnen und Autoren mit einer Affiliation zu einer der erhobenen Einrichtungen.

Für die Analyse wurden sowohl Journals als auch Proceedings herangezogen. Eine Eingrenzung wurde vorgenommen und nur jene Publikationsvenues wurden in die Analyse mitbezogen, die von weltweit „angesehenen“ Informatikerinnen und Informatikern genutzt werden. Eine Liste von Personen wurde basierend auf folgenden Quellen erstellt:

- ACM Turing Award (<https://amturing.acm.org/alphabetical.cfm>)
- Palsberg List (<http://web.cs.ucla.edu/~palsberg/h-number.html>)

Diese Quellen wurden der Arbeitsgruppe „Informatik“ des Österreichischen Wissenschaftsrates von einem internationalen externen Experten als Ausgangspunkt vorgeschlagen. Im Zentrum dieser Einschätzung stehen die Veröffentlichungsvenues, nicht die einzelnen Personen selbst. Dies stellt eine gewisse Qualitätsselektion dar, da Publikationsvenues außerhalb der Kerninformatik bis zu einem gewissen Grad exkludiert werden. Für die Analyse wurden sodann alle Publikationen seit 2010 herangezogen, die

am 3. Mai 2021 im *dblp*-Datensatz²⁶ indiziert waren und in einem der 8.962 Veröffentlichungsvenues erschienen, welcher auch von mindestens drei unterschiedlichen „angesehenen“ Informatikerinnen oder Informatikern genutzt wurde. Hierbei handelt es sich um mehr als 3,4 Millionen Publikationen.

Um eine möglichst objektive und datenbasierende Kategorisierung dieser Publikationen gewährleisten zu können, wurde folgender Weg gewählt: Für alle Publikationen wurde ein Graph erstellt, der eine Verbindung zwischen einer Autorin oder einem Autor und einem Veröffentlichungsvenue mit der Gewichtung n aufweist, wenn die Person n -mal in diesem Venue veröffentlicht hat. Hier muss zusätzlich angeführt werden, dass die Autorenschaft einer Publikation anteilmäßig zwischen den Ko-Autorinnen und -autoren aufgeteilt wurde. Diese Gewichtung fließt in die Berechnung der Anziehungskraft, die jede Autorin bzw. jeder Autor zwischen ihren/seinen Publikationsvenues erzeugt, ein. Die Publikationsvenues können somit nach ihrer Anziehungskraft gruppiert werden. Dieser Prozess führte zu 25 Clustern, welche insgesamt 1.382.500 Publikationen beinhalten. Ein Nachteil dieses datengeleiteten Prozesses der Clustergewinnung liegt darin, dass knapp unter 60% aller Publikationen einem zusätzlichen Cluster „unbekannt“ zugewiesen wurden.

Für jeden dieser Cluster konnte nun die Anzahl der Veröffentlichungen, die von den 1.257 österreichischen Autorinnen und Autoren verfasst wurden, erfasst werden. 1.228 Personen (98%) weisen mindestens eine Veröffentlichung in den festgelegten Veröffentlichungsvenues auf. Die Veröffentlichungen wurden den Autorinnen und Autoren gewichtet zugeteilt. So wurden insgesamt 10.465,8 gewichtete Publikationen von österreichischen Autorinnen und Autoren veröffentlicht. Österreich hat einen Anteil von 0,31 Prozent an allen erhobenen Publikationen. Davon konnten insgesamt 3.808,9 gewichtete Publikationen einem der 25 Cluster zugewiesen werden; dies ergibt einen Anteil von 0,28 Prozent aller einem

Cluster zugewiesenen Veröffentlichungen. 6.656,9 gewichtete Publikationen österreichischer Autorinnen und Autoren wurden einem zusätzlichen Cluster „unbekannt“ zugeordnet, ein Anteil von 0,33 Prozent aller diesem Cluster zugewiesenen Publikationen. Die Tatsache, dass 63% aller erfassten österreichischen Publikationen keinem Cluster zugeordnet werden konnten, ist eine Schwäche dieses Ansatzes und erlaubt daher keine Schlussfolgerung, welche Fachgebiete in Österreich nicht vertreten sind, da sie möglicherweise dem Cluster „unbekannt“ zugeordnet sind.

3.2.2 dblp-Ergebnisse

Trotz der obigen Einschränkungen wird im Folgenden der Fokus auf die in den 25 Clustern enthaltenen Veröffentlichungen gerichtet, welche den gewichteten Publikationsoutput Österreichs ausmachen. Diese 25 Cluster haben einen durchschnittlichen Publikationsoutput von 152,4 Veröffentlichungen. Die Bandbreite variiert jedoch sehr stark zwischen 421 und 21,7. Der Median liegt bei 115,5. Der Anteil der österreichischen Publikationen an allen Publikationen der jeweiligen Cluster reicht von 0,9 bis 0,06 Prozent. Durchschnittlich hat Österreich einen Anteil von 0,37%, der Median liegt bei 0,35. Die Beschriftung der Cluster wurde von einem externen Experten vorgenommen. Dabei wurde die gleiche Einteilung in Fachgebiete wie im vorhergehenden Kapitel verwendet, um einen Vergleich der Ergebnisse der beiden Kapitel zu ermöglichen. Da die Analyse der österreichischen Publikationen in *dblp* jedoch nicht bereits nach Fachgebieten vorselektierte Publikationsvenues zum Ausgangspunkt hatte, decken die Cluster meist weder ein Fachgebiet völlig ab, noch bestehen sie, wie weiter unten deutlich wird, nicht immer nur aus einem Hauptforschungsgebiet. Weiters erscheinen manche Fachgebiete, wie z.B. *Software Engineering*, in mehreren Clustern mit unterschiedlicher österreichischer Beteiligung. Die Cluster beinhalten vielmehr thematisch eng verknüpfte Unterthemen, die ein oder mehrere Fachgebiete betreffen.

Die Ergebnisse wurden nach dem Prozentanteil der österreichischen Publikationen am Gesamtcluster gereiht und nach den folgenden Kriterien gruppiert:²⁷

Gruppe 1: Cluster mit einem österreichischen Publikationsanteil von mindestens 0,6 Prozent; blaue Schattierung in Tabelle 4.

Gruppe 2: Cluster mit einem österreichischen Publikationsanteil von über 0,35 Prozent und weniger als 0,6 Prozent; hellblaue Schattierung.

Gruppe 3: Cluster mit einem österreichischen Publikationsanteil von mindestens 0,2 Prozent und weniger als 0,35 Prozent; orange Schattierung.

Gruppe 4: Cluster mit einem österreichischen Publikationsanteil geringer als 0,2 Prozent; hellorange Schattierung.

Tabelle 4 (unten) ermöglicht eine Übersicht über die Cluster und deren Zuordnung zu den vier Gruppen.

Cluster		P[AT]	P[Cluster]	%AT
Gruppe 1	Algorithms & Complexity	239,8	26.593	0,90
	Computer Security, Cryptography	261,7	31.709	0,83
	Programming Languages, Logic & Verification, Software Engineering	268,2	34.519	0,78
	Software Engineering, Visualization	67,9	9.619	0,71
	Visualization, Computer Vision, Computer Graphics	212,0	33.561	0,63
Gruppe 2	Computer Vision, Human-Computer Interaction	421,0	83.013	0,51
	Artificial Intelligence, Economics & Computation	115,5	23.236	0,50
	Databases	237,5	51.771	0,46
	Software Engineering, Human-Computer Interaction	218,3	52.891	0,41
	The Web & Information Retrieval, Machine Learning & Data Mining	258,8	64.377	0,40
	Computer Architecture, High-Performance Computing, Embedded & Real-Time Systems	94,5	24.703	0,38
	Design Automation	172,3	45.047	0,38

Gruppe 3	Comp. Bio & Bioinformatics, Operating Systems, Theory, Programming Languages, Mixed	238,2	68.136	0,35
	Operating Systems, Mobile Computing, High-Performance Computing, Mixed	103,1	33.967	0,30
	Software Engineering, Artificial Intelligence, Mixed	21,7	8.569	0,25
	Robotics, Machine Learning & Data Mining	132,5	55.281	0,24
	Operating Systems, Computer Networks, Measurement & Performance Analysis, Mobile Computing	54,3	24.209	0,22
Gruppe 4	Multimedia, Human-Computer Interaction, Mixed	78,1	45.801	0,17
	Comp. Bio & Bioinformatics, Human-Computer Interaction	79,3	48.913	0,16
	Human-Computer Interaction, Operating Systems, High-Performance Computing	80,6	51.192	0,16
	Mobile Computing	111,5	92.417	0,12
	Natural Language Processing	57,2	60.181	0,10
	Operating Systems, Mixed	92,4	117.485	0,08
	Software Engineering, Economics & Computation, Mixed	49,2	62.309	0,08
	Operating Systems, Human-Computer Interaction, Mixed	143,3	233.001	0,06
		3.808,9	1.382.500	0,37
		Gesamt	Gesamt	Durchschnitt

Tabelle 4: Österreichische Publikationen in dblp nach Clustern: Publikationsoutput Österreichs (P(AT)), Publikationsoutput der Cluster (P(Cluster)), und Anteil der österreichischen Publikationen am Cluster (% AT); sortiert nach % AT

Trotz der erwähnten Schwächen kann man die folgenden Beobachtungen anstellen. Es gibt einen oder mehrere Cluster mit einem hohen österreichischen Publikationsanteil in:

- allen Fachgebieten des Hfb **Theorie**
- den meisten Fachgebieten des Hfb **Systeme**, genauer *Computer Architecture; Computer Security; Databases; Design Automation; Embedded & Realtime Systems; High-performance Computing; Programming Languages* und *Software Engineering*
- den meisten Fachgebieten des Hfb **KI**: *Artificial Intelligence; Computer Vision; Machine Learning & Data Mining* und *The Web & Information Retrieval*
- den meisten Fachgebieten des Hfb **Interdisziplinäre Bereiche**: *Visualization; Computer Graphics; Economics & Computation* und *Human-Computer Interaction*

Es gibt einen oder mehrere Cluster mit einem eher geringen österreichischen Publikationsanteil für:

- *Computer Networks; Measurement & Performance Analysis; Mobile Computing* und *Operating Systems* (Hfb **Systeme**)
- *Natural Language Processing* (Hfb **KI**)
- *Comp. Bio. & Bioinformatics* und *Robotics* (Hfb **Interdisziplinäre Bereiche**)

Allerdings soll an dieser Stelle erinnert werden, dass dies nicht per se bedeutet, dass es in Österreich wenig Forschung auf diesen Gebieten gibt, da der Cluster „unbekannt“ 63% der Publikationen enthält. Die Ergebnisse überschneiden sich jedoch stark mit jenen von *CSRankings*. Auch dort scheinen diese Fachgebiete mit geringerer Aktivität auf, mit Ausnahme von *Measurement & Performance Analysis* und *Robotics*.

3.2.3 Fazit der dblp-Analyse

Die beiden aktivsten Cluster auf globaler Ebene fallen in den zentralen Bereich *Operating Systems*, gefolgt von *Mobile Computing* und *Computer Vision*. Österreich hingegen ist am aktivsten in den Gebieten der **Theorie** (*Algorithms & Complexity; Cryptography* und *Logic & Verification*), aber auch in den Fachgebieten *Computer Graphics; Computer Security; Computer Vision; Programming Languages; Software Engineering* und *Visualization*. Im Vergleich zu den Ergebnissen der *CSRankings*-Analysen ist festzustellen, dass die österreichische Informatik sehr wohl im Bereich *Operating Systems* aktiv ist, allerdings wird hier nicht in den führenden Konferenzen veröffentlicht. Daher kann resümiert werden, dass die österreichische Informatik in allen 26 Forschungsbereichen von *CSRankings* aktiv ist und publiziert.

Die Analyse ist Autorinnen- und Autoren-zentriert und nicht publikationszentriert. Dies bringt einige Limitierungen mit sich. So kann ein gewisser Grad an „Publikations-Poaching“ nicht ausgeschlossen werden, da (internationale) Mobilität ein wichtiger Teil in der Wissenschaft ist und die Informatik diesbezüglich keinesfalls eine Ausnahme darstellt. Dies ist besonders bei Nachwuchsforscherinnen und -forschern problematisch, weil sie innerhalb des Analysezeitraums eher als andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mehreren Institutionen (Doktorat, PostDoc, Berufung) angehören können und dies oft auf internationaler Ebene. Die Erhebung kann dies jedoch nicht berücksichtigen. Da hier nur Österreich gesamt betrachtet wird, fällt nur die internationale Mobilität ins Gewicht; internationale Wissenschaftlerinnen kommen teilweise mit einer beachtlichen internationalen Publikationsliste, die jedoch als Ganzes der österreichischen Informatik zugerechnet wird. Gleichfalls fehlen Publikationen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die kurz vor der Erhebung Österreich verlassen haben.

Auch handelt es sich bei dieser Betrachtung um eine reine Erhebung des Publikationsoutputs. Dieser ist natürlich auch größenabhängig; Länder mit mehr Informatikerinnen und Informatikern werden einen größeren Output erzielen. Aussagen über den Impact der Veröffentlichungen sind ebenfalls nicht möglich. Das folgende Kapitel stellt eine zusätzliche Perspektive dar, die manche dieser Limitierungen adressiert, aber auch ihre eigenen aufweist.

3.3 Web of Science

3.3.1 Methodische Hintergründe der Web of Science-Analyse

Die bisher präsentierten Analysen ermöglichen Aussagen über den Publikationsoutput Österreichs. Sie erlauben jedoch keine darüberhinausgehenden Einsichten. Eine an die Fachdisziplin angepasste, reflektierte und offen durchgeführte bibliometrische Analyse, begleitet und interpretiert von Expertinnen und Experten, sowohl der Bibliometrie als auch von der Fachdisziplin selbst, kann Erkenntnisse über die Publikationsaktivität hinausgehend ermöglichen: Eine derartige Analyse erlaubt Aussagen über den Impact der Veröffentlichungen. Der Österreichische Wissenschaftsrat beauftragte daher in 2019 CWTS Leiden mit einer bibliometrischen Analyse und verfolgte mit dieser auch das Ziel, die Weiterentwicklungen, Grenzen und Möglichkeiten der Bibliometrie an einer Disziplin zu erkunden.²⁸

Die Bibliometrie gewinnt in Österreich, ebenso wie in weiten Teilen der Welt, zunehmend an Bedeutung. Da in der Informatik oftmals Journal-Publikationen als weniger gewichtig bewertet werden als Konferenzbeiträge, durchlief die Studie von 2019 zwei Schritte: der erste basierte ausschließlich auf Zeitschriften- und Reviewartikel der sieben *Web of Science* (WoS) *computer science subject categories*, der zweite auf Daten aus dem *WoS Conference Proceedings Citation Index* (CPC-Index). Der CPC-Index wurde von CWTS bis dato nicht standardmäßig für

bibliometrische Analysen verwendet, da er im Vergleich zu den anderen WoS-Daten noch relativ unausgereift war. Daher wurden für diese Studie Tagungsbeiträge von ausgewählten Informatik-Fachtagungen und -Konferenzen aus dem CPC-Index eingebunden. Eine Liste mit den wichtigsten Konferenzen, angeführt auf www.csranks.org, sowie mit weiteren Konferenzen wurde CWTS von externen Expertinnen und Experten bereitgestellt.

Die Ergebnisse der Studie wurden im Rahmen der Tagung des Österreichischen Wissenschaftsrates „Informatik in Österreich: Perspektiven und Strategien“ im November 2019 präsentiert.²⁹ Hier durchliefen sie eine fachkritische Feedbackschleife durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Es zeigte sich, dass sich die Vertreterinnen und Vertreter der österreichischen Informatik nicht wirklich in den Ergebnissen wiederfanden; insbesondere nicht in den *Strength, Potential and Risk* (SPR)-Analysen, welche nur auf den Zeitschriften- und Reviewartikeln basierten. Eine vergleichbare Analyse war jedoch mit den Daten der Konferenzbeiträge nicht möglich. Auch war der Vergleich zwischen den beiden Datensätzen nur limitiert und mit einer gewissen Vorsicht möglich. Die Kombination der beiden Datensätze war ausgeschlossen, solange der CPC-Index nicht in das CWTS-eigene Kategorisierungssystem integriert war.

Die Integration des CPC-Index wurde Anfang 2020 erfolgreich abgeschlossen, und eine Überarbeitung der Studie wurde im Sommer 2020 mit diesem integrierten Datensatz in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse der überarbeiteten Analyse sowie die methodische Herangehensweise werden im Folgenden präsentiert.

Die Abgrenzung des Feldes Informatik (*computer science*) über die WoS *subject categories* wurde 2019 als zu weitgefasst bewertet. Daher versuchte die Arbeitsgruppe „Informatik“ in enger Zusammenarbeit mit einem externen Experten aus dem Bereich Informatik und CWTS eine neue Methode der Feldabgrenzung zu

finden. Versuche, die Veröffentlichungsvenues manuell oder automatisiert einzuschätzen, schlugen fehl. Daher wurde eine Vorgehensweise bestehend aus fünf aufeinander aufbauenden Schritten entwickelt:

- I. Anfänglich wurde eine Liste mit weltweit „angesehenen“ Informatikerinnen und Informatikern erstellt. Folgende Quellen wurden der Arbeitsgruppe „Informatik“ des Österreichischen Wissenschaftsrates von einem internationalen externen Experten als Ausgangspunkt vorgeschlagen:
 - ACM Turing Award (<https://amturing.acm.org/alphabetical.cfm>)
 - Palsberg List (<http://web.cs.ucla.edu/~palsberg/h-number.html>)
- II. Erhebung aller Publikationen (mehr als 188.000) dieser anerkannten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Informatik ab dem Jahr 2000.
- III. Darauffolgend wurde erhoben, in welchen WoS *subject categories* diese Publikationen erschienen. WoS hat insgesamt 254 *subject categories*. Die über 188.000 Publikationen verteilten sich auf 235 der WoS-Kategorien. Dies ist ein starkes Indiz dafür, dass die Disziplin Informatik hochgradig interdisziplinär arbeitet und eine klare Feldabgrenzung nahezu unmöglich ist. Es wurde entschieden, die Analyse auf jene Kategorien zu beschränken, die über 5.000 der erhobenen Publikationen beinhalteten. Dies führte zu sieben WoS *subject categories*:
 - Computer Science, Artificial Intelligence
 - Computer Science, Hardware & Architecture
 - Computer Science, Information Systems
 - Computer Science, Software Engineering

- Computer Science, Theory & Methods
- Engineering, Electrical & Electronic
- Telecommunications

Das WoS-Kategorisierungssystem basiert auf der Einteilung ganzer Journals und Proceedings. Diese sieben WoS-Kategorien enthielten über 3.880.900 Publikationen, die sogenannten *seed publications*; von diesen sind dennoch einige nicht direkt relevant für die Informatik. Diese galt es zu reduzieren, um die Aussagekraft der Analyse zu erhöhen.

- IV. Hierfür wurden alle *seed publications* innerhalb des publikationsbezogenen Kategorisierungssystems des CWTS verortet. Dieses Kategorisierungssystem basiert auf einer netzwerkanalytischen Untersuchung aller in der WoS-Datenbank erfassten Zeitschriftenartikel, Reviews und Konferenzbeiträge sowie deren Zitationsbeziehungen zwischen 2000-2019. Das CWTS-Kategorisierungssystem erfuhr seit der Integration des Proceedings-Index eine Überarbeitung und besteht nun aus drei Ebenen. Die Top-Ebene umfasst 25 Cluster, welche größere Forschungsfelder oder Disziplinen repräsentieren. Die zweite Ebene enthält rund 800 Cluster; diese wiederum können als Sub-Forschungsfelder angesehen werden. Ebene drei ist die feingliedrigste mit 4.013 Clustern, die Mikrogebiete.

Die *seed publications* scheinen in 3.888 Clustern der dritten Ebene des CWTS-Kategorisierungssystems auf, sie verteilen sich also nahezu über die gesamte Wissenschaftslandschaft.

- V. Daher wurde eine Selektionsschwelle gesetzt, um einen Cluster in diese Analyse einzubeziehen: mindestens 10% der Publikationen eines Clusters müssen *seed publications* sein. Da es das zentrale Ziel der hier präsentierten Analyse

ist, die rezenten Stärken der österreichischen Informatik aufzuzeigen, wurden nur Publikationen der Jahre 2015-2019 berücksichtigt. Diese beiden Eingrenzungen führten zu 836 Clustern mit insgesamt 319.921 Veröffentlichungen, den Studienpublikationen.

Diese Studienpublikationen und deren Zitationen bis Ende 2019 stellen die Datengrundlage der bibliometrischen Analyse dar. Selbstzitationen wurden von CWTS entfernt und die Publikationsdaten mit dem CWTS-Kategorisierungssystem abgestimmt. Dies bedeutet, dass jede Studienpublikation einer bestimmten Autorin oder einem bestimmten Autor zugewiesen wird, ebenso wird die institutionelle und nationale Zugehörigkeit bestimmt. Die Autorenschaft wurde auf zwei Arten gezählt: der Publikationsoutput P beruht auf dem Vollzählverfahren; dies bedeutet, dass gemeinschaftlich verfasste Publikationen sowohl für Land/Einrichtung A, als auch Land/Einrichtung B voll gezählt wird. Alle anderen Indikatoren basieren auf dem Bruchzählverfahren; hier werden gemeinschaftlich verfasste Publikationen anteilmäßig gewichtet.

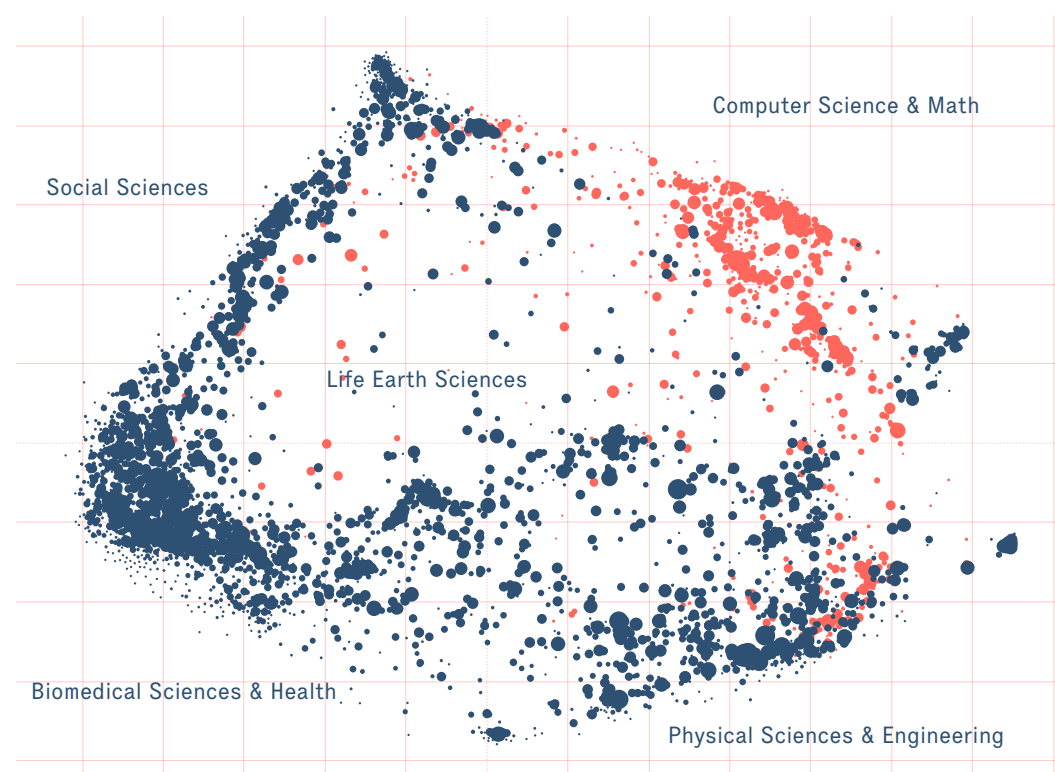


Abbildung 1: Verortung der Studienpublikationen (orange) im gesamten CWTS-Kategorisierungssystem (blau)

Abbildung 1 verortet die 319.921 Studienpublikationen in der Wissenschaftslandschaft des CWTS-Kategorisierungssystems, indem sie jene Cluster mit Studienpublikationen orange darstellt. Viele der Cluster in *Computer Science & Maths* erscheinen orange, aber die Studienpublikationen sind in allen Disziplinen zu finden, besonders auch in *Physical Sciences & Engineering* und in *Social Sciences*. Die verwobene Geschichte der Informatik mit diesen Disziplinen und die anhaltende Bedeutung der Zusammenarbeit spiegeln sich bis zu einem gewissen Grad in Abbildung 1 wider. Die Abbildung deutet jedoch auch darauf hin, dass die Ergebnisse mit einem gewissen Maß an Vorsicht bzw. Vorbehalt behandelt werden sollten und eine kritische, aber dennoch offene Herangehensweise nötig ist.

Die orange-markierten Kreise in Abbildung 1 stellen die Verortung *aller* Studienpublikationen innerhalb des CWTS-Kategorisierungssystems dar. Nimmt man eine derartige Verortung der österreichischen Studienpublikationen vor, führt dies zu einem sehr ähnlichen Bild, lediglich mit kleineren Kreisen, da deren Größe auch die Größe (Anzahl der Publikationen) eines Clusters repräsentiert.

Der Verortung der Studienpublikationen innerhalb des CWTS-Kategorisierungssystems kommt auch im Rahmen der bibliometrischen Analyse eine zentrale Rolle zu, da sie die Verwendung von normalisierten Indikatoren ermöglicht. Normalisierte Indikatoren weisen einige Vorteile auf: sie sind größenunabhängig, Ausreißerpublikationen mit sehr vielen Zitationen haben eine geringere verzerrende Wirkung, neuere Publikationen erfahren keine Benachteiligung und die interdisziplinäre Vergleichbarkeit ist besser gegeben.

Ein in dieser Analyse angewandter normalisierter Indikator ist der *Mean Normalized Citation Score* (MNCS). Er wird als einer der zentralen Indikatoren wissenschaftlichen Impacts angesehen und gibt den durchschnittlichen Impact einer Analyseeinheit (z.B. eines Landes, einer Universität oder Einzelperson) an, normalisiert für disziplinäre Unterschiede und Publikationsalter. Ein MNCS von 1,4 oder größer wird dabei als sehr gutes Ergebnis angesehen, da dies bedeutet, dass der Impact 40% über dem durchschnittlichen Impact liegt. Da es sich, wie bei allen normalisierten Indikatoren, um einen größenunabhängigen Indikator handelt, kompensiert er für die relative institutionelle und personelle Überschaubarkeit der österreichischen Informatik im Vergleich zu Ländern wie Deutschland, Großbritannien oder Israel. Dieser Indikator lässt eine Verortung der österreichischen Informatik im Vergleich zum internationalen Durchschnitt zu. Natürlich ist der Publikationsoutput Österreichs ebenfalls von Interesse, ebenso die Anzahl der Publikationen unter den meistzitierten Veröffentlichungen sowie die Anzahl der Veröffentlichungen entstanden in unterschiedlichen Kooperationen. Tabelle 5 bietet eine Übersicht über die verwendeten *key performance indicators* (KPI) und deren Bedeutung.

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse der bibliometrischen Analyse der österreichischen Studienpublikationen im internationalen Vergleich in drei Teilen präsentiert: der erste beleuchtet die *key*

performance indicators der Vergleichsländer. Darauf folgt eine vergleichende Betrachtung der KPI der Vergleichsländer von Journals und Proceedings. Der dritte Teil lenkt das Augenmerk auf Österreich.

Indikator	Kurzbeschreibung
P	Anzahl der Publikationen eines Landes oder einer Universität (Publikationsoutput).
MNCS	<i>Mean Normalized Citation Score</i> : Gibt den durchschnittlichen wissenschaftlichen Impact eines Landes oder einer Forschungseinheit an, normalisiert für disziplinäre Unterschiede und Publikationsalter. Ein MNCS über/unter 1 deutet auf einen über-/unterdurchschnittlichen Impact hin.
P (top10%)	Anzahl der Publikationen unter den 10% meistzitierten Publikationen in deren jeweiligen Disziplinen des CWTS-Kategorisierungssystems im selben Publikationsjahr. Hierzu werden alle Publikationen der jeweiligen Disziplinen des CWTS-Kategorisierungssystems des selben Publikationsjahres nach Zitationen gereiht und die Anzahl der Publikationen eines Landes oder einer Forschungseinheit unter den 10% der meistzitierten Publikationen erhoben.
PP (top10%)	Anteil der P(top10%)-Publikationen einer Analyseeinheit an allen dessen Publikationen. Dieser Indikator ist größenunabhängig. Ein PP(top10%) über/unter 0,10 deutet auf einen über-/unterdurchschnittlichen Impact hin.
PP (collab)	Anteil der Publikationen einer Analyseeinheit publiziert in Ko-Autorenschaft mit Personen von anderen Einrichtungen; größenunabhängiger Indikator.
PP (int collab)	Anteil der Publikationen einer Analyseeinheit mit internationaler Kooperation; größenunabhängiger Indikator.
PP (industry)	Anteil der Publikationen einer Analyseeinheit mit Autorinnen und Autoren aus der Industrie; größenunabhängiger Indikator.

Tabelle 5: Übersicht über die verwendeten Indikatoren

3.3.2 Web of Science-Ergebnisse

Internationaler Vergleich

Tabelle 6 ermöglicht den Überblick über die KPI der 11 Vergleichsländer und verortet Österreich im internationalen Kontext. Betrachtet man den Publikationsoutput P, ein größenabhängiger Indikator, so stechen Großbritannien und Deutschland klar hervor; mit je über 90.000 Publikationen steuern diese beiden Länder mehr als die Hälfte der Publikationen bei. Betrachtet man die restlichen neun Vergleichsländer, so reicht die

Publikationsbreite von 10.582 (Norwegen) bis 27.512 (Niederlande). Österreich befindet sich im unteren Mittelfeld, zusammen mit Finnland (15.572 und 15.821 Publikationen respektive).

Die restlichen Indikatoren der Tabelle sind alle größenunabhängig und erlauben eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Ländern. Es zeigt sich ein interessantes Ergebnis: die Vergleichsländer sind einander überraschend ähnlich und die Schweiz sticht bei fast allen Indikatoren hervor.

Land	P	PP [collab]	PP [int collab]	PP [industry]	MNCS	PP [top 10%]
Schweiz	23.474	0,74	0,65	0,17	1,67	0,18
Dänemark	14.714	0,71	0,63	0,11	1,41	0,15
Niederlande	27.512	0,74	0,60	0,14	1,40	0,14
Großbritannien	99.019	0,73	0,62	0,09	1,39	0,14
Belgien	17.856	0,75	0,61	0,12	1,33	0,14
Finnland	15.821	0,71	0,58	0,12	1,30	0,13
Schweden	22.933	0,72	0,59	0,17	1,29	0,14
Israel	13.443	0,63	0,50	0,13	1,27	0,13
Österreich	15.572	0,70	0,56	0,14	1,27	0,13
Deutschland	98.813	0,64	0,45	0,14	1,26	0,13
Norwegen	10.582	0,71	0,58	0,09	1,21	0,13

Tabelle 6: Key performance indicators der 11 Vergleichsländer der Jahre 2015-2019; sortiert nach MNCS; orange Einfärbung: Top Land des jeweiligen Indikators

Die folgenden drei Indikatoren der Tabelle beziehen sich alle auf die Ko-Autorenschaften der Publikationen der Vergleichsländer. PP(collab) zeigt, dass das gemeinschaftliche Verfassen von Publikationen mit Personen außerhalb der eigenen Einrichtung in allen Ländern ein fester Bestandteil der Arbeitsweise ist. Hier reichen die Anteile von 63% (Israel) bis zu 75% in Belgien. Österreich befindet sich, zusammen mit den bereits erwähnten Ländern Israel und Deutschland (64%) im Schlussbereich, setzt sich von diesen beiden Ländern mit einem Anteil von 70% jedoch etwas ab und steht den anderen Ländern näher. Internationale Kooperationen fallen zwar bereits um einige Prozentpunkte niedriger aus, bei fast allen Ländern werden dennoch mehr als die Hälfte der Publikationen mit mindestens einer internationalen Kollegin oder einem Kollegen verfasst. Auch hier bilden Deutschland (45%), Israel (50%) und Österreich (56%) das Schlusslicht. Die Länder mit dem größten Anteil an internationalen Kooperationen sind die Schweiz (65%), Dänemark (63%) und Großbritannien (62%). Gemeinschaftliche Publikationen mit Vertreterinnen und Vertretern der Industrie (PP(industry)) fallen in allen Vergleichsländern bei Weitem geringer aus. Hier reichen die Anteile von 9% aller Publikationen in Großbritannien und Norwegen bis zu 17% in Schweden und der Schweiz. Deutschland, die Niederlande und Österreich folgen diesen beiden Ländern mit 14%.

Die beiden letzten Indikatoren der Übersichtstabelle, MNCS und PP (top10%), stellen Repräsentanten des Impacts der Publikationen eines Landes dar. Beide sind zwar größenunabhängig und normiert, dennoch ist der MNCS anfällig für Ausreißerpublikationen, da er den Durchschnitt angibt. Beim PP (top10%)-Indikator ist dies nicht der Fall. In der Kombination der beiden Indikatoren zeigt sich, dass alle Länder einen überdurchschnittlich hohen Impact haben und dass Ausreißerpublikationen in keinem der Länder einen großen Einfluss auf den Wert des MNCS haben. Alle Vergleichsländer haben einen Anteil an den Top 10% der meistzitierten

Publikationen zwischen 13 (Deutschland, Finnland, Israel, Norwegen und Österreich) und 18 Prozent (Schweiz). Die Schweiz hebt sich hier klar von den anderen Ländern ab. Dänemark folgt mit 15%. Der MNCS gibt an, wie der Impact eines Landes im Vergleich zum Weltdurchschnitt (angegeben durch den Wert 1) liegt. Alle Länder liegen weit über dem Weltdurchschnitt, jedoch ist hier die Bandbreite besonders groß. Norwegen liegt 21% über dem Weltdurchschnitt, gefolgt von Deutschland (26%), Israel und Österreich mit je 27% und Schweden (29%). Drei Länder liegen 40% und mehr über dem Weltdurchschnitt, was eine sehr gute Leistung darstellt: Niederlande (40%), Dänemark (41%) und mit einem großen Abstand die Schweiz (67%). Allerdings liegt der Anteil an den Top 10% der meistzitierten Publikationen für die Niederlande und Dänemark mit 14% und 15% nicht wesentlich höher als bei den anderen Ländern mit Ausnahme der Schweiz; der PP (top 10%) Indikator hebt sich mit 18% etwas ab.

Internationaler Vergleich Journals und Proceedings

Bisher wurden Publikationen in Journals und Proceedings gemeinsam beleuchtet. In den meisten Ländern überwiegt jedoch die Zahl der Publikationen in Journals, in Großbritannien ist dies am stärksten der Fall (60% Journal). Bei den meisten anderen Vergleichsländern liegt deren Anteil zwischen 59% und 52%. Lediglich in Deutschland überwiegen Proceedings relativ eindeutig (53% Proceedings). In Österreich sind beide Publikationswege so gut wie gleich häufig in den Studienpublikationen vertreten. Es ergeben sich bei einer genaueren Betrachtung jedoch einige Unterschiede zwischen den beiden Publikationsformen.

Ein Trend ist allen Vergleichsländern gleich: Journalbeiträge entstehen eher in Kooperation. Dies ist der Fall sowohl mit Autorinnen und Autoren außerhalb der eigenen Institution, als auch auf internationaler Ebene, jedoch mit der interessanten Ausnahme hinsichtlich

der Zusammenarbeit mit der Industrie, die in Publikationen in Proceedings stärker ausgeprägt ist. Bei den Indikatoren PP(collab) und PP(int collab) fallen die Unterschiede bei Weitem bezeichnender aus. So liegen die Werte der beiden Indikatoren bei Proceedings in den meisten Ländern um 10 bis 15 Prozentpunkte niedriger. In manchen Ländern ist die Differenz noch ausgeprägter. In Deutschland sind die Werte um 19% bzw. 21% niedriger. Die Zusammenarbeit mit der Industrie ist bei Proceedings zwar häufiger gegeben, die Unterschiede sind jedoch nicht derart stark und liegen um bis zu 5 Prozentpunkte höher. Israel sticht bei allen drei Indikatoren der Zusammenarbeit hervor. Bei PP(collab) und PP(int collab) ist der Abstand zwischen Journals und Proceedings um ein Vielfaches geringer als bei anderen Ländern. So sind deren Werte bei Proceedings nur um 6 bzw. 5 Prozentpunkte niedriger. Bei PP(industry) ist der Anteil bei Proceedings wiederum um 9% höher. Hier muss jedoch festgehalten werden, dass der Anteil kooperativ entstandener Publikationen in Israel bei Journals vergleichsweise niedrig ist.

Bei den Indikatoren des Impacts sind die Entwicklungen in den Vergleichsländern weniger einheitlich; dennoch kann so manche generelle Aussage getroffen werden. Die Anteile an den Top 10% der meistzitierten Publikationen unterscheiden sich zwischen Publikationen in Journals und Proceedings wenig. Variationen rangieren zwischen einem Rückgang von einem Prozentpunkt (Dänemark, Finnland und Großbritannien) bis zu einem Plus von 3 Prozentpunkten (Belgien und Schweiz). Auch bei diesem Indikator hebt sich Israel etwas vom generellen Trend ab. In diesem Vergleichsland ist der Wert des PP (top10%) Indikators bei Proceedings um 5% höher.

Beim MNCS gibt es einen generellen Trend, der auf fast alle Vergleichsländer zutrifft: er ist bei Proceedings höher als bei Journals. Dieser Trend hinsichtlich des MNCS ist jedoch nicht in allen Ländern gleich stark ausgeprägt (siehe Tabelle 7 unten). Bei vier

Vergleichsländern ist der Proceedings-MNCS zwischen einem und sechs Prozentpunkten erhöht: Finnland und Großbritannien über Schweden (+2%) und Österreich. Die restlichen Länder weisen Zuwächse zwischen 12 und 41 Prozentpunkten auf. Drei stechen hier besonders hervor: erneut Israel, dessen Journal-MNCS bei lediglich 10% über dem Weltdurchschnitt liegt, jener der Proceedings bei 51%. Das zweite interessante Vergleichsland ist die Schweiz, dessen Journal-MNCS bereits 52% über dem Weltdurchschnitt liegt, Proceedings jedoch 87% über dem Weltdurchschnitt. Und letztlich Belgien: 19% bei Journals versus 51% bei Proceedings. Die Ausnahmen zu diesem Trend bilden Dänemark und Norwegen. In diesen beiden Vergleichsländern ist der Proceedings-MNCS um 2 bzw. 5 Prozentpunkte niedriger. Dänemarks Journal-MNCS liegt aber bereits bei beachtlichen 42% über dem Weltdurchschnitt, Norwegens bei 23%.

Österreich

Österreich wurde bereits im internationalen Vergleich verortet. Der folgende Abschnitt beleuchtet die bibliometrischen Ergebnisse des Landes etwas genauer. In Österreich weisen Journals und Proceedings ein relativ ausgewogenes Verhältnis auf und es finden sich ähnliche Trends wie für alle Vergleichsländer. Tabelle 8 unten ermöglicht einen Überblick über die Indikatoren unterschieden nach Journals und Proceedings. Diese sind in Österreich zwar weniger stark ausgeprägt als in manch anderen Ländern, die Bedeutung der Konferenzbeiträge sollte in Österreich dennoch keineswegs unterschätzt werden.

Land	MNCS [journals]	MNCS [proceedings]	Differenz	Gesamt	Anteil Proceedings
Israel	1,10	1,51	0,41	1,27	41%
Schweiz	1,52	1,87	0,35	1,67	45%
Belgien	1,19	1,51	0,32	1,33	43%
Niederlande	1,30	1,55	0,25	1,40	42%
Deutschland	1,20	1,32	0,12	1,26	53%
Österreich	1,24	1,30	0,06	1,27	50%
Schweden	1,28	1,30	0,02	1,29	46%
Großbritannien	1,38	1,39	0,01	1,39	40%
Finnland	1,30	1,31	0,01	1,30	46%
Dänemark	1,42	1,40	-0,02	1,41	45%
Norwegen	1,23	1,18	-0,05	1,21	48%

Tabelle 7: MNCS der Vergleichsländer der Jahre 2015-2019: Journals, Proceedings und Gesamt; sortiert nach Differenz zwischen MNCS(proceedings) und MNCS(journals)

Indicator	Journal	Proceedings	Differenz	Gesamt
P	7.772	7.800	28	15.572
PP(collab)	0,77	0,63	-0,14	0,70
PP(int collab)	0,66	0,47	-0,19	0,56
PP(industry)	0,13	0,16	0,03	0,14
MNCS	1,24	1,30	0,06	1,27
P(top10%)	1.003	1.030	27	2.033
PP(top10%)	0,13	0,13	0	0,13

Tabelle 8: Key performance indicators Österreichs der Jahre 2015-2019; nach Journal, Proceedings, Differenz (Proceedings-Journals) und Gesamt

Ein Blick auf die Entwicklung der KPI Österreichs in Tabelle 9 zeichnet ein variables Bild. Vorab soll jedoch festgehalten werden, dass 2019 hier nicht aufgeführt wird, da der Publikationsoutput P in diesem Jahr weit unter dem zu erwartenden Wert liegt. Dies ist womöglich darauf zurückzuführen, dass die Indexierung der Proceedings in WoS weitaus langsamer verläuft und die Daten für 2019 nicht vollständig sind.

Der Publikationsoutput erreichte in Österreich 2016 mit knapp über 3.500 Publikationen den Höhepunkt, er sank in den beiden darauffolgenden Jahren jedoch unter das Niveau

von 2015 und erreichte 2018 3.028 Publikationen. Der Anteil an kooperativ entstandenen Publikationen war bis 2018 gestiegen. Der wissenschaftliche Impact der österreichischen Publikationen fluktuierte zwischen 2015-2017 leicht, sank im Jahr 2018 allerdings auf einen Tiefstand von 27% über dem Weltdurchschnitt. Der PP(top 10%) blieb relativ stabil zwischen 12% und 14%.

Indicator	2015	2016	2017	2018
P	3.296	3.502	3.321	3.028
PP(collab)	0,66	0,69	0,69	0,72
PP(int collab)	0,53	0,56	0,55	0,58
PP(industry)	0,14	0,15	0,15	0,15
MNCS	1,31	1,29	1,30	1,27
P(top10%)	468	431	450	394
PP(top10%)	0,14	0,12	0,14	0,13

Tabelle 9: Key performance indicators Österreichs: eine Trendanalyse der Jahre 2015-2018

Einrichtung	P	PP [int collab]	PP [industry]	MNCS
Technische Universität Wien	4.040	0,53	0,09	1,22
Technische Universität Graz	1.861	0,47	0,15	1,56
Johannes Kepler Universität Linz	1.759	0,46	0,16	1,03
Universität Wien	1.274	0,61	0,04	1,25
Universität Innsbruck	702	0,61	0,08	1,23
Austrian Institute of Technology	664	0,50	0,15	1,57
Universität Klagenfurt	497	0,49	0,11	1,11
Universität Salzburg	425	0,58	0,05	1,17
Österreichische Akademie der Wissenschaften	407	0,60	0,08	1,13
IST Austria	370	0,82	0,07	1,42
Österreich gesamt	15.572	0,56	0,14	1,27

Tabelle 10: Zentrale Indikatoren der Top 10 österreichischen Einrichtungen nach Publikationsoutput (P) der Jahre 2015-2019 sowie Österreich gesamt; Sortierung nach P

Tabelle 10 ermöglicht einen genaueren Einblick in die Gegebenheiten der Top 10 österreichischen Einrichtungen, basierend auf dem Publikationsoutput P. Gesamtbetrachtet steuern diese 10 Einrichtungen rund 77% der Studienpublikationen Österreichs bei. Hier ist klar ersichtlich, die Größe der Einrichtung spielt, wie bei den Vergleichsländern, eine große Rolle, da der Indikator P größenabhängig ist. Die Technische Universität Wien (TU Wien) trägt mit etwas mehr als 4.000 Publikationen rund ein Viertel des gesamten Publikationsoutputs Österreichs bei und rund ein Drittel der Publikationen der Top 10 österreichischen Einrichtungen. Betrachtet man nun die einzelnen Indikatoren, so stellt sich ein variables Bild

dar. Dabei fällt auf, dass die TU Wien überall unter den österreichischen Gesamtwerten liegt. Dies ist beim Anteil der Publikationen mit internationalen Kollaborationen (53%) oder mit jenen mit der Industrie (9%) stärker ausgeprägt als beim Impact-Indikator MNCS. Hier liegt die TU Wien zwar 22% über dem Weltdurchschnitt, aber unter dem Wert Österreichs gesamt (27%).

Das Austrian Institute of Technology (AIT) und die Technische Universität Graz (TU Graz) weisen mit Abstand den höchsten Impact auf; 57% und 56% respektive über dem Weltdurchschnitt. Dieses Ergebnis überrascht viele Vertreterinnen und Vertreter der Informatik, da das AIT kaum als Informatikinstitut bekannt ist und auch keinerlei ERC-Grants auf diesem Gebiet aufweist. Eine genauere Analyse der Daten zeigt, dass das AIT in manchen Teilbereichen der Kerninformatik Publikationen mit einem hohen Impact hat (z.B. in *Computer Security* und *Mobile Computing*), viele der Studienpublikationen, die für den hohen MNCS-Wert des AIT mitverantwortlich sind, stammen jedoch aus Bereichen der Elektrotechnik, den Sozialwissenschaften und dem Gesundheitsbereich. Dies ist, wenn man die Verteilung der Studienpublikationen in der Wissenschaftslandschaft in Erinnerung ruft, nicht überraschend. Bei allen Einrichtungen sind ebenfalls Studienpublikationen außerhalb der Informatik zu finden, jedoch weist das AIT einen starken Überhang auf. Betrachtet man die Cluster mit einem hohen MNCS der anderen Einrichtungen, so können vereinzelte, meist eher kleine Cluster mit einem oder zwei Papers, festgestellt werden, die außerhalb der Informatik bzw. außerhalb der angewandten Informatik liegen, der Großteil der Cluster mit einem hohen MNCS liegt aber in der Informatik.

Das IST Austria weist ebenfalls einen sehr hohen MNCS (42% über dem Weltdurchschnitt) auf. Dieses relativ kleine Institut hat den niedrigsten Publikationsoutput, auch ist der Anteil der kollaborativen Publikationen mit der Industrie sehr niedrig (7%), und wenig überraschend weist das IST Austria einen ausgesprochen hohen PP(int collab) Wert auf. Mehr als 4 von 5 Publikationen wurden in Kooperation mit internationalen Autorinnen und Autoren verfasst. Die Universitäten Wien und Innsbruck fallen hier mit 61% bereits weit zurück. Der Anteil der Publikationen mit internationaler Kooperation ist bei der Johannes Kepler Universität Linz (JKU; 46%), bei der TU Graz (47%) und der Universität Klagenfurt (49%) besonders niedrig.

Die JKU (16%) gefolgt von der TU Graz und dem AIT (beide 15%) weisen die höchsten Anteile an Publikationen in Zusammenarbeit mit der Industrie auf. Alle anderen Einrichtungen liegen unter dem gesamtösterreichischen Wert (14%). Die JKU bildet jedoch in einem anderen Bereich das Schlusslicht; mit einem MNCS von 3% über dem Weltdurchschnitt rückt die JKU in große Entfernung des österreichischen Gesamtwertes (27%). Die Universität Klagenfurt weist den nächstniedrigen MNCS von 11% über dem Weltdurchschnitt auf, gefolgt von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW; 13%).

Die Bedeutung von Journals bzw. Proceedings unterscheidet sich zwischen den Instituten teilweise erheblich. Tabelle 11 zeigt, dass bei fünf der Top Einrichtungen Publikationen in Proceedings mehr als die Hälfte der gesamten Publikationen ausmachen, wobei der Anteil beim AIT (64%) und der TU Graz (61%) am größten ist; bei der Universität Wien (33%) und dem ÖAW (16%) ist er am niedrigsten.

Richtet man das Augenmerk auf den Impact-Indikator MNCS, so zeigt sich, dass dieser an drei Standorten bei Publikationen in Proceedings markant niedriger ist als bei Veröffentlichungen in Journals: AIT (-18%), Universität Klagenfurt (-24%) und Universität Salzburg (-59%). Für die Universität Klagenfurt bedeutet dies, dass der MNCS bei Proceedings dem Weltdurchschnitt gleicht, an der Universität Salzburg liegt er 14% unter dem Weltdurchschnitt. Das AIT weist sowohl bei Journals als auch bei Proceedings einen sehr hohen MNCS auf: 69% und 51% über dem Weltdurchschnitt respektive. An der TU Wien ergibt sich kein Unterschied nach Publikationsart; der Impact ist sowohl in Journalpublikationen als auch in Proceedings 22% über dem Weltdurchschnitt. Die drei Standorte, für die Tabelle 11 die am stärksten ausgeprägte Differenz zwischen MNCS-Journals und MNCS-Proceedings ausweist, sind die TU Graz, ÖAW und das IST Austria.

Land	MNCS [journals]	MNCS [proceedings]	Differenz	Gesamt	Anteil Proceedings
TU Graz	1,18	1,81	0,64	1,56	61%
ÖAW	1,03	1,66	0,63	1,13	16%
IST Austria	1,21	1,64	0,43	1,42	49%
Universität Wien	1,17	1,41	0,23	1,25	33%
Universität Innsbruck	1,16	1,32	0,17	1,23	45%
JKU	1,03	1,04	0,01	1,03	53%
TU Wien	1,22	1,22	0	1,22	51%
AIT	1,69	1,51	-0,18	1,57	64%
Universität Klagenfurt	1,23	1	-0,24	1,11	54%
Universität Salzburg	1,45	0,86	-0,59	1,17	47%
Österreich gesamt	1,24	1,30	0,06	1,27	50%

Tabelle 11: Unterschiede zwischen Journals und Proceedings an den Top 10 österreichischen Einrichtungen der Jahre 2015-2019: MNCS(journals), MNCS(proceedings), Differenz (Proceedings-Journals), Gesamt MNCS und Prozentanteil der Proceedings; sortiert nach Differenz zwischen MNCS(journals) und MNCS(proceedings)

Letztlich sollen die österreichweiten Stärkebereiche beleuchtet werden. Hierfür wurden sowohl der Publikationsoutput P als auch der Impact-Indikator MNCS der Cluster des CWTS Kategorisierungssystems herangezogen, ebenso die relative Wachstumsrate (WR) der Cluster auf globaler Ebene³⁰, und folgende Kriterien festgelegt:

- P >= 20
- MNCS >= 1,5
- WR >= 1

Stärkebereiche sind demnach jene Cluster, die global einen Zuwachs verzeichnen können und in denen Österreich einen Publikationsoutput

von mindestens 20 Veröffentlichungen hat, sowie einen Impact, der mindestens 50% über dem Weltdurchschnitt liegt.

Es ist hervorzuheben, dass sich die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse auf die bereits oben beleuchteten 10 Standorte beschränken. Dies ist der relativ niedrigen Datenbasis an den anderen Einrichtungen geschuldet.

Es konnten insgesamt 13 Stärkebereiche identifiziert werden. Die Stärkebereiche müssen globalbetrachtet einen Zuwachs aufweisen; die durchschnittliche relative Wachstumsrate der österreichischen Stärkebereiche liegt bei 1,24%. Die Bandbreite

reicht von 1,02 bis 1,99. Zwei Cluster weisen eine Wachstumsrate knapp unter 2% auf und 6 Cluster eine Wachstumsrate unter 1,10. Im Durchschnitt weisen die Stärkebereiche einen Output von rund 44 Publikationen auf, wobei die Bandbreite vom festgelegten Minimum von 20 Veröffentlichungen bis zu 87 reicht. Auch beim MNCS ist die Bandbreite weit gestreut: zwischen 1,52 und 4,32. Sieben der Cluster weisen einen MNCS über 2 auf. In zwei Bereichen ist der Impact mehr als das Dreifache des Weltdurchschnitts. Das heißt, der Impact vieler Stärkebereiche überragt den Weltdurchschnitt um ein Vielfaches. Der durchschnittliche Anteil an internationalen Kooperationen liegt bei 58% und jener Anteil mit Beteiligung der Industrie bei 10%. Bei ersterem erstreckt sich die Bandbreite von 25% bis 90%, bei letzterem zwischen 0 und 32%.

Tabelle 12 (unten) bietet einen detaillierteren Einblick in die Stärkebereiche und führt die beiden Indikatoren zur internationalen Ko-Autorenschaft und Zusammenarbeit mit der Industrie ebenfalls an. Sie zeigt aber auch wieder, dass viele Studienpublikationen nicht zur Informatik gehören, da 4 der 13 Cluster deutlich außerhalb der Informatik liegen. Die Stärkebereiche wurden auch nicht den Fachgebieten der Informatik wie in den beiden vorherigen Kapiteln zugeordnet, da dies nicht immer eindeutig möglich ist. Im Folgenden werden vier Cluster kurz beschrieben; zwei weisen die höchsten MNCS-Werte auf, einer den größten Publikationsoutput P und einer den höchsten Anteil an internationalen Kooperationen. Alle vier Cluster haben einen klaren Informatikbezug.

Der Cluster *secure information flow; attestation; web applications; hypervisor; sql injection*³¹ ist jener mit dem höchsten MNCS (4,32). Der Publikationsoutput von 31 Veröffentlichungen liegt hier etwas unter dem Durchschnitt der Stärkebereiche gesamt. Der Anteil an Veröffentlichungen, die in internationaler Kooperation entstanden (35%), liegt ebenfalls unter dem Durschnitt. Der Bereich

weist einen relativ hohen Anteil an Publikationen mit Beteiligung von Vertreterinnen und Vertretern der Industrie (23%) auf.

Der Cluster *localization; indoor positioning; wireless sensor network; smartphone; rssi* hat den zweithöchsten MNCS (3,55) und auch einen Publikationsoutput (32) etwas unter dem Durchschnitt. Ein Viertel der Publikationen dieses Bereichs erschienen in Zusammenarbeit mit internationalen Ko-Autorinnen und -Autoren, der Anteil mit Beteiligung aus der Industrie (13%) liegt etwas über dem Durchschnitt der Stärkebereiche gesamt.

Der Cluster *fog, mobile cloud, fog computing, edge, thing* weist den höchsten Publikationsoutput (87) auf. Diese Publikationen erzielten einen MNCS von 1,94. Dies liegt weit über dem gesetzten Grenzwert von 1,50 und über dem MNCS Österreichs gesamt (1,27). Rund 61% der Veröffentlichungen wurden in internationaler Zusammenarbeit verfasst. Der Anteil mit Industriebeteiligung (5%) liegt weit unter dem Durchschnitt der Stärkebereiche.

Der Cluster *random oracle; cloud storage; encrypted data; signature; identity* ist jener mit dem höchsten Anteil an Publikationen, die in internationaler Kooperation (90%) entstanden sind. Der Anteil der Veröffentlichungen mit Beteiligung der Industrie (13%) liegt etwas über dem Durchschnitt der Stärkebereiche. Der MNCS (1,84) liegt ebenfalls weit über dem gesetzten Grenzwert und über dem österreichischen MNCS.

	P	PP [int collab]	PP [industry]	MNCS	WR
secure information flow; attestation; web applications; hypervisor; sql injection	31	0,35	0,23	4,32	1,06
localization; indoor positioning; wireless sensor network; smartphone; rssi	32	0,25	0,13	3,55	1,07
cloud manufacturing; industry; cyber physical system; cloud; thing	30	0,37	0,03	2,58	1,99
unsupervised change detection; land cover change; land use; flood mapping; impervious surface	36	0,61	0	2,20	1,18
3d model retrieval; sketch; deform- able object; garment; soft tissue	25	0,84	0,32	2,14	1,16
soil moisture; smos; smap; loess plateau; soil water content	77	0,84	0,05	2,02	1,08
fog; mobile cloud; fog computing; edge; thing	87	0,61	0,05	1,94	1,96
random oracle; cloud storage; encrypted data; signature; identity	31	0,90	0,13	1,84	1,10
magnetostriction; magnetic property; electrical steel; grain; microstructure	22	0,27	0,32	1,81	1,03
vehicle routing problem; salesman problem; delivery problem; time windows; pickup	41	0,51	0,02	1,76	1,19
beauty; emotion; aesthetic; aesthetic experience; painting ³²	54	0,57	0	1,61	1,22
convex body; polytope; convex hull; body; section	39	0,56	0	1,53	1,02
quantum dot cellular automata; qca; reversible circuit; quantum; design	62	0,79	0,08	1,52	1,02

Tabelle 12: Stärkebereiche; sortiert nach MNCS (absteigend)

3.3.3 Fazit der Web of Science-Analyse

Übereinstimmend mit Kapitel 3.2 stellt die eben vorgestellte bibliometrische Analyse fest, dass es Stärkebereiche auf dem Fachgebiet der *Computer Security* sowie von *Algorithms & Complexity* und *Logic & Verification* gibt. Des Weiteren stechen auch Teile des *Mobile Computing*, *Computer Architecture* und verschiedene Anwendungsgebiete mit einem hohen Publikationsoutput und einem starken Impact hervor. Die Tatsache, dass es Stärkebereiche auf einem Fachgebiet gibt, bedeutet aber nicht, dass alle Unterbereiche des Fachgebiets stark sind. Darüber kann diese Studie nichts aussagen.

Der internationale Vergleich unterstreicht auch hier die Vorrangstellung der Schweiz, besonders in Bezug auf den Impact der Studienpublikationen, gefolgt von Dänemark und den Niederlanden. Die restlichen Länder weisen jedoch sehr ähnliche Werte auf. Österreich befindet sich meist im oberen Schluss- oder unteren Mittelbereich.

Ein Blick auf die Publikationsvenues zeigt, dass Proceedings nicht in allen Vergleichsländern eine gleichbedeutende Rolle zukommt. Dies kann auch an der Datengrundlage liegen (siehe unten), da die Resultate doch im Gegensatz zur weithin anerkannten Publikationspraxis der Informatik, zuerst in Proceedings zu publizieren, steht. Die Ergebnisse zeigen, dass Proceedings in vielen Ländern ein wichtiges Medium für Veröffentlichungen kollaborativ entstandener Arbeiten mit der Industrie sind und dass sie meist höhere Impact-Werte erzielen. Die höheren Impact-Werte der Proceedings können wiederum mit der Publikationspraxis in Zusammenhang stehen: Eine gegebenenfalls darauffolgende Publikation einer oftmals verbesserten Version in einer Zeitschrift dauert oft sehr lange. Viele der Zitationen erfolgen relativ bald nach der Proceedingspublikation.

Wie die Ergebnisse der anderen beiden Analysen, müssen auch diese Ergebnisse mit einem

gewissen Maß an Vorsicht behandelt werden. Die gewählte Herangehensweise zur Feldabgrenzung war spezifisch fokussiert auf die Publikationsvenues „anerkannter“ Informatikerinnen und Informatiker. Bereits deren hochgradig interdisziplinäre Verteilung zeichnete die Unmöglichkeit einer trennscharfen Abgrenzung des Feldes ab. Basierend auf den Ergebnissen zeigt sich, dass die Abgrenzung der Kerninformatik zu anderen Gebieten in dieser Studie nicht sehr gut gelungen ist und hier eine Weiterentwicklung der Abgrenzungsmethodologie nötig ist.

Die Daten der hier vorgestellten Analyse basieren auf jenen Publikationsvenues, die von *Web of Science* indexiert werden. Es werden jedoch nicht alle weltweit herausgegebenen Journals und Proceedings erfasst. Mit der Integration des *WoS Conference Proceedings Citation Index* in das CWTS eigene Kategorisierungssystem wurde die Datenbasis, verglichen mit der ersten Analyse in 2019, ausgeweitet. Da in Österreich ein nahezu ausgewogenes Verhältnis von Journals und Proceedings gegeben ist, bedeutete dies eine Verdoppelung des analysierten Publikationsoutputs. Das führt jedoch zu einer weiteren datenbezogenen Limitierung: Tagungsbeiträge werden nur verzögert indexiert. Dies war besonders für das Jahr 2019 bemerkbar.

Wie bei der Analyse von *dblp*, ist die eindeutige Identifizierung der Autorinnen und Autoren eine weitgehend manuelle Aufgabe, die CWTS im Zuge der jährlichen Aktualisierung des Kategorisierungssystems übernimmt. Auch die institutionelle Zugehörigkeit muss bereinigt werden. In beiden Fällen ist eine eindeutige Klärung nicht immer möglich, und betroffene Publikationen können bei der Analyse nicht berücksichtigt werden.

3.4 ERC-Grants

3.4.1 Methodische Hintergründe der ERC-Grants-Analyse

ERC-Grants sind höchst kompetitive, peer-evaluierte Grants für exzellente Forschungsprojekte aus dem EU-Raum und assoziierten Ländern. Für die hier vorgestellte Analyse wurden öffentlich zugängliche Informationen über die verliehenen Grants der Disziplin *Computer Science and Informatics* über das ERC Datahub und die Internetseite des ERC erhoben. Da *Proof of Concept* (PoC) und *Synergy Grants* nicht nach Disziplinen unterschieden angegeben werden, müssen diese von der Analyse hinsichtlich des internationalen Vergleichs ausgenommen werden. Für die Grant-Typen *Starting*, *Consolidator* und *Advanced* wurden für die zentralen Vergleichsländer dieses Berichts³³ die Anzahl der vergebenen Grants der Jahre 2007-2020 erhoben. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Ländern zu ermöglichen, wurden die absoluten Zahlen pro 1 Million Einwohnerinnen und Einwohnern (EW) angeführt. Für Österreich wurden für diese Grant-Typen sowie für PoC und *Synergy* weiters die Titel und die Einrichtung der erfolgreichen Einreichungen ermittelt. Diese wurden dann den *CSRankings* Hauptforschungsgebieten (Hfb) zugeordnet. Die Daten wurden am 17. Juni 2021 erhoben.³⁴

3.4.2 Ergebnisse der ERC-Grant-Analyse

Gesamtbetrachtet liegt die Erfolgsrate der bei den hier im ersten Schritt analysierten Grant-Typen (*Starting*, *Consolidator* und *Advanced*) über die Jahre 2009 bis 2019 bei rund 12,5%.³⁵ Bei den Vergleichsländern waren im selben Betrachtungszeitraum rund 14,4 der eingereichten Anträge erfolgreich, jedoch gibt es bei der Erfolgsquote der einzelnen Länder eine große Spannbreite (siehe Tabelle 13): die beiden erfolgreichsten Länder sind Israel (28,6%) und die Schweiz (23,9%). Österreich liegt mit 13,8% unter der Erfolgsquote der Vergleichsländer gesamt. Die niedrigsten

Erfolgsquoten weisen Finnland (5,1%), Norwegen (7,7%) und die Niederlande (8%) auf.

Betrachtet man nun die Gesamtzahl der Grants pro 1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner, so sticht Österreich mit insgesamt 3,03 hervor. Lediglich Israel (8,24) und die Schweiz (6,05) waren unter den Vergleichsländern erfolgreicher. Dänemark und Belgien folgen Österreich mit je rund 2 verliehenen ERC-Grants/1 Mio. EW. Das Schlusslicht bilden Großbritannien (1,17), Deutschland (1,09) und Norwegen (0,93).

Ein Blick auf die einzelnen Grant-Typen zeigt, dass sich die Position Österreichs nicht verändert. Auch die Toppositionen bleiben von Israel und der Schweiz belegt, jedoch wechseln die beiden ihre Plätze bei den *Consolidator Grants*; der erste Rang geht an die Schweiz (1,74) und der zweite an Israel (1,41). Es fällt auch auf, dass Israel besonders bei der Einwerbung von *Starting Grants* (5,41) erfolgreich ist. Liegt Finnland (0,36) bei den *Consolidator Grants* im unteren Mittelbereich, findet es sich bei den *Starting Grants* mit 1,09 Grants an vierter Stelle hinter Österreich (1,24). Bei den *Advanced Grants* ändert sich das Bild, bis auf die Top Reihungen, etwas mehr. Finnland z.B. landet als einziges Land ohne Verleihung an der letzten Stelle. Auch Norwegen (0,19), die Niederlande (0,23) und Deutschland (0,24) finden sich erneut im untersten Bereich. Belgien liegt mit 0,70 Verleihungen hinter Österreich (0,79).

Es folgt ein genauerer Blick auf Österreich. Hier wurden alle Grant-Typen (*Starting*, *Consolidator*, *Advanced*, PoC und *Synergy*) erhoben. Es zeigt sich in Abbildung 2, dass die Informatikforschung hierzulande ab dem Jahr 2008 Erfolge verbuchen konnte, und dass diese gesamtbetrachtet ab 2014 zunahmen. Das Jahr 2018 sticht durch die solide orange Einfärbung hervor; es wurden hier nur die beiden einzigen PoC Grants an Österreich verliehen.³⁶ Ersichtlich ist auch, dass *Synergy Grants* in der Abbildung zwar angegeben sind, Österreich in der Disziplin *Computer Science and Informatics* aber keine Erfolge bei diesem Grant-Type aufweist.

	Starting	Consolidator	Advanced	Gesamt	Erfolgsquote
Israel	5,41	1,41	1,41	8,24	28,6%
Schweiz	3,14	1,74	1,16	6,05	23,9%
Österreich	1,24	1,01	0,79	3,03	13,8%
Dänemark	0,69	0,69	0,69	2,07	10,4%
Belgien	0,78	0,43	0,70	1,91	16,5%
Schweden	0,60	0,40	0,50	1,50	10,7%
Finnland	1,09	0,36	0,00	1,45	5,1%
Niederlande	0,88	0,23	0,23	1,35	8,0%
Großbritannien	0,55	0,27	0,36	1,17	10,1%
Deutschland	0,59	0,26	0,24	1,09	18,3%
Norwegen	0,37	0,37	0,19	0,93	7,7%

Tabelle 13: ERC-Grants/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern (2007-2020); sortiert nach Gesamt; Erfolgsquote (2009-2019)³⁷

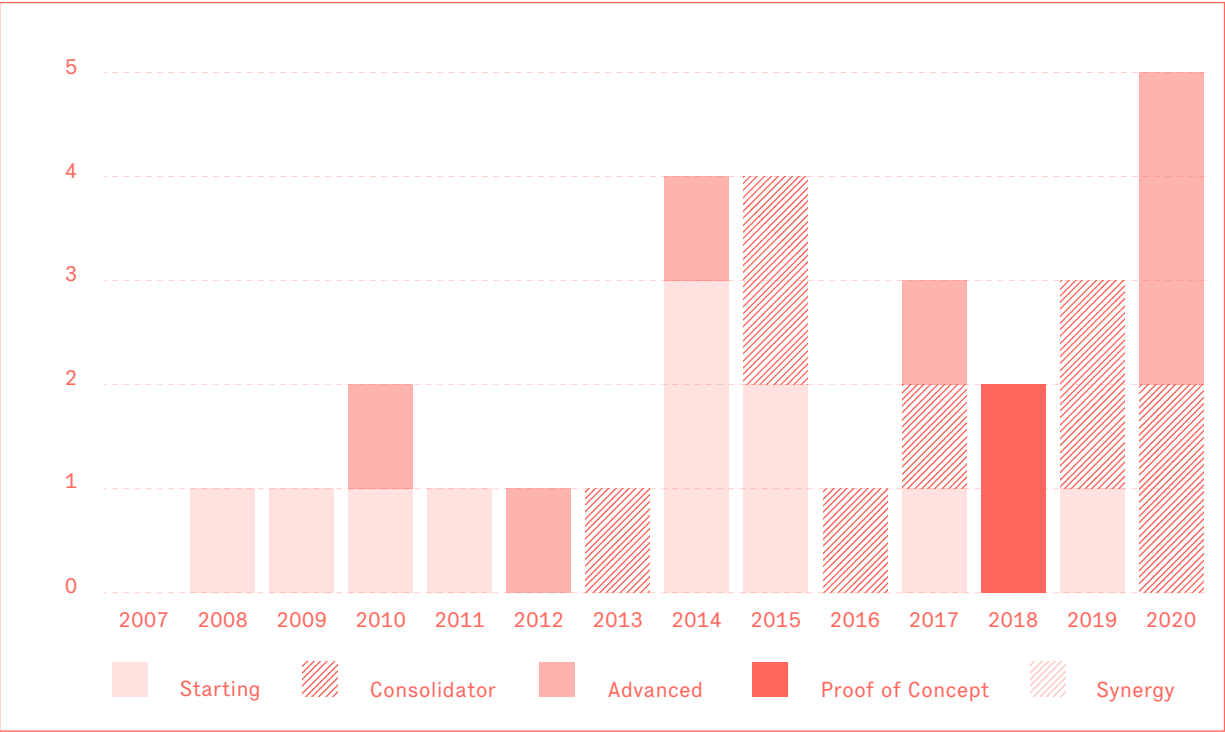


Abbildung 2: Zeitlicher Überblick über die österreichischen ERC-Grants der Informatik (2007-2020) nach Grant-Typen; *Starting*, *Consolidator*, *Advanced*, *Proof of Concept* und *Synergy*³⁸

Tabelle 14 erlaubt einen Überblick über die erfolgreichen österreichischen ERC-Grants. Diese wurden den Hauptforschungsbereichen nach *CSRankings* zugeordnet. Der Hauptforschungsbereich **Theorie** ist in Österreich sehr stark aufgestellt; hier können nicht nur die meisten erfolgreichen Einreichungen festgehalten werden (17 von 29), auch sind diese an fünf der acht Standorte angesiedelt. Die restlichen erfolgreichen Forschungsprojekte verteilen sich auf die anderen drei Hfb **KI**, **Systeme** und **Interdisziplinäre Bereiche**.

Österreich weist daher in allen Hfb der Informatik Erfolge auf, jedoch in einem weitaus geringeren Ausmaß in den nicht theoretischen Bereichen.

Gesamt betrachtet können hier alle Universitäten mit Studienprogrammen in der Kerninformatik Erfolge verbuchen, das IST Austria überragt jedoch alle anderen; 13 von 29 bewilligten Einreichungen stammen von diesem Standort.

Projekttitel	Gebiet	Grant-Typ	Einrichtung	Jahr
Provable Security for Physical Cryptography	Theorie	Starting	IST Austria	2009
Quantitative Reactive Modeling	Theorie	Advanced	IST Austria	2010
Quantitative Graph Games: Theory and Applications	Theorie	Starting	IST Austria	2010
Life Long Learning for Visual Scene Understanding (L3ViSU)	KI	Starting	IST Austria	2011
Discrete Optimization in Computer Vision: Theory and Practice	Theorie/ KI	Consolidator	IST Austria	2013
Big Splash: Efficient Simulation of Natural Phenomena at Extremely Large Scales	Interdis.	Starting	IST Austria	2014
Teaching Old Crypto New Tricks	Theorie	Consolidator	IST Austria	2015
Materializable: Intelligent fabrication-oriented Computational Design and Modeling	Interdis.	Starting	IST Austria	2015
Alpha Shape Theory Extended	Theorie	Advanced	IST Austria	2017
Elastic Coordination for Scalable Machine Learning	KI	Starting	IST Austria	2017
Automatized Design of Injection Molds	Systeme	PoC	IST Austria	2018
Formal Methods for Stochastic Models: Algorithms and Applications	Theorie	Consolidator	IST Austria	2019

Vigilant Algorithmic Monitoring of Software	Theorie	Advanced	IST Austria	2020
Getting at the Heart of Things: Towards Expressivity-aware Computer Systems in Music	Interdis.	Advanced	JKU Linz	2014
Design Automation for Quantum Computing	Systeme/ Interdis.	Consolidator	JKU Linz	2020
Exploring Musical Possibilities via Machine Simulation	Interdis.	Advanced	JKU Linz	2020
High-level Prior Models for Computer Vision	KI	Starting	TU Graz	2014
Securing Software against Physical Attacks	Systeme	Consolidator	TU Graz	2015
The Parameterized Complexity of Reasoning Problems	Theorie	Starting	TU Wien	2008
Symbolic Computation and Automated Reasoning for Program Analysis	Theorie	Starting	TU Wien	2014
Foundations and Tools for Client-Side Web Security	Systeme	Consolidator	TU Wien	2017
Symbol Elimination in Reliable System Engineering	Theorie	PoC	TU Wien	2018
Automated Reasoning with Theories and Induction for Software Technology	Theorie	Consolidator	TU Wien	2020
Strong Modular proof Assistance: Reasoning across Theories	Theorie	Starting	Universität Innsbruck	2015
Sound and Early Assessment of Leakage for Embedded Software	Systeme	Consolidator	Universität Klagenfurt	2016
Dynamic Algorithms Against Strong Adversaries	Theorie	Starting	Universität Salzburg	2019
Challenges in Graph Algorithms with Applications	Theorie	Advanced	Universität Wien	2012
Self-Adjusting Networks	Theorie/ Systeme	Consolidator	Universität Wien	2019
The design and evaluation of modern fully dynamic data structures	Theorie	Advanced	Universität Wien	2020

Tabelle 14: ERC-Grants in Österreich (2007-2020): Hauptforschungsgebiet nach *CSRankings*, Grant-Typ, Einrichtung und Jahr; alphabetisch sortiert nach Einrichtung⁹⁹

3.4.3 Fazit der ERC-Grant-Analyse

Die Analyse der ERC-Grants zeigt eindeutig, dass der Hauptforschungsbereich **Theorie** als ein besonders starkes Gebiet der österreichischen Spitzenforschung in der Disziplin Informatik hervorsticht. In allen anderen Hauptforschungsbereichen wurden ebenfalls Informatikprojekte mit einem ERC-Grant ausgezeichnet. Deren Anzahl ist jedoch bei Weitem niedriger.

Im internationalen Vergleich ist Österreich bei allen analysierten Grant-Typen unter der europäischen Spitze. Lediglich Einreichungen aus Israel und der Schweiz sind, pro 1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner betrachtet, erfolgreicher. Der herausragende Erfolg Israels bei den *Starting Grants* liegt möglicherweise am erfolgreichen Rekrutieren von High Potentials durch das Tenure-Track System, das dort schon seit langem etabliert ist. Der Vergleich der Erfolgsquoten der jeweiligen Vergleichsländer zeigt jedoch, dass Österreich etwas zurückfällt.

13 der 29 ERC-Grants wurden vom IST Austria eingeworben. Die Erfolge der Universitäten sind zwar zahlenmäßig niedriger, aber umso bemerkenswerter, bedenkt man die strukturellen Rahmenbedingungen der Forscherinnen und Forscher an Universitäten, welche in Kapitel 4 beleuchtet werden.

Eine methodische Limitierung stellt die Tatsache dar, dass nicht alle ERC-Grant-Typen nach Disziplinen angeführt werden. Da die Gesamtzahl der *Proof of Concept* und *Synergy Grants* in Österreich sehr überschaubar ist, konnten diese für die Zwecke der Analyse hier rasch erhoben werden. Die Erhebungen für den europäischen Vergleich gestalten sich jedoch komplexer und konnten daher nicht durchgeführt werden.

3.5 Schlussfolgerungen zu den Analysen der österreichischen Informatikforschung

3.5.1 Methodische Schlüsse

Die bibliometrische Analyse der Disziplin Informatik erwies sich als äußerst schwierig. Die intensive Auseinandersetzung des Wissenschaftsrates mit den methodischen Herangehensweisen der vier Perspektiven sowie anderer, hier nicht vorgestellter *Computer Sciences Rankings* wie z.B. *CSMetrics*, *Times Higher Education*, *Shanghai Rankings*,⁴⁰ führen zum Schluss, dass eine derart weitgefassete Analyse einer ganzen Disziplin eines Landes im internationalen Vergleich derzeit nur limitiert zielführend ist und weitere methodische Entwicklungen und Anpassungen nötig sind.

Eine detaillierte Analyse auf der Ebene einzelner Einrichtungen, besonders hinsichtlich der Planung der zukünftigen Entwicklung der Standorte, erscheint dennoch als sinnbringend. Die Schwierigkeiten der Feldabgrenzung der *Web of Science-Analyse* kann in einem kleineren Rahmen auch positive Ergebnisse liefern, indem mögliche Anschlussstellen innerhalb des Standortes sichtbar gemacht werden. Dies ist jedoch eine Aufgabe für die einzelnen Institute. Sie können die Bedeutung der Daten für sich selbst, aber auch im nationalen und internationalen Kontext am besten einschätzen und in die Entwicklungsplanung einfließen lassen.

Weist jede methodische Herangehensweise für sich genommen Vor- und Nachteile auf, und ermöglicht sie nur sehr spezifische, mit Limitierungen behaftete Einblicke, so können in der Kombination dennoch vorsichtige Schlussfolgerungen gezogen werden. Die Analysen zeigen deutlich, die Informatik in Österreich ist gut aufgestellt, in manchen Fachgebieten sogar spitzenmäßig. Allerdings gibt es auch Schwachstellen. Die Informatik ist in Österreich jedoch keinesfalls eine schwache Disziplin. Diese Aussage soll im folgenden Abschnitt begründet werden.

3.5.2 Inhaltliche Schlüsse

Kapitel 3 richtet unterschiedliche Scheinwerfer auf die Informatik in Österreich und in europäischen Vergleichsländern, basierend auf dem Publikationsoutput und auf dem Impact der Publikationen sowie den eingeworbenen ERC-Grants.

Die Ergebnisse der internationalen Vergleiche zeigen, dass hier starke Gegenstücke gewählt wurden. Die Schweiz ragt als europäische Stärke hervor. In 18 der 26 Fachgebieten der *CSRankings*-Europa-Analyse belegt die Schweiz Platz 3 oder besser. Bei der *Web of Science*-Analyse werden fast alle Indikatoren von der Schweiz dominiert, auch bei den ERC-Grants belegt dieses Vergleichsland Platz 2, bei den *Consolidator Grants* sogar den ersten Rang.

Der weltweiten Konferenzpublikationsanalyse von *CSRankings* folgend, liegen drei österreichische Einrichtungen auf Rang 105. Dieses Ranking ist aber nicht größennormiert und benachteiligt kleinere Einrichtungen. Bei der größennormierten *CSRankings*-Europa-Analyse belegt Österreich, gleichauf mit Israel, 10 Top drei-Platzierungen. Vor ihnen liegen lediglich Deutschland (13 Top drei-Platzierungen), und wie bereits erwähnt, die Schweiz.

Im Europavergleich der bibliometrischen Studie (die allerdings fachlich nicht gut eingeschränkt ist und daher nicht nur die Kerninformatik umfasst) bildet Österreich im Hinblick auf den Impact der Publikationen zusammen mit Israel, Deutschland und Norwegen das Schlusslicht in Europa. Dies weist auf Schwächen in der Breite bzw. der Sichtbarkeit hin. Dennoch, Österreich liegt über dem Weltdurchschnitt.

Beim Einwerben von ERC-Grants ist Österreich das beste EU-Land und liegt nach Israel und der Schweiz auf Platz 3. Die österreichische Spitzenforschung ist im europäischen Kontext sehr wettbewerbsfähig, aber sie ist institutionell stark fokussiert. Das IST Austria ist mit 13 der 29 österreichischen ERC-Grants auf

dem Gebiet der Informatik der klare Spitzenreiter, während fünf der 10 Institutionen von Tabelle 10 keinen oder nur einen ERC-Grant aufweisen. Die österreichische Spitzenforschung weist auch thematisch einen klaren Schwerpunkt auf, nämlich **Theorie**.

Generell kann festgehalten werden, dass die österreichische Informatik eindeutige Stärkeregionen hat. Ein Hauptanliegen dieses Berichtes liegt darin, diese, sowie die Schwachstellen zu identifizieren. In Kombination aller Analysen zeigt sich klar, alle Bereiche der Informatik (der Einteilung von *CSRankings* folgend) sind in Österreich vertreten. Dabei sind alle Fachgebiete der **Theorie** und manche Fachgebiete der **KI**, der **Systeme** und der **Interdisziplinären Gebiete** im internationalen Vergleich sehr gut positioniert, wie Tabelle 15 unten zeigt. Als Stärkeregionen wurden in dieser Tabelle nur jene Fachgebiete angesehen, die durch die jeweilige Analyse als Top-Bereiche identifiziert wurden; d.h. sie fallen in Gruppe 1 bei *CSRankings* (weltweiter Vergleich) und *dblp*, sie belegen die Plätze 1 und 2 bei *CSRankings* (Europa Vergleich) oder fallen in die Stärkeregionen der *Web of Science*-Analyse.

Besonders stechen *Algorithms & Complexity*; *Computer Graphics*; *Computer Security*; *Computer Vision*; *Design Automation*; *Logic & Verification* und *Visualization* hervor. Diese Fachgebiete wurden bei mindestens zwei Analysen als sehr starke Gebiete klassifiziert. *Artificial Intelligence*; *Computer Architecture*; *Cryptography*; *Measurement & Performance Analysis*; *Mobile Computing*; *Programming Languages* und *Software Engineering* werden von jeweils einer Analyse als sehr starke Fachgebiete hervorgehoben.

Ein Fachgebiet, *Logic & Verification*, tritt bei allen Analysen als Stärkeregion hervor. Das heißt, in diesem Fachgebiet sind sieben Standorte mit 15 Fakultätsmitgliedern in den weltweit führenden Konferenzen stark vertreten, eine Einrichtung erreicht im weltweiten Ranking den 5. Rang, in Europa erreicht

die österreichische Informatik sogar die Top-Platzierung; die *dblp*-Analyse weist auch eine hohe Aktivität in anderen Journals und Proceedings auf, sowie einen relativ hohen Anteil am weltweiten Publikationsoutput. Die *Web of Science*-Analyse wiederum zeigt einen sehr hohen Impact in Teilbereichen dieses Fachgebietes auf. Und das Fachgebiet erzielt Erfolge bei den ERC-Grants.

Measurement & Performance Analysis belegt im europäischen Vergleich (*CSRankings*), welcher größennormiert ist, Platz 2, hinter Deutschland, wird aber von keiner anderen Analyse als sehr starker Bereich kategorisiert. Im Gegenteil, die *dblp*-Analyse stuft dieses Fachgebiet als einen weniger starken Bereich (Gruppe 3) ein. Die *CSRankings*-Europa-Analyse zeigt, dieses Fachgebiet ist generell kein Stärkebereich Europas. Österreich hat jedoch ein stabiles Fundament.

Cryptography ist ebenfalls ein Fachgebiet, das nur von einer Analyse (*dblp*) als Stärkebereich, aber von der *CSRankings*-Europa-Analyse als Schwächegebiet eingestuft wurde. Hierbei handelt sich um ein Stärkegebiet Europas. Österreich behauptet sich diesem Kontext gut und ist – wenn auch relativ betrachtet nicht im Spitzenfeld – laut *dblp*-Analyse auf diesem Gebiet breit aufgestellt.

Das Fachgebiet *Mobile Computing* ist bei der *dblp*-Analyse weltweit betrachtet eines der aktivsten. Die österreichische Informatik kann weder hier, noch in den führenden Konferenzen reüssieren, erzielt in vereinzelter Teilbereichen aber einen sehr hohen Impact.

Dies leitet die Reflexion der Ergebnisse zu den Schwachbereichen der österreichischen Informatik über. *Economics & Computation*; *Mobile Computing*; *Natural Language Processing* und *Operating Systems* wurden durch drei Analysen als Schwachbereich identifiziert; *Computer Architecture*; *Computer Networks*; *Comp. Bio & Bioinformatics*; *Cryptography* (bereits oben ausgeführt) und *Robotics* von zwei bzw. einer Analyse.

Operating Systems soll an dieser Stelle hervorgehoben werden. Bei den *CSRankings*-Analysen weist keine österreichische Einrichtung Publikationsaktivitäten in den führenden Konferenzen auf. Dies ist eine auffallende Ausnahme für Österreich. Auch bei *dblp* ist der Publikationsoutput eher schwach im globalen Kontext. Bei den anderen beiden Analysen kann nur eine umgekehrte Schlussfolgerung gemacht werden: *Operating Systems* scheint bei *Web of Science* nicht als österreichischer Stärkebereich auf, auch bei den ERC-Grants gab es in diesem Fachgebiet keine Grants zu vermerken.

Die beispielhaften Reflexionen einzelner Fachgebiete sollen eine „Anleitung“ darstellen, wie die unbestreitbar unterschiedlichen Analysen mit spezifischen Vor- und Nachteilen, Datengrundlagen und Aussagen genutzt werden können. Sie sollen beim Lesen der Ergebnisse in Tabelle 15 und Tabelle 16 zur Klarheit verhelfen. Tabelle 16 stellt die Ergebnisse der fünf Analysen sehr simplifiziert dar. Hierfür werden sowohl sehr starke und starke Fachgebiete dunkelorange schattiert. Alle Fachbereiche, die schwach oder sehr schwache Ergebnisse aufweisen, werden hellorange dargestellt. Fachbereiche, über die keine Aussage möglich ist, sind weiß eingefärbt.

Eine Einschätzung der Bedeutung der Ergebnisse muss jenen vorbehalten sein, die in diesen Fachgebieten arbeiten, seien es die Forscherinnen und Forscher, die zu diesen Ergebnissen maßgeblich beigetragen haben, aber auch Vertreterinnen und Vertreter anderer Interessensgruppen der jeweiligen Gebiete. Dieser Aspekt wird im Kapitel *Erkenntnisse und Empfehlungen* (Kapitel 6) erneut aufgegriffen.

13 Denning, Peter J., Douglas E. Comer, u. a., *Computing as a Discipline: Final Report of the ACM Task Force on the Core of Computer Science* (Baltimore, 1988), S. 7.

14 Die hier ausgeführten methodischen Hintergründe basieren auf der FAQ-Seite von *CSRankings* (siehe *CSRankings*, *FAQ Computer Science Rankings* <<http://csrankings.org/faq.html>> [zugegriffen 02. März 2021]).

15 *CSRankings*, *CSRankings: Computer Science Rankings* <<http://csrankings.org/>> [zugegriffen 02. März 2021].

16 Der CSR-Score ist das geometrische Mittel des gewichteten Publikationsoutputs der jeweiligen Institutionen in allen auf *CSRankings* angeführten Fachbereichen.

17 Adaptiert von *CSRankings*, *CSRankings: Computer Science Rankings*. Die Details dieser Tabelle können nach jedem Update der Daten in *dblp* (siehe Kapitel 3.2) bzw. wenn *CSRankings* Veränderungen vornimmt (z.B. neue Institute hinzufügt oder Änderungen bei den Fakultätsmitgliedern bestehender Institute) leicht unterschiedlich erscheinen. Diese Tabelle stellt das Bild vom Tag der Erhebung der *CSRankings*-Daten am 21. Oktober 2021 dar.

18 Ebd.

19 Der Hauptforschungsbereich KI umfasst ein sehr weites Feld, das *Artificial Intelligence* als Fachgebiet einschließt.

20 Die Zahl der maximalen Ränge kann von der Anzahl der in einem Fachgebiet aktiven Einrichtungen abweichen, da *CSRankings* den CSR-Score nur auf ein Zehntel genau angibt und daher häufig mehrere Einrichtungen den gleichen Rang einnehmen.

21 Diese Kriterien wurden von der Arbeitsgruppe „Informatik“ des Österreichischen Wissenschaftsrates festgelegt.

22 Leider sind nicht alle Vergleichsländer der in Kapitel 3.3. vorgestellten *Web of Science*-Analyse bei *CSRankings* registriert. Es wurden daher alle vorhandenen EU-Länder (Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Italien, Niederlande, Österreich und Spanien) sowie Großbritannien, Israel und die Schweiz für diese Analyse ausgewählt.

23 Neben Österreich weisen auch Dänemark, Frankreich und Griechenland keinerlei Aktivität in den führenden Konferenzen des Fachgebiets *Operating Systems* auf.

24 *dblp computer science bibliography*, *Frequently Asked Questions* <<https://dblp.org/faq/index.html>> [zugegriffen 31. Mai 2021]; *dblp computer science bibliography*, *Statistics* <<https://dblp.org/statistics/index.html>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

25 Hier ist anzumerken, dass keine systematische Erhebung stattgefunden hat, sondern diese vielmehr im Zuge der Feststellung der Zugehörigkeit bzw. Identifizierung auf *dblp* beiläufig erfolgte.

26 *dblp computer science bibliography*, *Monthly Snapshots Release of May 2021*, <<https://dblp.org/xml/release/dblp-2021-05-03.xml.gz>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

27 Diese Kriterien wurden von der Arbeitsgruppe „Informatik“ des Österreichischen Wissenschaftsrates festgelegt.

28 Österreichischer Wissenschaftsrat, 2020b.

29 Noyons, 2019a; Noyons, 2019b.

30 Für die relative Wachstumsrate wird die Wachstumsrate eines CWTS-Clusters (d. h. der Anteil der letzten beiden Jahre, hier 2018-2019, im Vergleich zum Zeitraum 2010-2019) in Beziehung zur Wachstumsrate aller Studienpublikationen gesetzt. Eine relative Wachstumsrate von 1 bedeutet, dass ein Cluster die gleiche Wachstumsrate wie die Studienpublikationen gesamt aufweist. Eine Rate über 1 bedeutet ein stärkeres Wachstum in den letzten zwei Jahren.

31 Die Clusterbezeichnungen sind jene der zweiten Ebene des CWTS-Kategorisierungssystems.

32 Hierbei handelt es sich um einen Cluster aus der Psychologie, der sich zentral mit der Einschätzung von Kunst und der Ästhetik von Gesichtern auseinander setzt. In Österreich konnte keine Verbindung zur Informatik festgestellt werden. Dies trifft jedoch nicht auf den Cluster gesamt zu. Diskussionen innerhalb der Arbeitsgruppe „Informatik“ sowie mit den Experten von CWTS führten zum Entschluss, diesen hier nicht zu exkludieren. Vielleicht sehen einzelne Informatikerinnen oder Informatiker auf dem Gebiet der Gesichtserkennung Kooperationsmöglichkeiten mit den Forscherinnen und Forschern dieses Teilgebiets der Psychologie.

33 Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Großbritannien, Israel, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden und die Schweiz.

34 ERC, *Datahub of ERC Funded Projects*; ERC, *ERC Advanced Grants 2020* <<https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/erc-2020-adg-results-pe.pdf>> [zugegriffen 17. Juni 2021]; ERC, *ERC Starting Grants 2020* <https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/erc_2020_stg_results_pe.pdf> [zugegriffen 17. Juni 2021]; ERC, *ERC Consolidator Grants 2020* <<https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/erc-2020-cog-results-pe.pdf>> [zugegriffen 17. Juni 2021]; Bevölkerungszahlen für das Jahr 2019 von Worldometer, *Population by Country* <<https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>> [zugegriffen 19. Juli 2021].

35 Adaptiert von ERC, *Statistics* <<https://erc.europa.eu/projects-figures/statistics>> [zugegriffen 24. August 2021].

36 In anderen Ländern waren Projekte bei den Grand-Typen *Starting*, *Consolidator* und *Advanced* erfolgreich.

37 Adaptiert von ERC, *Datahub of ERC Funded Projects*; ERC, *ERC Advanced Grants 2020*; ERC, *ERC Starting Grants 2020*; ERC, *ERC Consolidator Grants 2020*; ERC, *Statistics*; Worldometer.

38 Adaptiert von ERC, *Datahub of ERC Funded Projects*; ERC, *ERC Advanced Grants 2020*; ERC, *ERC Starting Grants 2020*; ERC, *ERC Consolidator Grants 2020*.

39 Ebd.

40 CSMetrics, *Institutional Publication Metrics for Computer Science* <<http://csmetrics.org/>> [zugegriffen 24. September 2021]; Times Higher Education, *World University Rankings 2021 by Subject: Computer Science* <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2021/subject-ranking/computer-science#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats> [zugegriffen 24. September 2021]; Shanghai Rankings, *Global Ranking of Academic Subjects 2020 - Computer Science & Engineering* <<https://www.lebde.org/ShanghaiRanking-Subject-Rankings/computer-science-engineering.html>> [zugegriffen 24. September 2021].

	CSRankings weltweit	CSRankings Europa	dblp	Web of Science	ERC-Grants
Datengrundlage	Internationales Ranking in 26 Fachgebieten der Informatik basierend auf dem gewichteten Publikationsoutput österreichischer Einrichtungen in führenden Konferenzen. Analysezeitraum: 2015-2021.	Ranking basierend auf dem gewichteten Publikationsoutput in den führenden Konferenzen der 26 Fachgebiete pro Fakultätsmitglieder für AT und 10 europäische Vergleichsländer. Analysezeitraum: 2015-2021.	Weltweiter Publikationsoutput der Publikationsvenues genutzt von „angesehenen“ Informatikerinnen und Informatikern (Journals und Proceedings) indexiert in <i>dblp</i> . Für AT gewichtet. Analysezeitraum: 2010-2021.	Publikationsoutput und Zitationen von CWTs-Clustern, mit einem Mindestanteil von 10% an Publikationen aus 7 <i>Web of Science subject categories</i> ; diese müssen min. 5.000 Publikationen von weltweit „angesehenen“ Informatikerinnen und Informatikern beinhalten. AT und 10 europäische Vergleichsländer. Analysezeitraum: 2015-2019.	ERC-Grants der Disziplin <i>Computer Science & Informatics</i> normiert nach Populationsgröße der Vergleichsländer. AT und 10 Vergleichsländer. Für AT auch <i>Proof of Concept</i> und <i>Synergy Grants</i> . Analysezeitraum: 2007-2020.
	österreichische Stärke- bzw. Schwächegebiete basierend auf der Position und Anzahl der aktiven Standorte im weltweiten Ranking.	österreichische Stärke- bzw. Schwächegebiete basierend auf der Position im europäischen Vergleich.	österreichische Stärke- bzw. Schwächegebiete basierend auf dem österreichischen gewichteten Anteil am weltweiten Output in 25 Clustern.	Publikationsoutput (größenabhängig) Impact Kooperationen Unterschiede zw. Journals & Proceedings Cluster mit hohem Publikationsoutput und Impact.	den Erfolg der österreichischen Spitzenforschung im hochkompetitiven europäischen Vergleich.

	CSRankings weltweit	CSRankings Europa	dblp	Web of Science	ERC-Grants
Vorteile	Einfache Erhebung Transparente Kriterien Verständliche Label der Fachgebiete.	Größennormiert und daher verbesserte Vergleichbarkeit von Ländern Einfache Erhebung Transparente Kriterien Verständliche Label.	Erweiterte Datengrundlage Datenbasiertes Clustering.	Erweiterte Datengrundlage Aussagen über Impact möglich größten-, zeit- und feldnormierte Indikatoren Internationale Vergleichbarkeit gegeben.	Einfache Erhebung Transparente Kriterien Internationale Vergleichbarkeit gegeben.
	Nicht größennormiert Limitierte Anzahl an Konferenzen Limitierung der inkludierten Fakultätsmitglieder Schwierige Vergleichbarkeit von Ländern.	Limitierte Anzahl an Konferenzen Limitierung der inkludierten Fakultätsmitglieder.	Nicht größennormiert Hoher Anteil an Publikationen, die keinem inhaltlichen Cluster zugewiesen werden konnten Schwierige Benennung der Cluster Aufwendige Erhebung.	Feldabgrenzung ist nicht treffsicher Schwierige Benennung der Cluster Verzögerte Indexierung der Proceedings Aufwendig und kostspielig.	Nicht alle Grant-Typen werden nach Disziplinen ausgewiesen Manuelle Zuordnung zu Forschungsgebieten ist schwierig.

Ergebnisse: Sehr starke Fachgebiete					
	CSRankings weltweit	CSRankings Europa	dblp	Web of Science	ERC-Grants
Definition/ Bedeutung	Fachgebiete mit min. einer Einrichtung in den Top 10% der Reihungen ODER mindestens zwei in den Top 25% (Gruppe 1).	Fachgebiete, in denen Österreich den höchsten oder zweithöchsten gewichteten Publikationsoutput pro Fakultätsmitglieder aufweist (Plätze 1 und 2).	Teil eines Clusters mit dem höchsten Publikationsanteil (Gruppe 1).	Global wachsende Cluster mit einem hohen Publikationsoutput und Impact (Stärkebereiche).	Hohe Anzahl an verliehenen ERC-Grants.
Fachgebiete	Logic & Verification Computer Graphics Design Automation Visualization.	Logic & Verification Computer Graphics Design Automation Computer Vision Artificial Intelligence Measurement & Performance Analysis.	Logic & Verification Computer Graphics Algorithms & Complexity Computer Vision Computer Security Visualization Cryptography Programming Languages Software Engineering.	Logic & Verification Computer Security Algorithms & Complexity Mobile Computing. Computer Architecture.	Hfb Theorie hervorstechend Andere Hauptforschungsgebiete ebenfalls vertreten.

Ergebnisse: Sehr starke Fachgebiete					
	CSRankings weltweit	CSRankings Europa	dblp	Web of Science	ERC-Grants
Definition/ Bedeutung	Fachgebiete mit keiner Platzierung in den Top 50% bzw. keine österreichische Einrichtung im Ranking (Gruppen 4 und 5).	Fachgebiete, in denen Österreich den niedrigsten oder zweitniedrigsten gewichteten Publikationsoutput/Fakultätsmitglieder aufweist unter jenen Ländern, die in diesem Fachgebiet aktiv sind.	Fachgebiete, die nur in Gruppe 4 aufscheinen; d.h. in einem Cluster mit dem niedrigsten Publikationsanteil sind (Gruppe 4).	Keine Aussage möglich.	Keine Aussage möglich.
Fachgebiete	Operating Systems Natural Language Processing Economics & Computation Mobile Computing Computer Architecture Comp. Bio. & Bioinformatics Computer Networks	Operating Systems Natural Language Processing Economics & Computation Mobile Computing Computer Architecture Cryptography.	Operating Systems Natural Language Processing Economics & Computation Mobile Computing Comp. Bio. & Bioinformatics Robotics	Keine Aussage möglich.	Keine Aussage möglich.

Tabelle 15: Überblick über die fünf Analysen des Berichtes: methodische Grundlagen und zentrale Ergebnisse

	CSRankings weltweit	CSRankings Europa	dblp	Web of Science	ERC- Grants
Künstliche Intelligenz					
Artificial Intelligence					
Computer Vision					
Machine Learning & Data Mining					
Natural Language Processing					
The Web & Information Retrieval					
Systeme					
Computer Architecture					
Computer Networks					
Computer Security					
Databases					
Design Automation					
Embedded & Real-Time Systems					
High-Performance Computing					
Mobile Computing					
Measurement & Performance Analysis					
Operating Systems					
Programming Languages					
Software Engineering					

	CSRankings weltweit	CSRankings Europa	dblp	Web of Science	ERC- Grants
Theorie					
Algorithms & Complexity					
Cryptography					
Logic & Verification					
Interdisziplinäre Bereiche					
Comp. Bio & Bioinformatics					
Computer Graphics					
Economics & Computation					
Human-Computer Interaction					
Robotics					
Visualization					

Tabelle 16:

Simplifizierte Darstellung der Ergebnisse der fünf Analysen des Berichtes: Dunkelorange: sehr stark/
stark; Hellorange: schwach/sehr schwach; Weiß: keine Aussage möglich

Die ersten Informatik-Institute bzw. -studien wurden in Europa um 1970 etabliert. In Österreich wurden zwei Vorläuferprogramme bereits früher angeboten: der Kurs für Moderne Rechentechnik an der TU Wien ab 1955 sowie das Informationswissenschaftliche Programm an der JKU ab 1966.⁴¹ Österreichische Studierende konnten sich erstmals im Wintersemester 1969/70 für die „provisorische Studienrichtung Informatik“⁴² an der JKU einschreiben. Zwei Jahre später war der reguläre Studienbetrieb offiziell möglich. Die TU Wien und die Universität Wien begannen ebenfalls kurz darauf Informatikstudien anzubieten, die Universität Klagenfurt, TU Graz, Wirtschaftsuniversität Wien (WU) und die Universität Salzburg folgten in den 1980er Jahren. Die Medizinische Universität Wien und die Universität Innsbruck starteten ihre Informatikprogramme im Jahr 2006 und 2007.⁴³

Im Studienjahr 2020/21 werden 19 Bachelor- und 29 Masterstudienprogramme an den neuen Standorten angeboten.⁴⁴ Ein Bachelorprogramm (*Artificial Intelligence* an der JKU) wird vollständig in englischer Unterrichtssprache angeboten. Dies ist der Fall in 16 Masterprogrammen. Jedoch ist es bei den deutschsprachigen Programmen Standard, dass auch hier vereinzelte Vorlesungen in englischer Sprache angeboten werden.⁴⁵ Acht Standorte bieten PhD-Programme an.⁴⁶

Die Nachfrage nach hochqualifizierten Informatikerinnen und Informatikern erreichte in Österreich in den letzten Jahren ein so hohes Ausmaß, dass Studierende vermehrt während

des Studiums von Unternehmen abgeworben werden. Das Phänomen „Job-out“ im MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) wurde im Gesamtösterreichischen Universitätsentwicklungsplan (GUEP) aufgegriffen, ebenso andere relevante Aspekte, wie z.B. die Verbesserung der Studierbarkeit und der Betreuungsverhältnisse, Erhöhung der Prüfungsaktivität aber auch des Frauenanteils.⁴⁷ Verstärkt durch die Implementierung der *Unifinanzierung NEU*, spiegelt sich dies in den Vorhaben und Zielen der Leistungsvereinbarungen 2019-2021 wider. So wurde ab dem Studienjahr 2019/20 die vorgeschriebene Mindestzahl an Studienplätzen für erstsemestrige Bachelorstudien von 2.500 auf 2.800 aufgestockt und neue Professuren wurden ermöglicht.⁴⁸

Im Studienjahr 2013/14 wurden erstmals Zugangsregelungen in der Informatik zugelassen. Die Universität Innsbruck machte davon im Studienjahr 2014/15 Gebrauch.⁴⁹ Im Studienjahr 2016/17 folgten die TU Wien und die Universität Wien dem Beispiel, was zu einem merklichen Rückgang der Bacheloranfängerinnen und -anfänger führte (siehe Abbildung 3). Auch im Studienjahr 2021/22 machen die Universität Wien (415 zu vergebene Studienplätze) und die TU Wien (670 Studienplätze) von Zugangsbeschränkungen Gebrauch. Der mehrstufige Aufnahmeprozess setzt eine Registrierung zum Studium und die Bezahlung eines Kostenbeitrags von €50 voraus, ebenso wie das Verfassen eines Motivationsschreibens (TU Wien) oder das Durchführen eines Online-Self-Assessments (Universität Wien).

Erst dann ist es möglich, am Reihungstest teilzunehmen, der letztlich über die Zulassung zum Studium entscheidet.⁵⁰

Bei den Studien im ersten Semester zeigt sich gesamt betrachtet nach einem merklichen Rückgang im Studienjahr 2016/17 ein leichter Aufwärtstrend. Nur Bachelorstudien waren von diesem Rückgang betroffen; sie erreichten ein Tief von 2.155 Studien im ersten Semester; bis zum Studienjahr 2019/20 stiegen diese auf 2.570 an. Das folgende Studienjahr sah erneut einen Rückgang auf 2.418 Studien. Masterstudien stiegen bis zum Studienjahr 2018/19 relativ stetig an, um einen Höchststand von 1.219 zu erreichen. Ein markanter Rückgang im Studienjahr 2019/20 senkte die Zahl der neuen Masterstudien auf 1.061. Dieser Rückgang wurde im folgenden Studienjahr nicht fortgesetzt; die Zahl der Masterstudien stieg erneut leicht und erreicht 1.070 Studien. Doktoratsstudien weisen deutlich geringere Zahlen auf und sind von stärkeren Fluktuationen gezeichnet. Der Höchststand (229 Studien) ist ebenfalls im Studienjahr 2018/19 erreicht, die Zahl der neuen Doktoratsstudien sinkt daraufhin auf 143 im Studienjahr 2020/21.⁵¹

Die Gesamtzahl der ordentlichen Informatik-Studien nahm von 15.621 im WS 2014 zu, wobei im WS 2018 ein Rückgang feststellbar war. Im WS 2020 wurde ein Höchststand von 17.088 Studien erreicht. Bei rund zwei Drittel handelt es sich um Bachelorstudien (11.000 Studien), rund 28% sind Masterstudien (4.949). Der Anteil der Doktoratsstudien nahm bis zum WS 2019 stetig ab (1.080 Studien). Ein einsetzender Positivtrend sieht die Zahl im WS 2020 1.136 erreichen. Dies ist ein Anteil von unter sieben Prozent. Die auslaufenden Diplomstudien fallen seit dem WS 2015 kaum mehr ins Gewicht und sinken bis zum WS 2020 auf drei ordentliche Studien ab. Die Zahl der prüfungsaktiv betriebenen Studien⁵² weist seit dem Studienjahr 2016/17 einen positiven Trend auf. Im Studienjahr 2019/20 gibt es 8.374 prüfungsaktive Studien.

Die Zahl der Informatik-Studienabschlüsse nimmt insgesamt leicht zu und erreicht im Studienjahr 2019/20 1.352, wobei es sich bei mehr als der Hälfte der Abschlüsse um Bachelorstudien handelt. Der Anteil der Master- und Doktoratsabschlüsse überragt den jeweiligen Anteil dieser Studienarten an den ordentlichen Studien. Abschlüsse werden überproportional von Master- und Doktoratsstudien getragen. Die Zahl der Abschlüsse innerhalb der Toleranzstudiendauer fällt sehr niedrig aus und weist einen fallenden Trend auf; sie sinken von 356 im Studienjahr 2016/17 auf 318 im Jahr 2019/20.

Der Frauenanteil bei allen ordentlichen Studien im ersten Semester liegt im Studienjahr 2020/21 bei rund 22%. Der Gesamtfrauenanteil aller ordentlichen Studien nahm bis zum Wintersemester 2019/20 fast stetig zu. Hier erreichte er einen Höchststand von knapp über 24%. Die einzelnen Studien weisen jedoch unterschiedliche Trends auf. So fluktuiert der Frauenanteil bei Bachelor- und Doktoratsstudien über die Jahre. Bei Masterstudien kann der nachdrücklichste Zuwachs an Frauen bis zum Studienjahr 2019/20 festgestellt werden; der Anteil steigt fast stetig an, um dann vom Höchststand von 27% auf knapp unter 23% zu sinken. Mit unter 22% ist der Frauenanteil bei Bachelorstudien am niedrigsten, bei Doktoratsstudien nun am höchsten (über 24%). Bei den ordentlichen Informatik-Studien aller Semester fällt der Frauenanteil mit 19,9% im WS 2020 gesamt betrachtet niedriger aus. Im Studienjahr 2019/20 werden knapp unter 18% aller Informatik-Abschlüsse von Frauen erzielt; ihr Anteil an Abschlüssen innerhalb der Toleranzstudiendauer liegt jedoch lediglich bei 13% im Studienjahr 2019/20.

Die Betrachtung der ordentlichen Studien nach Herkunftsstaatengruppen (Österreich, EU und Drittstaaten) zeigt, dass der Österreich-Anteil gesamt rückläufig ist; von rund 77 Prozent im WS 2014 auf knapp über 71 Prozent im WS 2020. Dieser Trend ist bei Master- (77,4 auf 66 Prozent) und Doktoratsstudien (70,4 auf 59 Prozent) noch viel stärker ausgeprägt.

Die Anzahl der Berufungen in der Informatik stieg zwischen den Studienjahren 2018/19 bis 2020/21 stetig an. Im Studienjahr 2020/21 wurden 17,2 vollzeitäquivalente Professorinnen oder Professoren angestellt. Lediglich im Studienjahr 2018/19 wurden Bewerberinnen und Bewerber mehrheitlich aus dem Ausland rekrutiert (64,5%; 2019/20: 43%; 2020/21: 35%). Die Anzahl deutscher Berufungen überragt in allen Jahren jene aus allen anderen EU-Staaten zusammengekommen leicht.

Die Steigerung der Berufungen spiegelt sich auch in der Zahl der vollzeitäquivalenten Professorinnen und Professoren und deren Äquivalente wider, die an der Betreuung der Informatikstudien (Bachelor, Master und Diplom) beteiligt sind. Bei Assistenzprofessorinnen und -professoren wie auch bei Dozentinnen und Dozenten ist ein rückläufiger Trend feststellbar, bei den Professorinnen und

Professoren hingegen kam es zu einem stetigen Zuwachs. Im Studienjahr 2020/21 gibt es 118,7 vollzeitäquivalente Professorinnen und Professoren, 34,9 Assistenzprofessorinnen und -professoren sowie 61,8 Dozentinnen und Dozenten.

Im europäischen Vergleich zeichnet sich für Österreichs Informatikstudierende ein ambivalentes Bild. Bei den Zahlen der Studierenden findet sich Österreich meist im oberen Mittelfeld der Vergleichsländer, bei Masterstudierenden sogar im Spitzenfeld. Bei den Abschlüssen hingegen zeigt sich, dass noch deutlich Raum für Verbesserungen besteht. So findet sich Österreich bei den Bachelorabschlüssen zusammen mit Deutschland und den Niederlanden im unteren Mittelfeld ein. Bei den Masterabschlüssen rückt Österreich an das untere Ende und bildet zusammen mit der Schweiz das Schlusslicht.

4.1 Informatikstudien in Österreich

Abbildung 3 zeigt, dass im Studienjahr 2015/16 Informatikstudien im ersten Semester einen Höchststand von 4.156 erreichen. Nach dem bereits erwähnten Rückgang steigen die Zahlen an, bevor sie in den Studienjahren 2019/20 und 2020/21 wieder leicht rückläufig sind um 3.631 Studien zu erreichen. Die einzelnen Studienarten sind davon jedoch nicht gleichermaßen betroffen; Bachelorstudien z.B. verzeichnen anfangs weiterhin einen leichten Zuwachs, während Master- und Doktoratsstudien einen Rückgang von fast 13 bzw. 37 Prozent aufweisen. Das Studienjahr 2020/21 zeigt wiederum ein anderes Bild: zählt das letzte Studienjahr

insgesamt 3.631 Studien im ersten Semester, sinken Bachelorstudien nun auf 2.418, Masterstudien hingegen steigen leicht um 1.070 Studien zu erreichen und Doktoratsstudien sinken weiter auf 143.

Gesamt betrachtet steigt der Frauenanteil unter den Erstsemestrigen von 21,5% im Studienjahr 2014/15 auf knapp über 22% im Studienjahr 2020/21 an. Doch auch hier weisen die Studienarten Unterschiede auf: Der Frauenanteil bei den Masterstudien steigt stetig von 18,1% auf 27,5% (Studienjahr 2019/20), um dann auf 22,7% abzusinken. Die beiden anderen Studienarten weisen Fluktuationen auf, wobei der Frauenanteil bei Doktoratsstudien einen Zuwachs aufweist, jener der Bachelorstudien einen Rückgang.

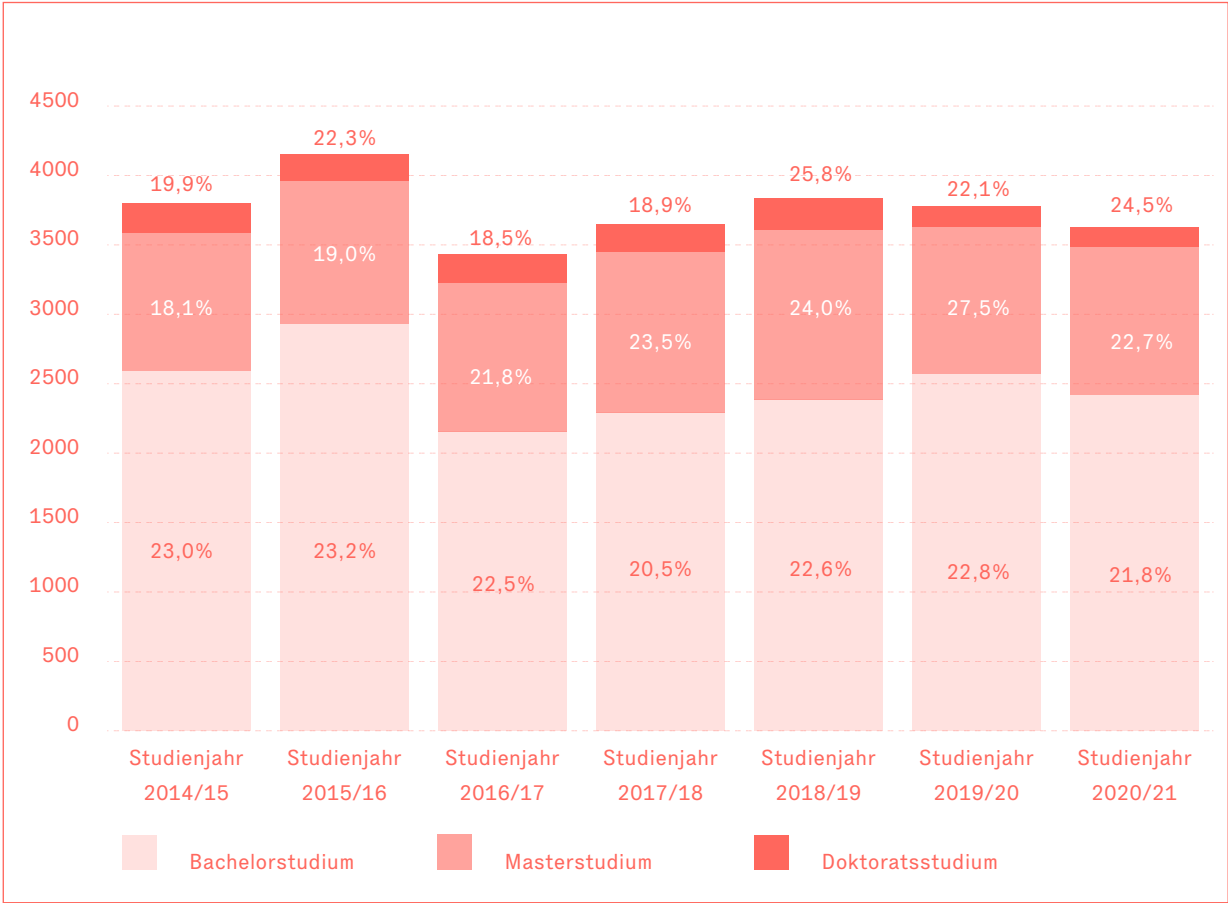


Abbildung 3: Ordentliche Studien im ersten Semester nach Studienart; Frauenanteil in Prozent⁵³

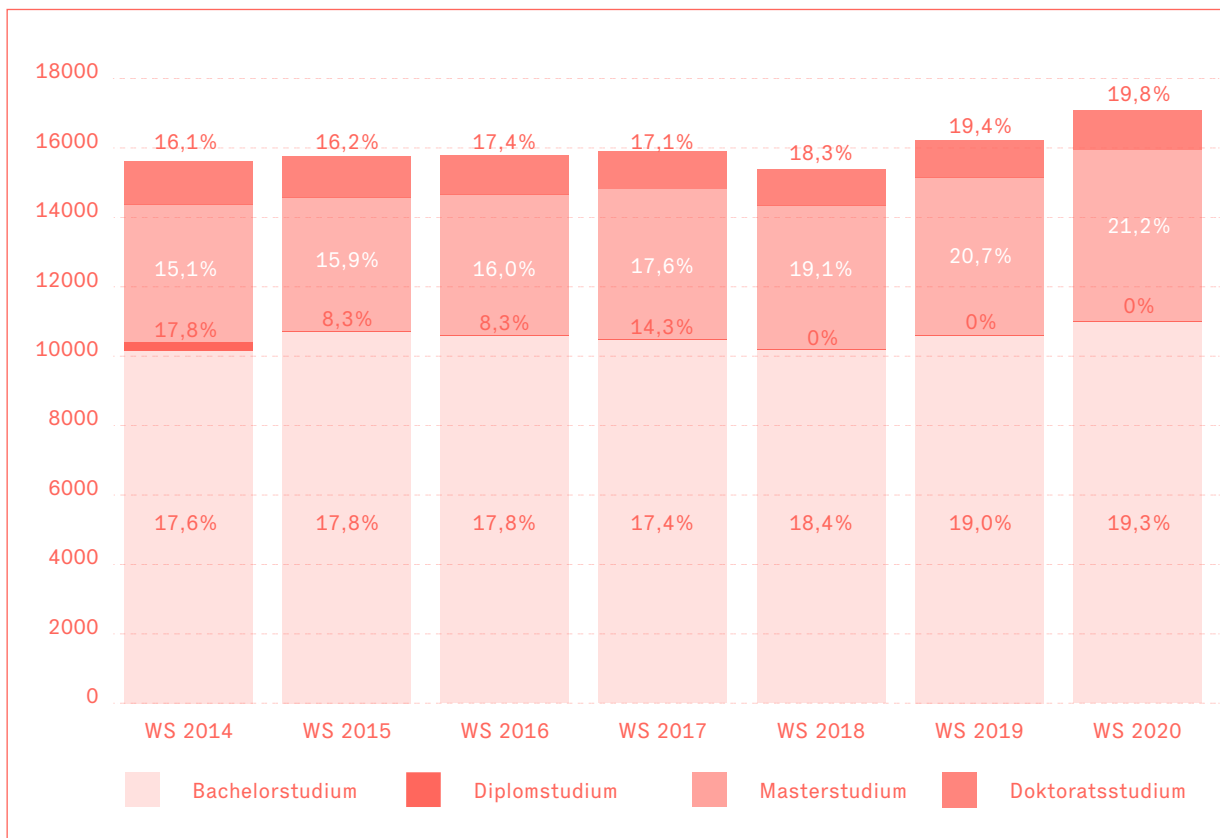


Abbildung 4: Ordentliche Studien nach Studienart; Frauenanteil in Prozent⁵⁴

Die Gesamtzahl der ordentlichen Informatik-Studien (siehe Abbildung 4) nahm von 15.621 im WS 2014 zu, wobei im WS 2018 ein Rückgang von über drei Prozent feststellbar war. Im WS 2020 wurde ein Höchststand von 17.088 Studien erreicht. Bei rund zwei Drittel handelt es sich um Bachelorstudien. Zwischen dem WS 2016 und WS 2018 ging die Zahl der Bachelorstudien leicht zurück, ein darauffolgendes Plus ließ sie 11.000 Studien im WS 2000 erreichen. Der Anteil der Doktoratsstudien nimmt bis zum WS 2018 stetig ab, um dann einen Gegentrend anzutreten; sind es im WS 2014 noch 8% aller ordentlichen Studien, so sind es im WS 2020 nur mehr 6,6%. Masterstudien machen im WS 2020 29% der Gesamtzahl aus, jedoch zeigen sich über die Jahre hinweg betrachtet teilweise starke Fluktuationen: im WS 2018 ein Rückgang von fast 4,5%, in den Jahren darauf folgen Zuwächse von über 9%. Die auslaufenden Diplomstudien fallen seit dem WS 2015 kaum mehr ins Gewicht. Im WS 2014

bestanden noch 259 Diplomstudien, doch sinkt die Anzahl schlagartig auf 12 ab. Nach einem Abschluss im Studienjahr 2018/19 (siehe Abbildung 8 unten) bleiben im WS 2019 noch vier Diplomstudien in der Informatik bestehen. Ein weiterer Abschluss senkt die Anzahl auf drei im WS 2020.

Der Frauenanteil bei den ordentlichen Informatik-Studien, verglichen mit jenem der Studien im ersten Semester, fällt gesamt betrachtet etwas niedriger aus (WS 2020 19,9% und Studienjahr 2020/21 22,1% respektive).

Liegt die Zahl der ordentlichen Bachelor-, Diplom- und Masterstudien im WS 2018 bei 14.340, so liegt jene der prüfungsaktiv betriebenen Studien im Studienjahr 2019/20 bei 8.374. Prüfungsaktive Studien zeigen seit dem Studienjahr 2016/17 einen positiven Trend, welcher unter Frauen etwas stärker ausgeprägt ist als unter Männern.⁵⁵

Abbildung 5 erlaubt einen Einblick in die Entwicklung der ordentlichen Studien nach Staatengruppen. Hier ist klar ersichtlich, dass Österreich den größten Anteil ausmacht, dieser sich aber in einem leichten Rückgang befindet (auch wenn die absoluten Zahlen durchschnittlich um 0,3% pro Jahr zunehmen). Die Anteile der beiden anderen Staatengruppen (EU und Drittstaaten) fallen sehr ähnlich aus (zwischen 16 und 12,6 Prozent respektive im WS 2020) und weisen einen weitgehend positiven Trend auf. Hier ist eine interessante Ausnahme anzuführen: die Gesamtrate der Drittstaaten verzeichnete im WS 2018 einen Rückgang von über sieben Prozent. Jedoch bei genauerer Betrachtung der einzelnen Studienarten von Drittstaatenangehörigen (Abbildung 6) zeigt sich, dass diese sehr unterschiedliche Entwicklungen aufweisen: Bachelorstudien nehmen ab dem WS 2016 einen stetigen Abwärtstrend ein, während Masterstudien über den ganzen Betrachtungszeitraum hindurch von Fluktuationen gezeichnet sind. Bis zum

WS 2018 bleibt die Zahl der Doktoratsstudien stabil um 200, sie steigt dann etwas stärker an und erreicht 260 im WS 2020. Die Entwicklung Angehöriger von EU-Staaten zeigt zwischen WS 2014 und 2020 einen durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 7,5%, die Zuwachsrate steigt im WS 2019 um 12,8%, im WS 2020 sogar um 14%. Dieser starke Anstieg wird insbesondere von Bachelor- und Masterstudien getragen.

Der Frauenanteil weist signifikante Unterschiede zwischen den Staatengruppen auf (siehe Abbildung 5). So zeigt sich, dass der Frauenanteil der Studien der österreichischen Staatengruppe über den gesamten Betrachtungszeitraum weit unter dem der beiden anderen Staatengruppen liegt. Im WS 2020 liegt dieser für AT bei 17%, der Frauenanteil unter Drittstaatenangehörigen fällt fast doppelt so hoch aus (28,8%), jener von EU-Angehörigen (22,4%) etwas höher als der Gesamtfrauenanteil (22,1%).

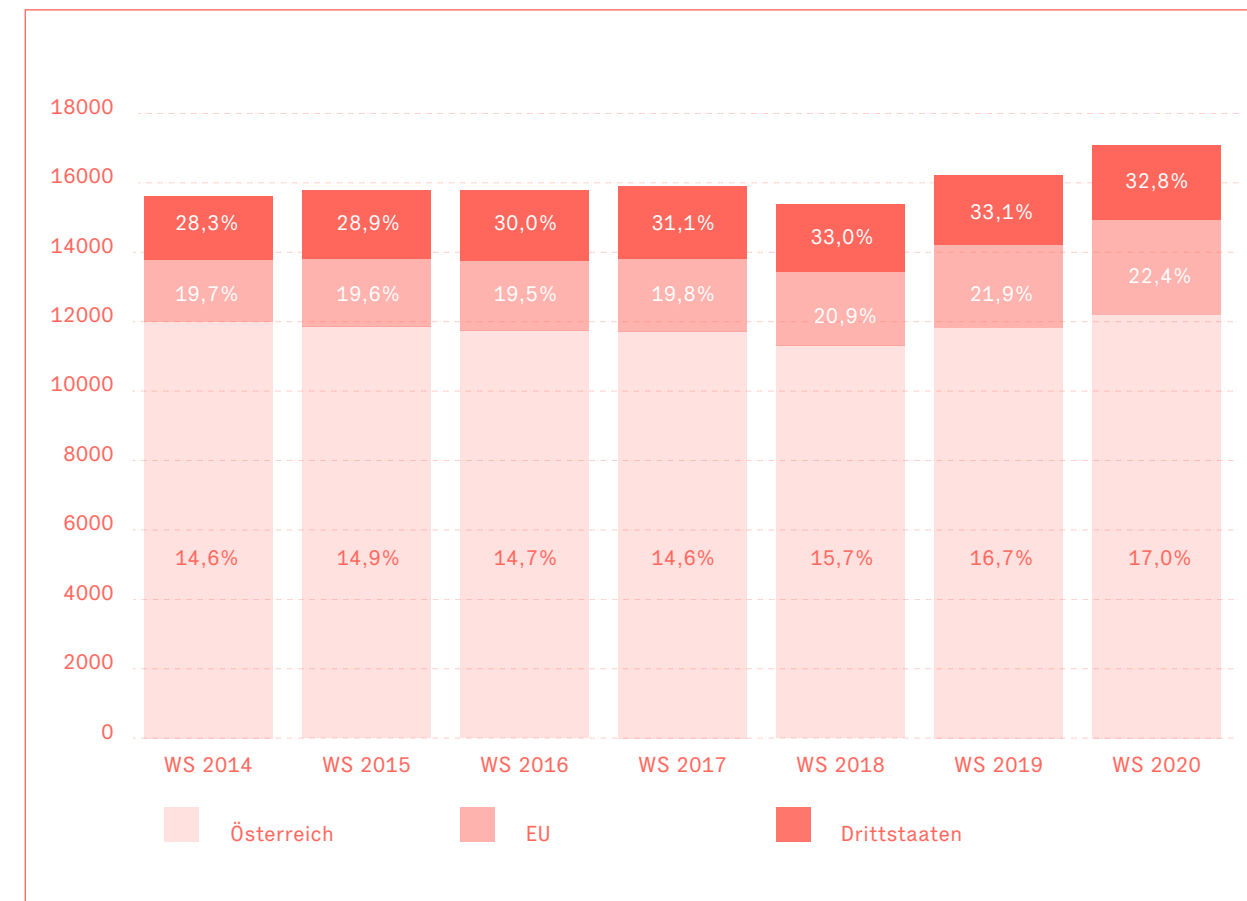


Abbildung 5: Ordentliche Studien nach Staatengruppen; Frauenanteil in Prozent⁵⁶

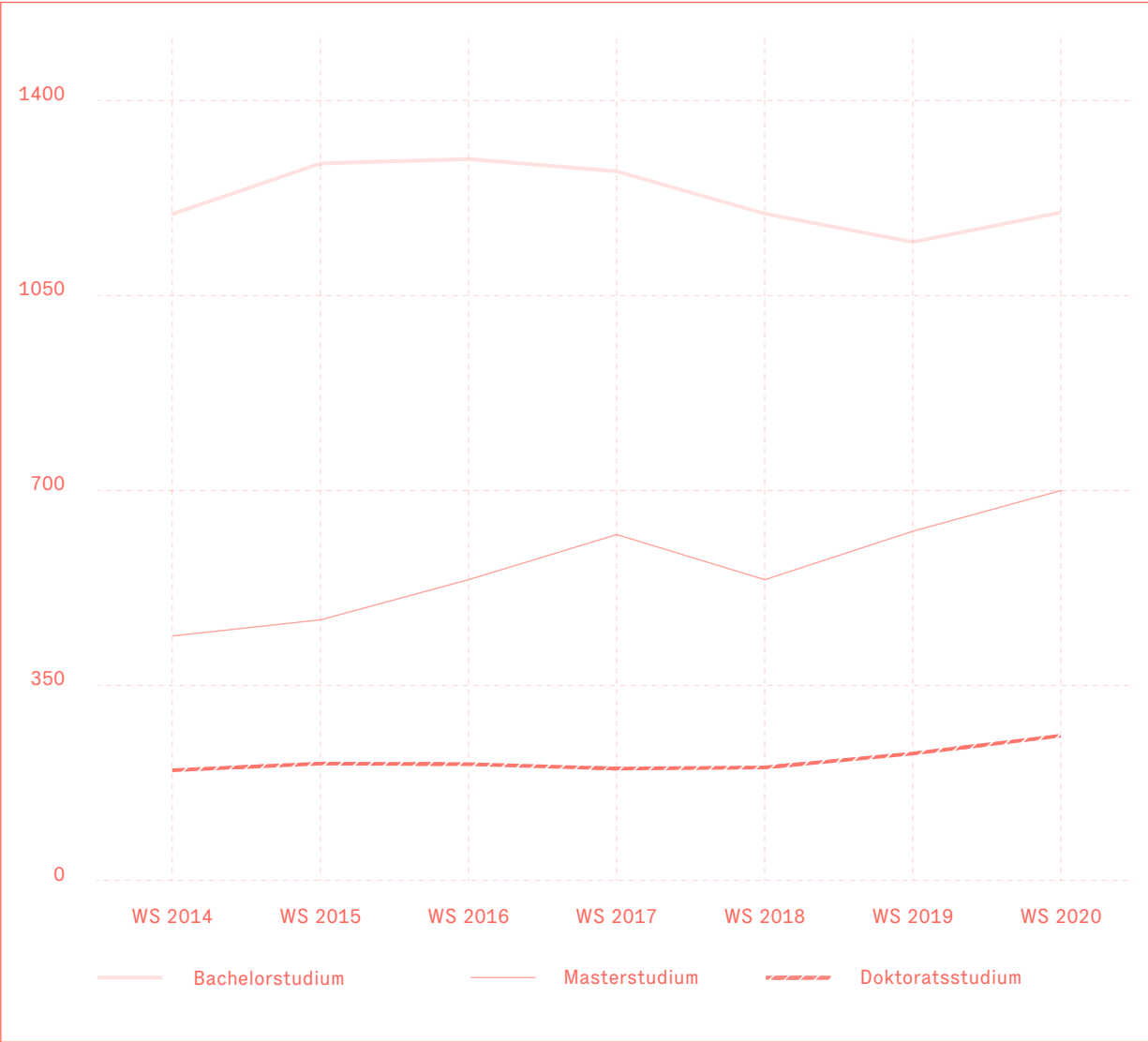


Abbildung 6: Ordentliche Studien nach Studienarten (exkl. Diplomstudien) von Drittstaatenangehörigen⁵⁷

Bei all diesen Betrachtungen handelt es sich um die Gruppierung von Staatsbürgerschaften, was keine Aussagen über die tatsächliche *Herkunft* der Studierenden ermöglicht bzw. darüber, wo sie ihre vorherige Bildung genossen haben. So ergibt diese Betrachtungsweise einen „Ausländerinnen- und Ausländeranteil“ von rund 26% (exkl. Doktoratsstudien) im Wintersemester 2019. Abbildung 7 hingegen richtet das Augenmerk auf *Bildungsausländerinnen* und -ausländer. Hier werden all jene miteinbezogen, die ihre Studienberechtigung außerhalb Österreichs erlangt haben. Dies bedeutet, dass österreichische

Staatsbürgerinnen und -bürger auch mitgezählt werden, wenn ihr Schulabschluss außerhalb Österreichs erfolgte. Gleichfalls werden jedoch andere Nationalitäten, die eine österreichische Matura absolviert haben, hier nicht mitgezählt. Diese Betrachtungsweise ergibt für die Informatik einen erheblich niedrigeren „Ausländerinnen- und Ausländeranteil“ von rund 18% (exkl. Doktoratsstudien). Abbildung 7 deutet ferner darauf hin, dass der Anteil deutscher Bildungsausländerinnen und -ausländern in der Informatik, im Gegensatz zu anderen Studiengruppen, relativ niedrig ist.

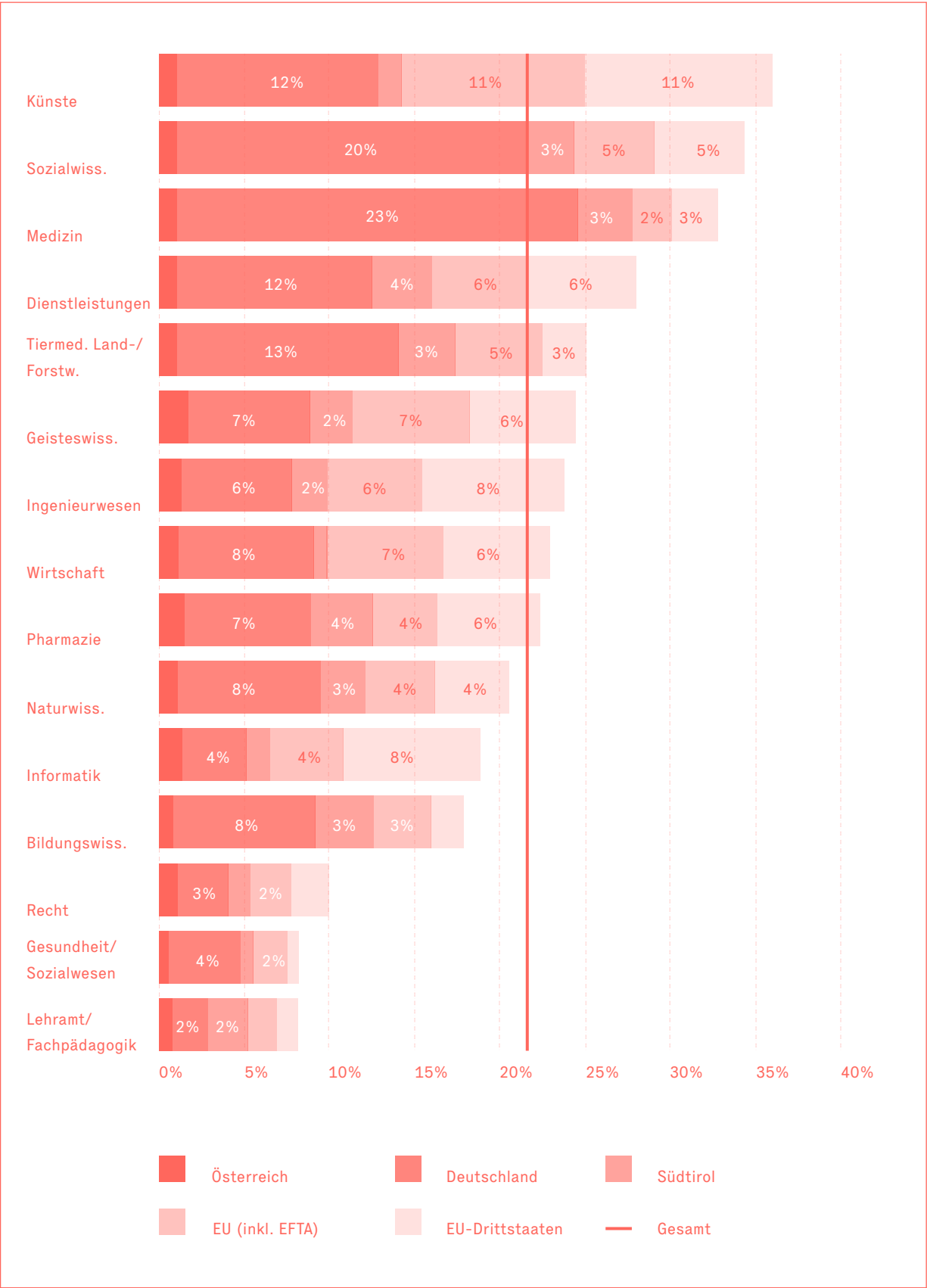


Abbildung 7: Anteil der Bildungsausländerinnen und -ausländer an allen Studierenden nach Nationalität und Studiengruppen; Studien (exklusive Doktorats- und Incoming-Mobilitätsstudierende) im Sommersemester 2019 (Privatuniversitäten Wintersemester 2018/19)⁵⁸

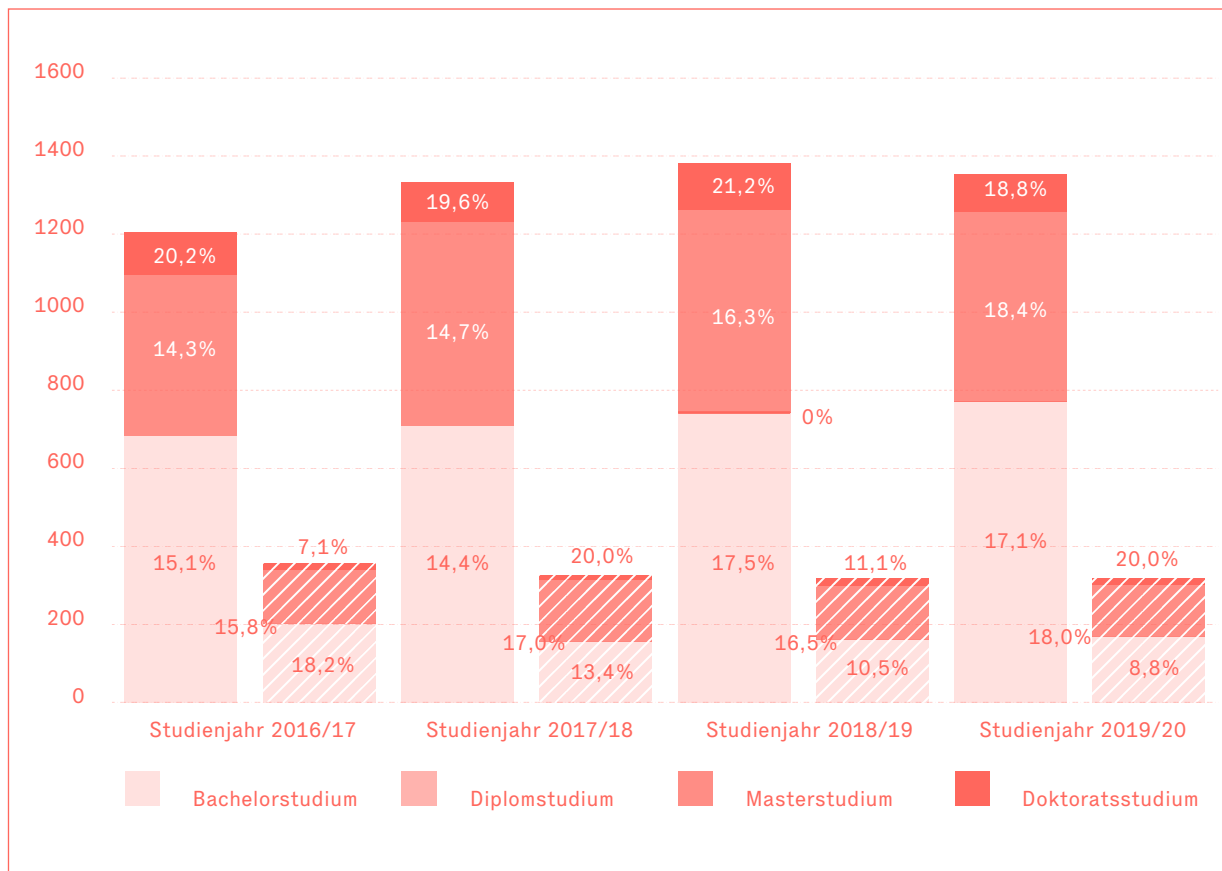


Abbildung 8: Anzahl der Studienabschlüsse und Abschlüsse in Toleranzstudiendauer (schattiert) nach Studienart; Frauenanteil in Prozent⁵⁹

Abbildung 8 richtet das Augenmerk auf die Studienabschlüsse in der Informatik in den Studienjahren 2016/17 bis 2019/20. Während die Anzahl der Studienabschlüsse insgesamt zunahm und 1.383 erreichte, so weisen die Abschlüsse in Toleranzstudiendauer (schattiert) eine gegenteilige Tendenz auf: sie fallen von 356 auf 318. Auffällig ist hier der Trend der Abschlüsse von Frauen; gesamt betrachtet nehmen diese zu, jedoch gehen jene in Toleranzstudiendauer zurück. Im Studienjahr 2019/20 werden 17,7% aller Informatik-Abschlüsse von Frauen erzielt. Ihr Anteil an Abschlüssen innerhalb der Toleranzstudiendauer liegt jedoch bei 13,2%.

Im Studienjahr 2019/20 handelt es sich bei mehr als der Hälfte der abgeschlossenen Studien um Bachelorstudien (57%), gefolgt von Masterstudien (35,9%). Fast 7,1% der Abschlüsse in diesem Studienjahr entfallen auf Doktoratsstudien. Diese Proportionen der Studienarten weichen von deren Verteilung unter den ordentlichen Studien im WS 2020 ab: Bachelor 64,4%, Master 29%, Doktorat 6,6%. Abschlüsse werden daher überproportional von Master- und Doktoratsstudien getragen.

4.2 Human- und Strukturkapital

Die Zahl der Berufungen in der Informatik wurde zwischen den Studienjahren 2018/19 bis 2020/21 stetig ausgebaut. Wurden 2018/19 8,6 Vollzeitäquivalente (VZÄ) berufen, so waren es 2020/21 17,2. Abbildung 9 zeigt, viele Berufungen erfolgen intern bzw. von anderen österreichischen Universitäten/Dienstgebern (national). Im Studienjahr 2018/19 jedoch waren die Universitäten besonders erfolgreich, Bewerberinnen und Bewerber aus dem Ausland zu rekrutieren (64,5%). Die Anzahl deutscher Berufungen überragt jene aus allen anderen EU-Staaten

zusammengenommen leicht. Berufungen aus der Schweiz und aus anderen Drittstaaten erscheinen schwieriger (1,9 im Studienjahr 2020/21, 0,8 2019/20 und 1,4 2018/19).

Der Frauenanteil bei Berufungen fluktuiert zwischen den Studienjahren und diese Fluktuation ist noch stärker, betrachtet man die Herkunftsuniversitäten bzw. -dienstgeber. Nach einem Hoch im Studienjahr 2019/20 (insgesamt 33% Frauen) scheint es im folgenden Studienjahr erneut schwieriger gewesen zu sein, Frauen zu berufen (lediglich 17,4%). Es erscheint generell unmöglich, Frauen aus der Schweiz oder Drittstaaten zu berufen.

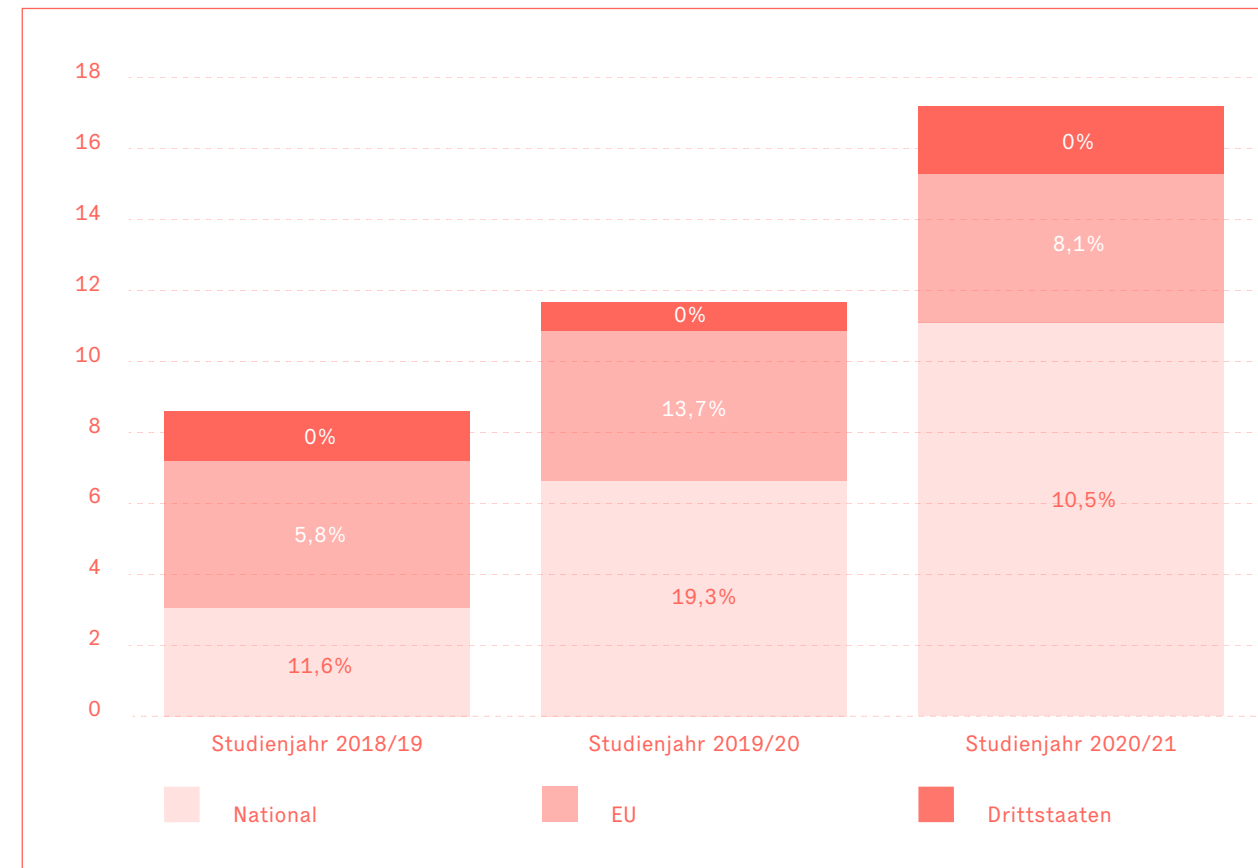


Abbildung 9: VZÄ-Berufungen nach Herkunftsuniversität bzw. Dienstgeber; Frauenanteil in Prozent⁶⁰

Berufungen nach §98 Universitätsgesetz 2002 (UG 2002) und §99 Abs. 1 UG 2002 sind die häufigsten Berufungsformen. Berufungen nach §99 Abs. 3 und 4 sind eher die Ausnahme, wobei hier der Frauenanteil besonders

niedrig ist. Ebenso wurde in den drei Jahren nur einmal von einer §99a Berufung Gebrauch gemacht: im Studienjahr 2019/20 wurde eine Frau über ein derartiges *Opportunity Hiring*-Verfahren berufen.⁶¹

Abbildung 10 zeigt die Anzahl der vollzeit-äquivalenten Professorinnen und Professoren und deren Äquivalente, die in der Betreuung von Informatikstudien auf der Ebene von Bachelor, Master und Diplom beteiligt waren. Hierbei handelt es sich nicht unbedingt um Personal von Informatikinstituten. Gesamt ist ein zunehmender Trend zwischen den Studienjahren 2018/19 (199,8) und 2020/21 (215,4) feststellbar. Der Anteil der VZÄ Professorinnen und Professoren steigt seit dem Studienjahr 2018/19 stetig von 45% an und erreicht mit 118,7 im Studienjahren 2020/21 nun rund 55%. Die Zahlen der VZÄ Assistenzprofessorinnen und -professoren sowie der VZÄ Dozentinnen und Dozenten weisen einen gegenteiligen Trend auf. Im Jahr 2020 gibt es 34,9 VZÄ Assistenzprofessorinnen und -professoren sowie 61,8 VZÄ Dozentinnen und Dozenten. Trotz dieses generell zunehmenden Trends beim Lehrpersonal weisen die Betreuungsverhältnisse bei Informatikstudien gesamt betrachtet keine Verbesserung auf, da die Zahl der prüfungsaktiv betriebenen Studien in einem stärkeren Ausmaß ansteigt. Das

vielbesagte „schlechte“ Betreuungsverhältnis in der Informatik ist jedoch keine Problematik, die allen Standorten gleichermaßen gemein ist.

Die F&E-Einnahmen im Bereich Informatik sind zwischen den Studienjahren 2017/18 und 2018/19 leicht rückläufig, nehmen dann aber zu und erreichen im Studienjahr 2020/21 knapp unter 44 Mio. Euro. Abbildung 11 zeigt, dass keine Quelle als stark dominant hervorsticht, die vier größten sind die EU, Wissenschaftsfonds (FWF), Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und Unternehmen. Hervorzuheben ist der stetige Rückgang der FWF-Einnahmen bis zum Studienjahr 2019/20. Das letzte Jahr sah die FWF-Einnahmen wieder ansteigen, sie bleiben jedoch fast 500.000 unter jenen des Studienjahres 2017/18. Bei den Einnahmen des FFG ist ein starker positiver Trend feststellbar; die absoluten Einnahmen wuchsen zwischen den Studienjahren 2017/018 und 2020/21 um nahezu 50%. Nationale Quellen dominieren die F&E-Einnahmen. Einnahmen aus Drittstaaten spielen eine geringe Rolle (siehe Abbildung 12).

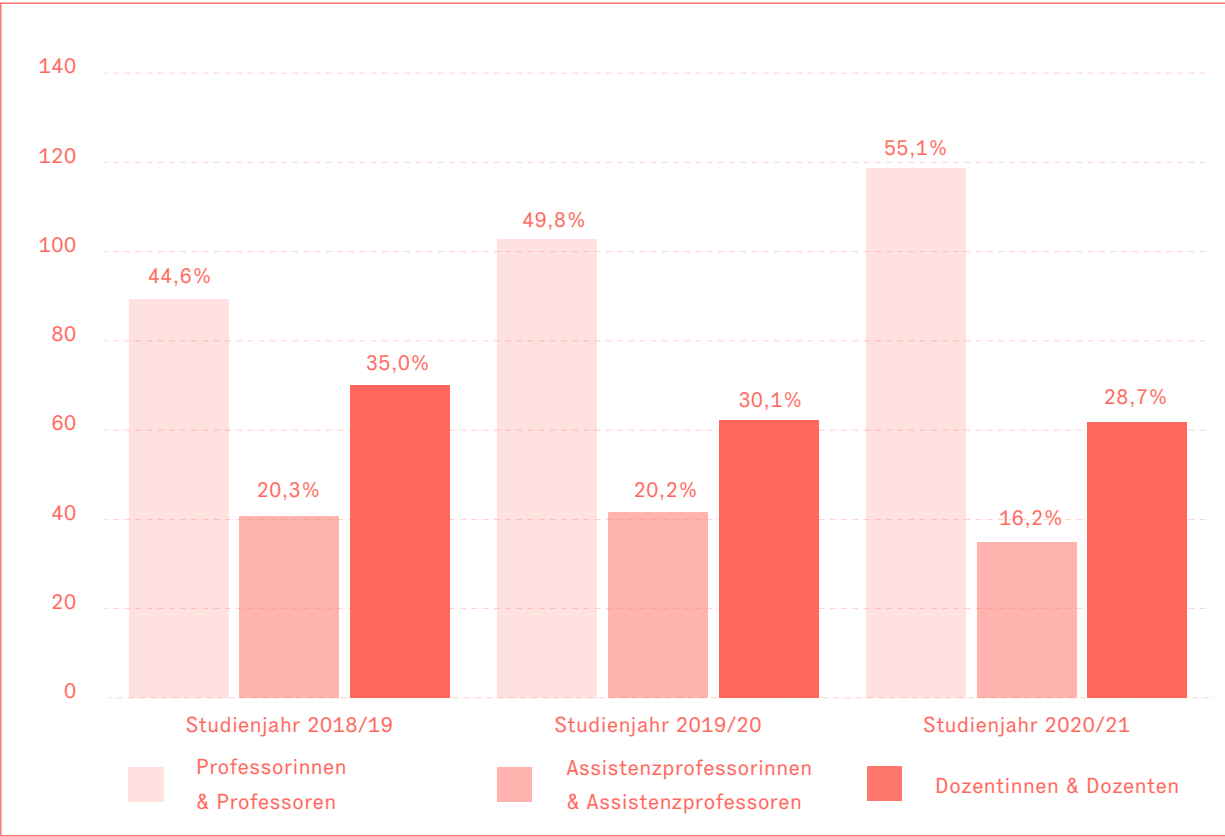


Abbildung 10: Professorinnen und Professoren und Äquivalente; Anteile in Prozent⁶²

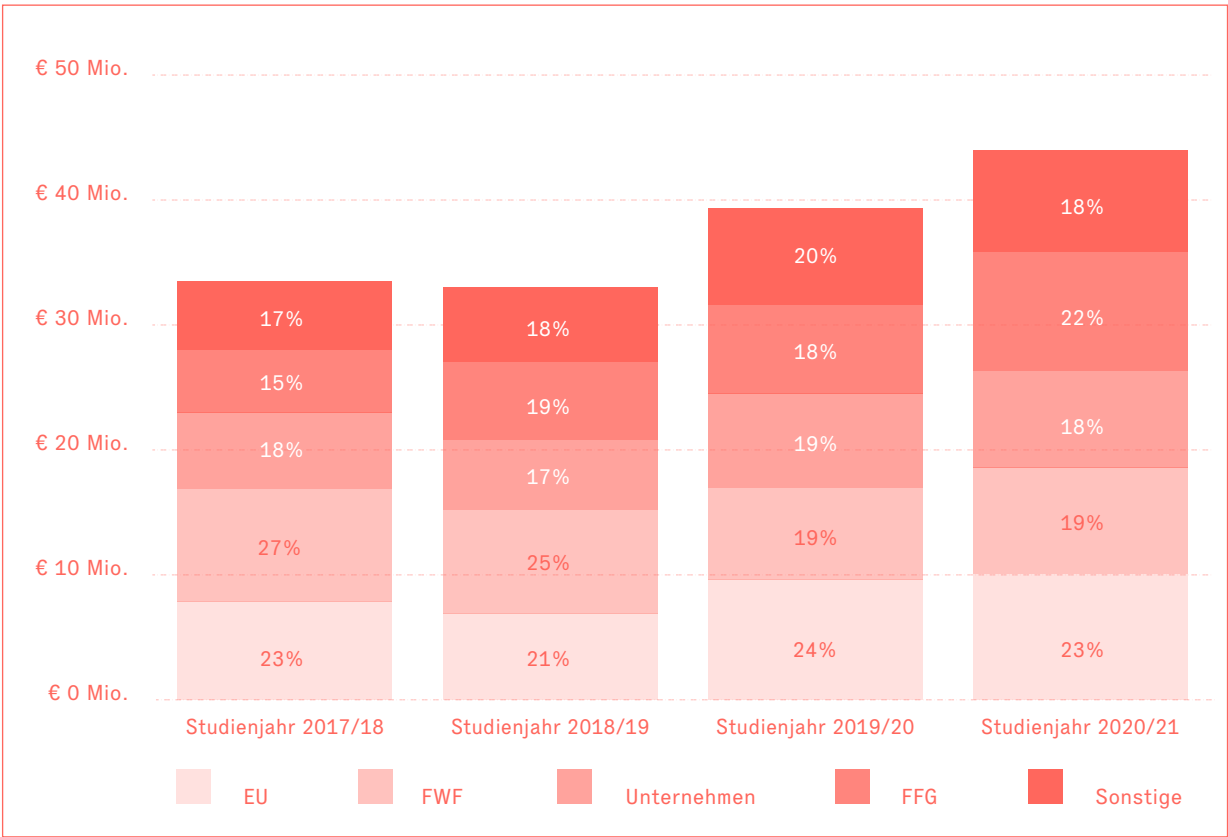


Abbildung 11: F&E-Einnahmen der Informatik: Quellen in Prozent⁶³

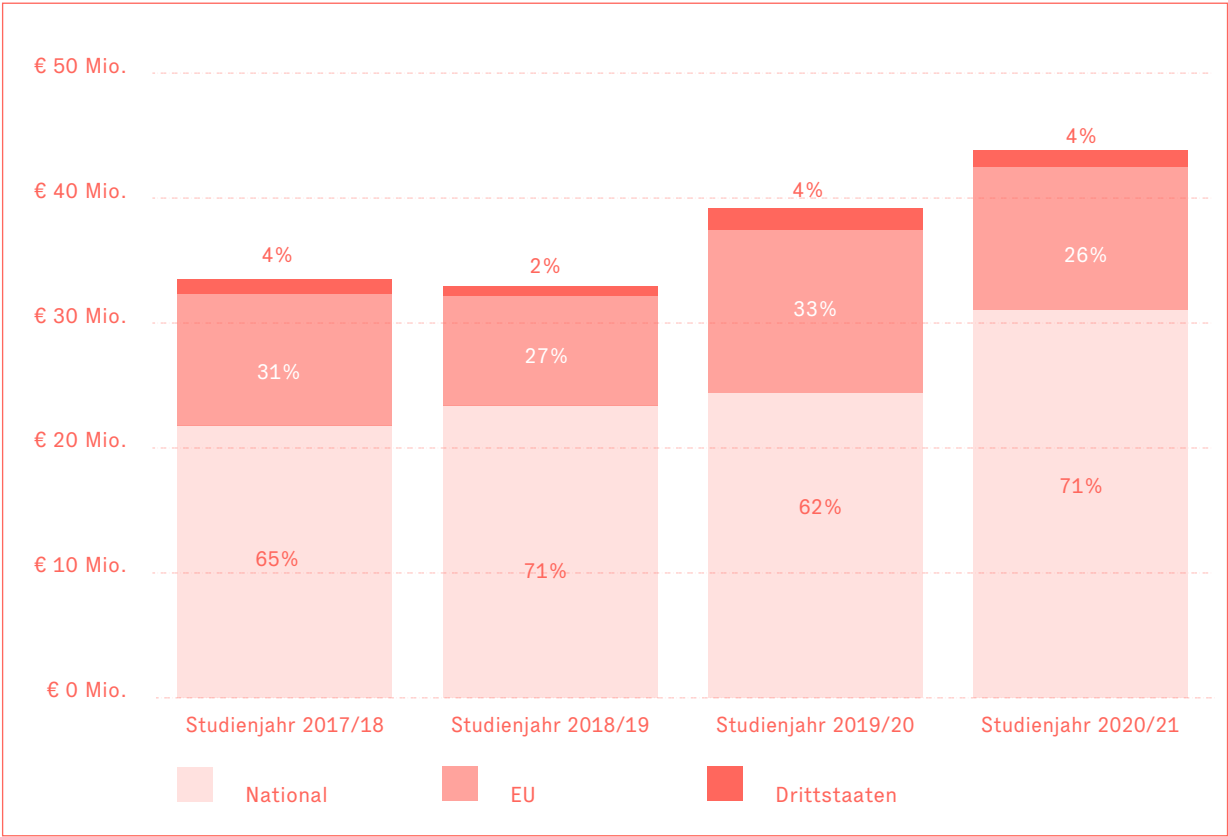


Abbildung 12: F&E-Einnahmen der Informatik: Sitz der Auftraggeberorganisation; Anteil in Prozent⁶⁴

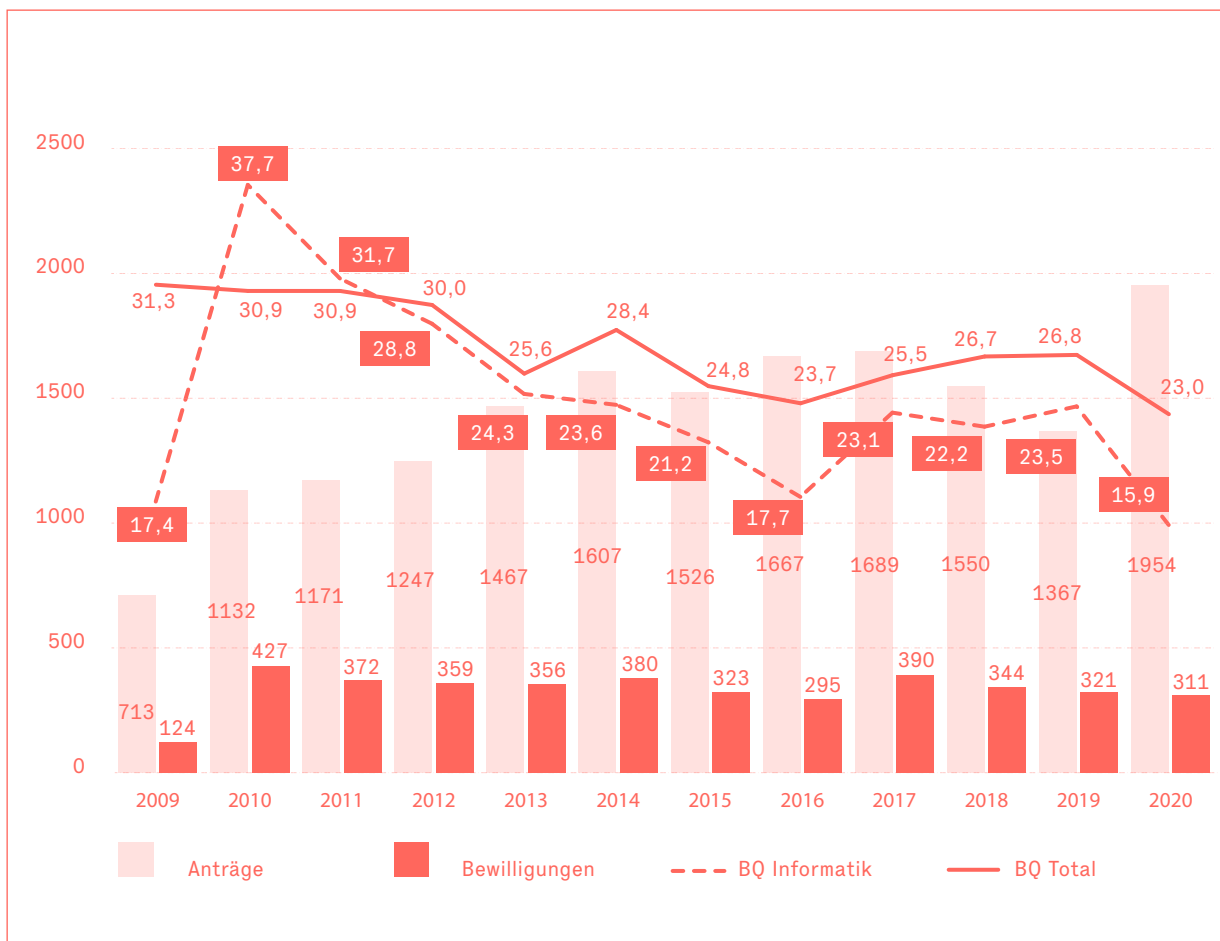


Abbildung 13: FWF-Anträge und Bewilligungsquote (in Prozent) der Informatik im Vergleich zur Bewilligungsquote aller Anträge⁶⁵

Ein Blick auf die Zahl der beim FWF eingebrachten Anträge im Bereich Informatik (Abbildung 13) zeigt einen relativ stetigen Anstieg bis 2014. In diesem Jahr wurden 1.607 Anträge eingereicht. Dieses hohe Niveau kann mit einer gewissen Schwankung bis 2018 gehalten werden. Einem Einbruch auf 1.367 Anträge folgt ein Rekordhoch von 1.954 Einreichungen im Jahr 2020. Die Bewilligungsquote der Informatik liegt in allen Jahren außer 2010 und 2011 unter der Gesamtbewilligungsquote. Von diesen

Ausnahmejahren an nimmt die Informatik-Bewilligungsquote bis 2016 stetig ab. Die Bewilligungsquote sinkt im Jahr 2020 gesamt stärker ab, in der Informatik ist dieser Trend jedoch ausgeprägter und erreicht ein Tief von knapp unter 16 Prozent im Jahr 2020. Die absolute Zahl der Bewilligungen zeigt einen weitaus stabileren Trend. Hier zeigt das Jahr 2010 den Höchststand mit 427 Bewilligungen. Die darauffolgenden Jahre variieren zwischen 295 und 390 Bewilligungen. Im Jahr 2020 wurden 311 Anträge der Informatik bewilligt.

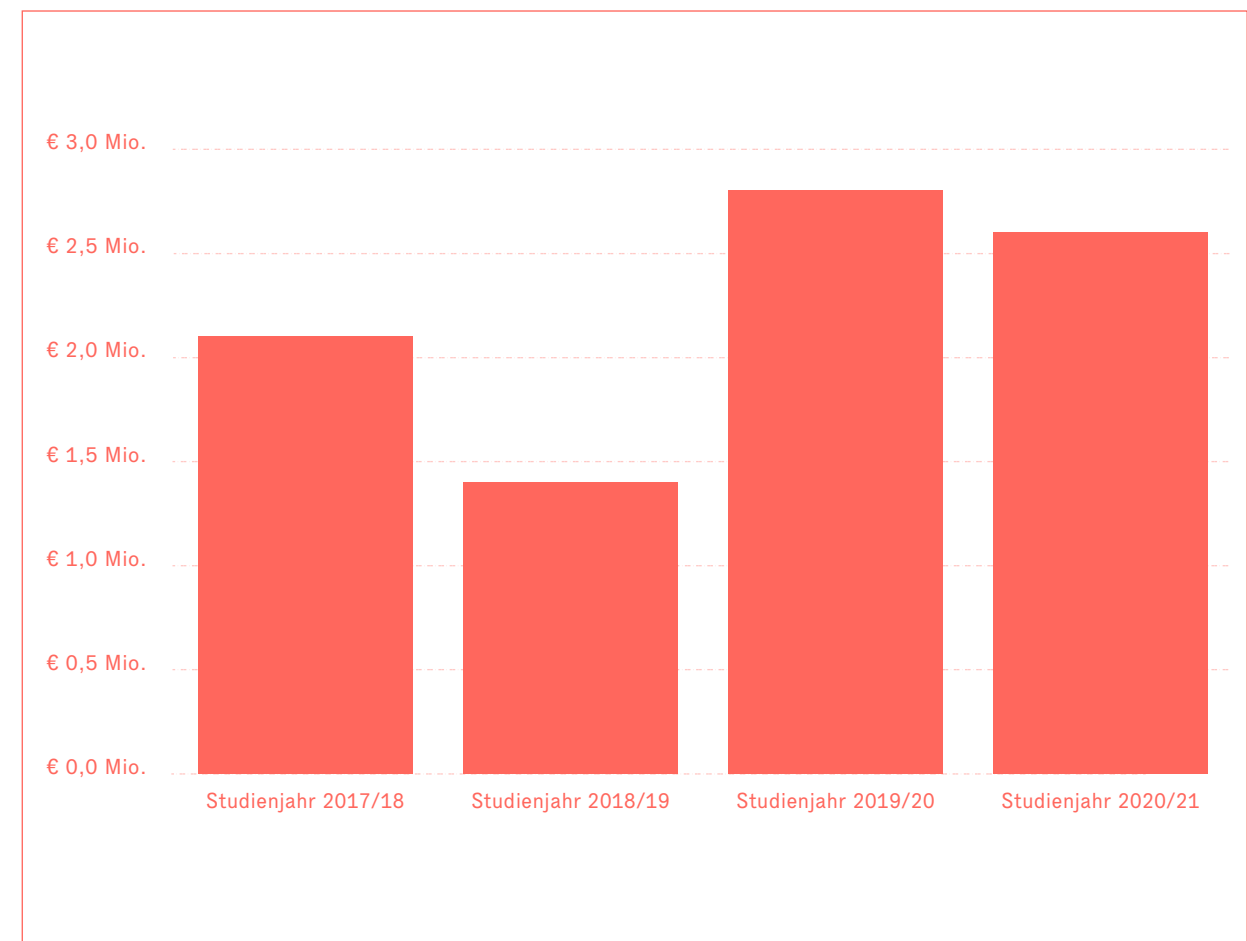


Abbildung 14: Investitionen in Infrastruktur der F&E-Bereiche der Informatik⁶⁶

Abbildung 14 zeigt die Investitionen der Universitäten in die Infrastruktur der F&E-Bereiche der Informatik. Diese sind naturgemäß starken Schwankungen ausgesetzt und variieren auch bedeutend zwischen den Institutionen. Ein kräftiger Investitionsschub der TU Wien von mehr als 1,5 Mio. Euro im Studienjahr 2019/20 trägt beinahe zur Verdoppelung der gesamten Investitionsbeträge zwischen den Studienjahren 2018/19 und 2019/20 bei, welche somit knapp über 2,8 Mio. Euro erreichen. Im Studienjahr 2020/21 fallen die

Gesamtinvestitionen etwas knapper aus (rund 2,6 Mio. Euro). Wiederum rund die Hälfte (über 1,3 Mio. Euro) geht in diesem Jahr auf die TU Graz zurück.

4.3 Internationaler Vergleich

Der folgende Abschnitt soll eine Positionierung Österreichs im internationalen Vergleich ermöglichen. Hierfür soll ein Einblick in die Situation der Informatik in ausgewählten internationalen Universitätslandschaften gewährt werden. Zu diesem Zweck werden ausgewählte Daten aus dem *Informatics Education in Europe*-Report herangezogen, welcher periodisch von *Informatics Europe* herausgegeben wird.⁶⁷

Mit Bezug auf zentrale Daten hinsichtlich Studienanfängerinnen und -anfänger, Bachelor- und Masterstudien und deren Abschlüsse ermöglicht der Report von *Informatics Europe* eine Gegenüberstellung der Vergleichsländer der Kapitel 3.3 und 3.4)⁶⁸, mit Ausnahme von Schweden und Israel. Für Belgien sind die Daten nur für die Studienjahre 2014/15 und 2015/16 verfügbar und werden daher hier nicht berücksichtigt. Die Datenlage bei den

Doktoratsstudien ist generell stärker eingeschränkt, sie ermöglicht dennoch interessante Einblicke.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Ländern zu ermöglichen, werden hier Studierendenzahlen pro 1 Million Einwohnerinnen und Einwohnern (EW) angeführt. Dennoch ist eine Vergleichbarkeit nur limitiert möglich, da sich die Hochschulsysteme und Studienangebote teils stark unterscheiden und die Proportionen der Einschreibungen in Universitäten bzw. „Fachhochschulen“ (FH) variieren, illustriert in Abbildung 15, zwischen den Ländern teils stark; während es in Großbritannien keine Fachhochschulen gibt und in Dänemark der FH-Anteil knapp unter 6 Prozent liegt, ist ein Großteil aller Bachelorstudierenden in den Niederlanden (81%), der Schweiz (69%) und Finnland (63%) in einer Fachhochschule eingeschrieben. In Deutschland ist rund die Hälfte der Bachelorstudierenden an FHs inskribiert, in Norwegen knapp unter einem Drittel und in Österreich ca. ein Viertel.

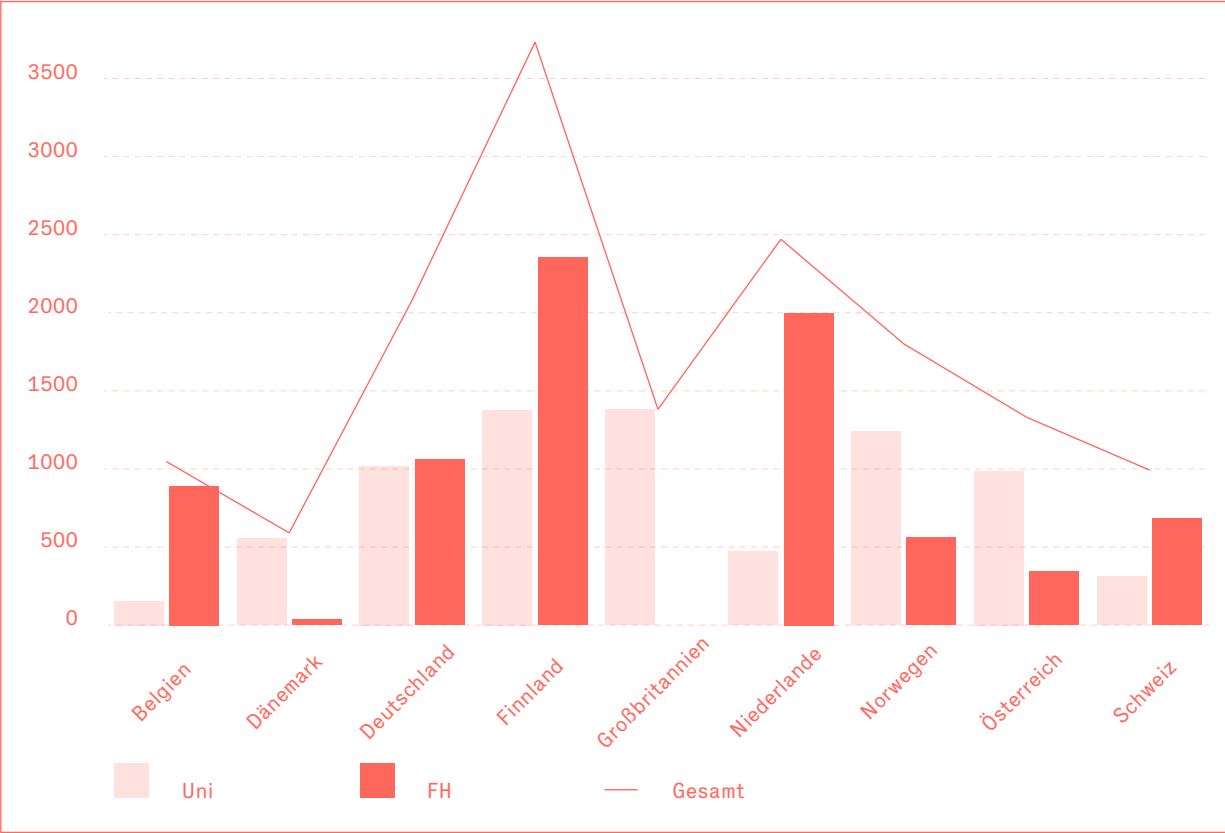


Abbildung 15: Informatikbachelorstudierende/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern an Universitäten und Fachhochschulen sowie Gesamt im Studienjahr 2017/18 (Dänemark: Studienjahr 2015/16)⁶⁹

Abbildung 16 zeigt Bachelorstudierende⁷⁰ pro 1 Million Einwohnerinnen und Einwohner im ersten Semester an Universitäten in acht Vergleichsländern. In fünf Ländern (Deutschland, Niederlande, Norwegen, Schweiz und Großbritannien) ist ein stetiger Anstieg bei den Studienanfängerinnen und -anfängern feststellbar. Großbritannien sticht als das Land mit den meisten Erstsemestrigen merklich hervor; im Studienjahr 2017/18 waren es 509. Bedenkt man jedoch den oben festgehaltenen Vorbehalt und betrachtet die Gesamtzahl der FH- und der Universitäts-Informatik-Anfängerinnen und -Anfänger, so findet sich Großbritannien im oberen Mittelfeld wieder und wird von Finnland (770) und den Niederlanden (611) weit überragt. Wieder auf die Universitäten fokussiert, weisen die Niederlande mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 18,6% den größten Zuwachs zwischen den Studienjahren 2014/15-2017/18 auf. Norwegen ist ebenfalls von einer vergleichsweise hohen Zuwachsrate (durchschnittlich rund 12%) gekennzeichnet.

Abbildung 16 verdeutlicht jedoch, dass dieser Zuwachs erst ab dem Studienjahr 2016/17 einsetzt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einige Fachhochschulen mit Universitäten zusammengelegt wurden.

Drei Länder weisen eine sehr niedrige bzw. rückläufige Zuwachsrate auf: Finnland wächst im Durchschnitt um 0,22 Prozent an.⁷¹ Dänemark weist zwischen den Studienjahren 2014/15 und 2015/16 einen klaren Rückgang von 213 auf 183 Studierende auf, die folgenden beiden Jahre bringen aber einen erneuten stetigen Zuwachs. In Österreich ist der durchschnittliche negative Trend weit stärker ausgeprägt, und spiegelt die Implementierung der Zugangsregelungen an der TU Wien und an der Universität Wien wider. Österreich findet sich im Studienjahr 2017/18 dennoch im oberen Mittelfeld der Vergleichsländer wieder. Das Land mit den wenigsten Erstsemestrigen ist die Schweiz.

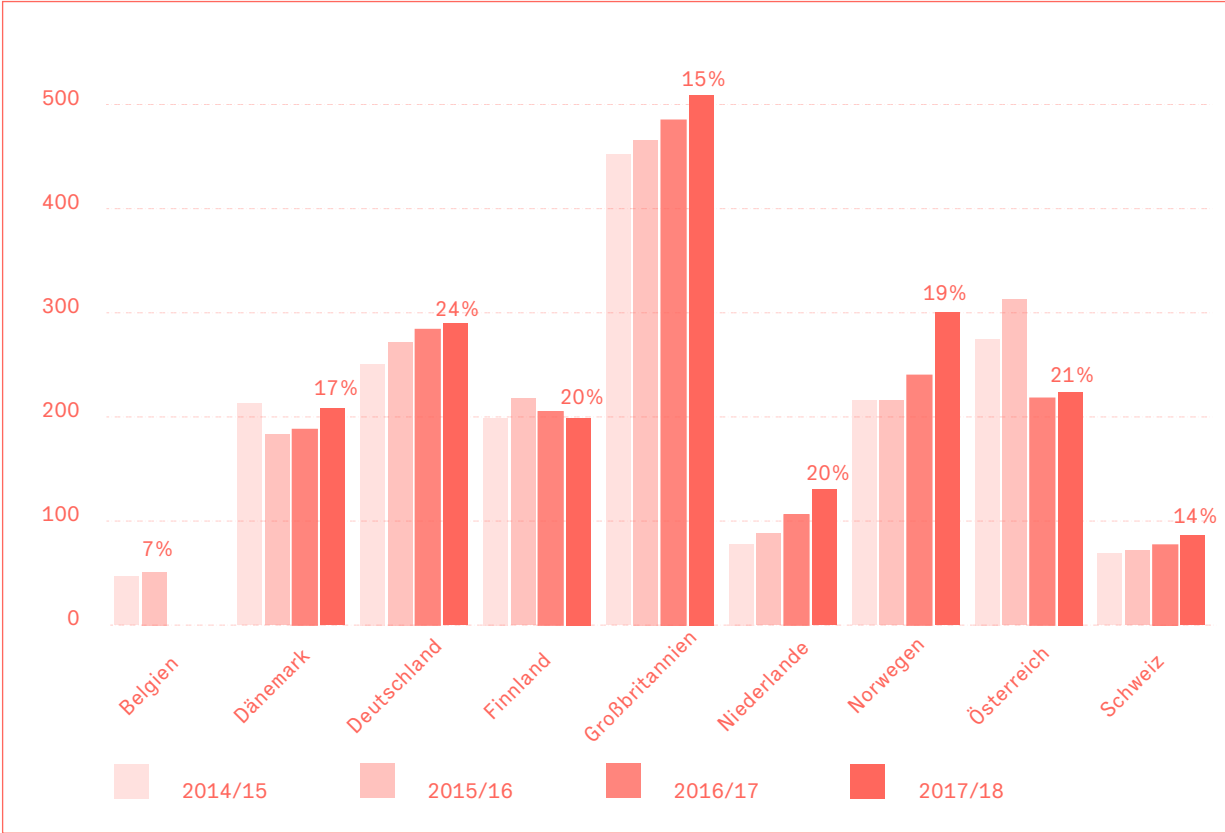


Abbildung 16: Informatikbachelorstudierende im ersten Studienjahr/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁷²

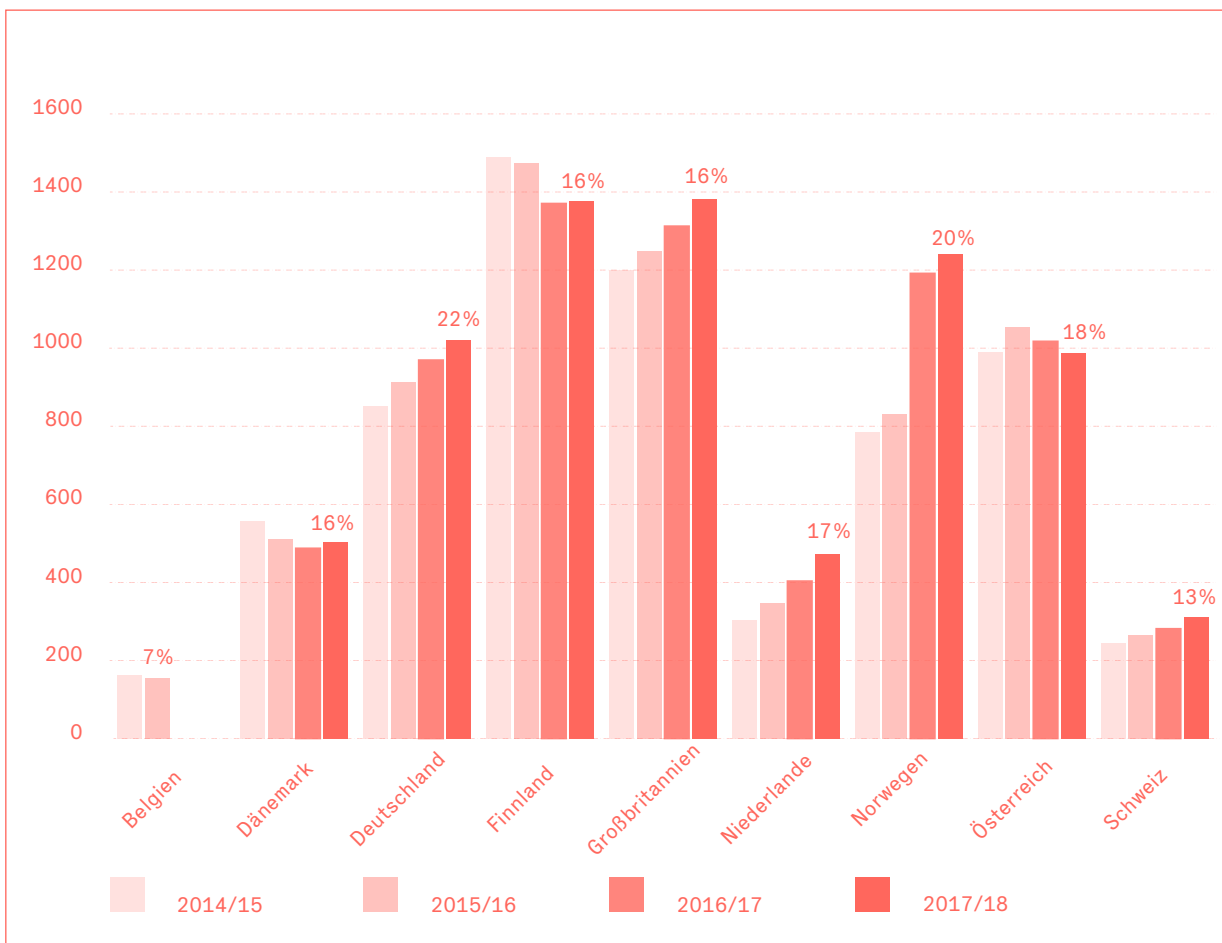


Abbildung 17: Alle Bachelorstudierende/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁷³

Abbildung 17 zeigt die Zahl der Bachelorstudierenden in ausgewählten Vergleichsländern in den Studienjahren 2014/15 bis 2017/18. Betrachtet man die Anzahl der Bachelorstudierenden im Studienjahr 2017/18, so liegt Großbritannien mit 1.382 Studierenden Norwegen (1.240) voraus. Finnland (1.377) erzielt in diesem Studienjahr ebenfalls sehr ähnliche Studierendenzahlen wie Großbritannien, die beiden Länder weisen jedoch unterschiedliche Trends in den Vorjahren auf: zeigt sich ein stetiger Zuwachs in Großbritannien, so fällt die Zahl der Bachelorstudierenden in Finnland drastisch, bevor im letzten Jahr ein minimaler Zuwachs erkennbar ist.

Mit Deutschland (1.020) beginnen die Zahlen der Vergleichsländer etwas weiter von den

Spitzenreitern zurückzufallen. Österreich erreicht mit 986 Studierenden im Studienjahr 2017/18 ähnliche Zahlen, diese sind in den letzten beiden Betrachtungsjahren jedoch rückläufig.⁷⁴ Deutschland hingegen weist einen stetigen Zuwachs von über sechs Prozent auf. In den Niederlanden ist dieser positive Trend sogar stärker ausgeprägt (durchschnittlich rund 16 Prozent). Dies sieht die Zahl der Informatikbachelors in den Niederlanden von 303 auf 472 ansteigen. Die Schweiz befindet sich auch in dieser Grafik im Schlussbereich, erreicht aufgrund einer soliden Zuwachsrate von durchschnittlich 8,3% 310 Bachelorstudierende im Studienjahr 2017/18. Die Zahl der Informatikbachelor ist in Dänemark gesamt betrachtet am stärksten rückläufig (-3,2%). Dieser Rückgang

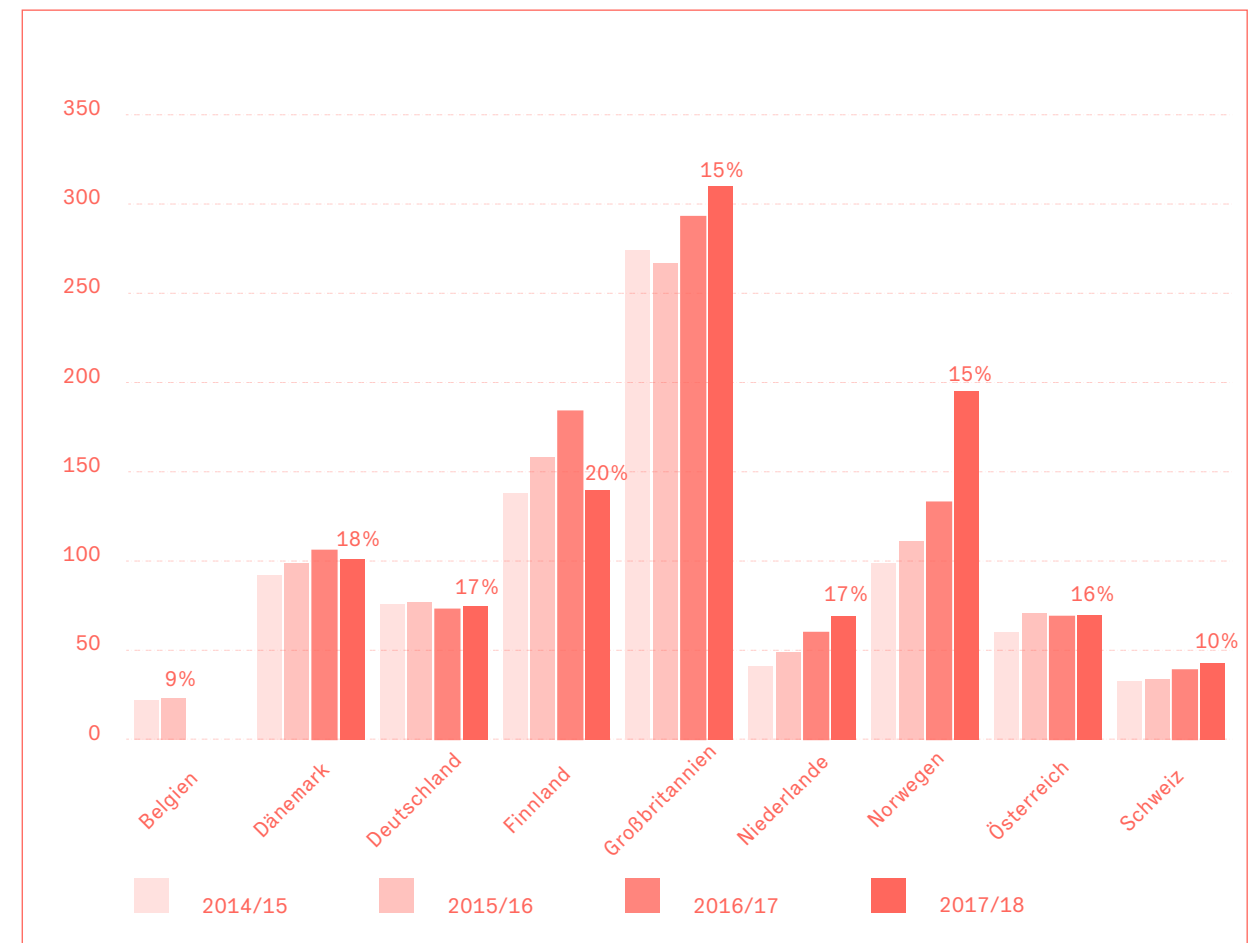


Abbildung 18: Bachelorabschlüsse/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁷⁵

war im Studienjahr 2015/16 besonders stark (-8 Prozent), das Land konnte jedoch im letzten Betrachtungsjahr einen leichten Anstieg erzielen und erreicht damit 503 Informatikbachelor.

Bei den Bachelorabschlusszahlen/1 Mio. EW (Abbildung 18) zeigen sich die Unterschiede zwischen den Ländern sehr stark. Großbritannien bringt die größte Anzahl an Bachelors hervor. Diese steigt von 274 im Studienjahr 2014/15 auf 310 in 2017/18 an. Nur Norwegen, Finnland und Dänemark erreichen über 100 Abschlüsse im letzten Betrachtungsjahr: 195, 140 und 101 respektive. Alle anderen Vergleichsländer erreichen niedrigere Abschlusszahlen: Deutschland relativ stabil um 75, gefolgt von Österreich mit

rund 70 Abschlüssen. Die Niederlande und die Schweiz weisen ebenso wie Norwegen einen stetigen Aufwärtstrend auf. In den Niederlanden steigt die Zahl der Abschlüsse innerhalb des Betrachtungszeitraums von 41 auf 69 an, in der Schweiz ist der Anstieg etwas moderater: von 33 auf 43.

Die Zahl der Masterstudierenden (Abbildung 19) steigt über den Betrachtungszeitraum hinweg in allen Ländern an, wobei dies in den meisten Ländern ein stetiger Prozess ist. Nur in Dänemark, Finnland und Großbritannien gab es Rückläufe. In Dänemark und Großbritannien waren diese jedoch gering und konnten im Folgejahr bereits aufgeholt werden. Im Studienjahr 2017/18 überschreitet die Zahl der Masterstudierenden in vier Vergleichsländern 300 Studierende, wobei Finnland

mit 867 Studierenden der klare Spitzenreiter ist, gefolgt von Österreich (456), Deutschland (369) und Norwegen (344). Die Schweiz bildet mit 162 auch hier das Schlusslicht.

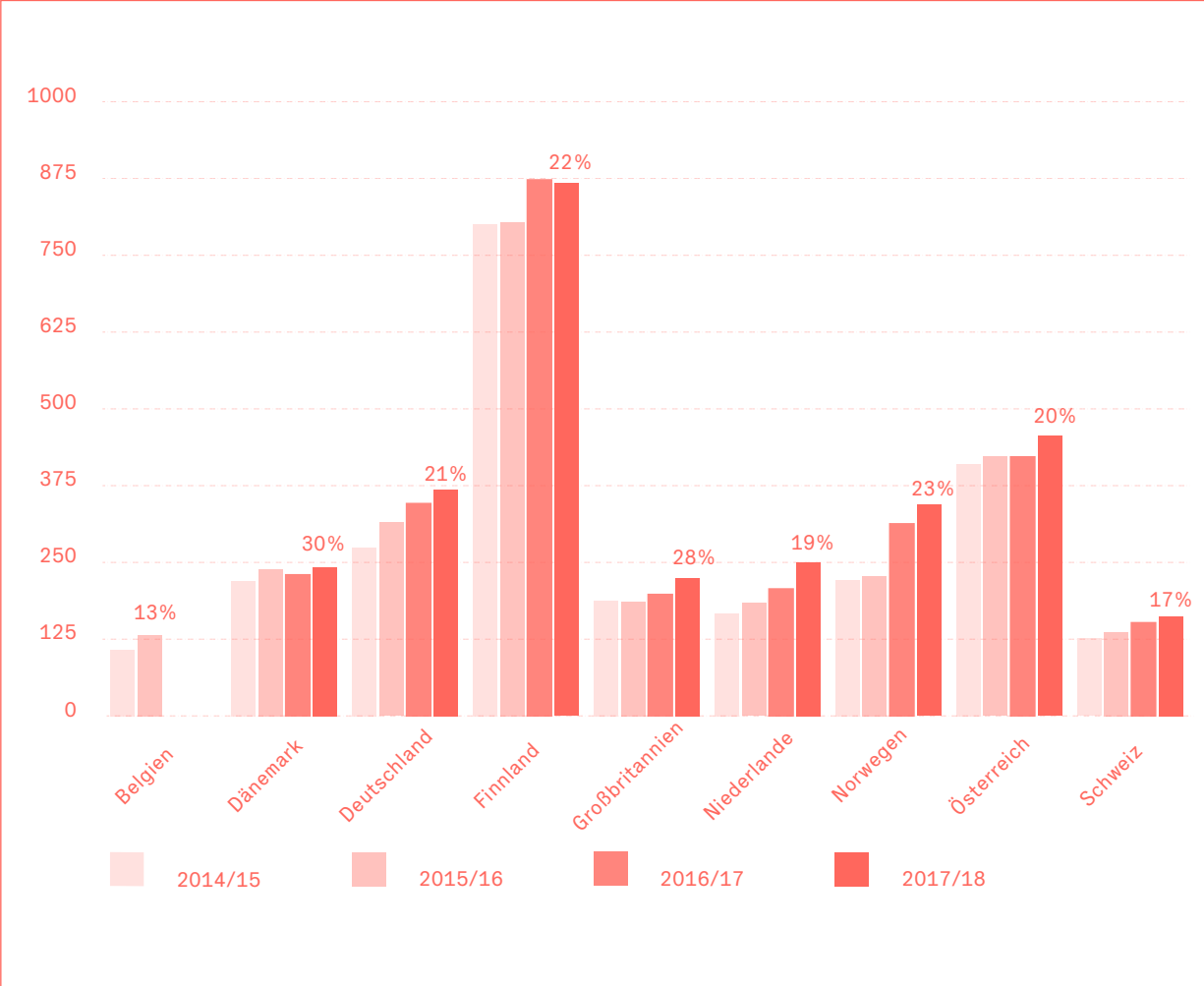


Abbildung 19: Masterstudierende/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁷⁶

In Abbildung 20 zeigt sich ein ähnliches Bild hinsichtlich der Masterabschlüsse: Finnland überragt, trotz eines Rückgangs von fast 12% im Studienjahr 2017/18 alle anderen Länder; 178 finnische Masterstudierende (pro 1 Million Einwohnerinnen und Einwohner) bekamen in diesem Jahr ihr Diplom. Dies überrascht jedoch nicht sehr, da in Finnland der Bachelor kaum das Ende der Studienzeit an einer Universität bedeutet und vielmehr als ein nötiger Zwischenschritt zum Masterabschluss

gesehen wird.⁷⁷ Großbritannien (108), Norwegen (96) und Dänemark (89) folgen dem Spitzenreiter in weiter Distanz. Obwohl Österreich die zweithöchste Zahl an Masterstudierenden hat, reiht sich das Land bei den Abschlüssen mit 55 verliehenen Diplomen im Schlussfeld ein, lediglich gefolgt von der Schweiz (51). Die Schweiz weist jedoch eine jährliche durchschnittliche Wachstumsrate von fast fünf Prozent auf, Österreich hingegen einen Rückgang von fast einem Prozent.

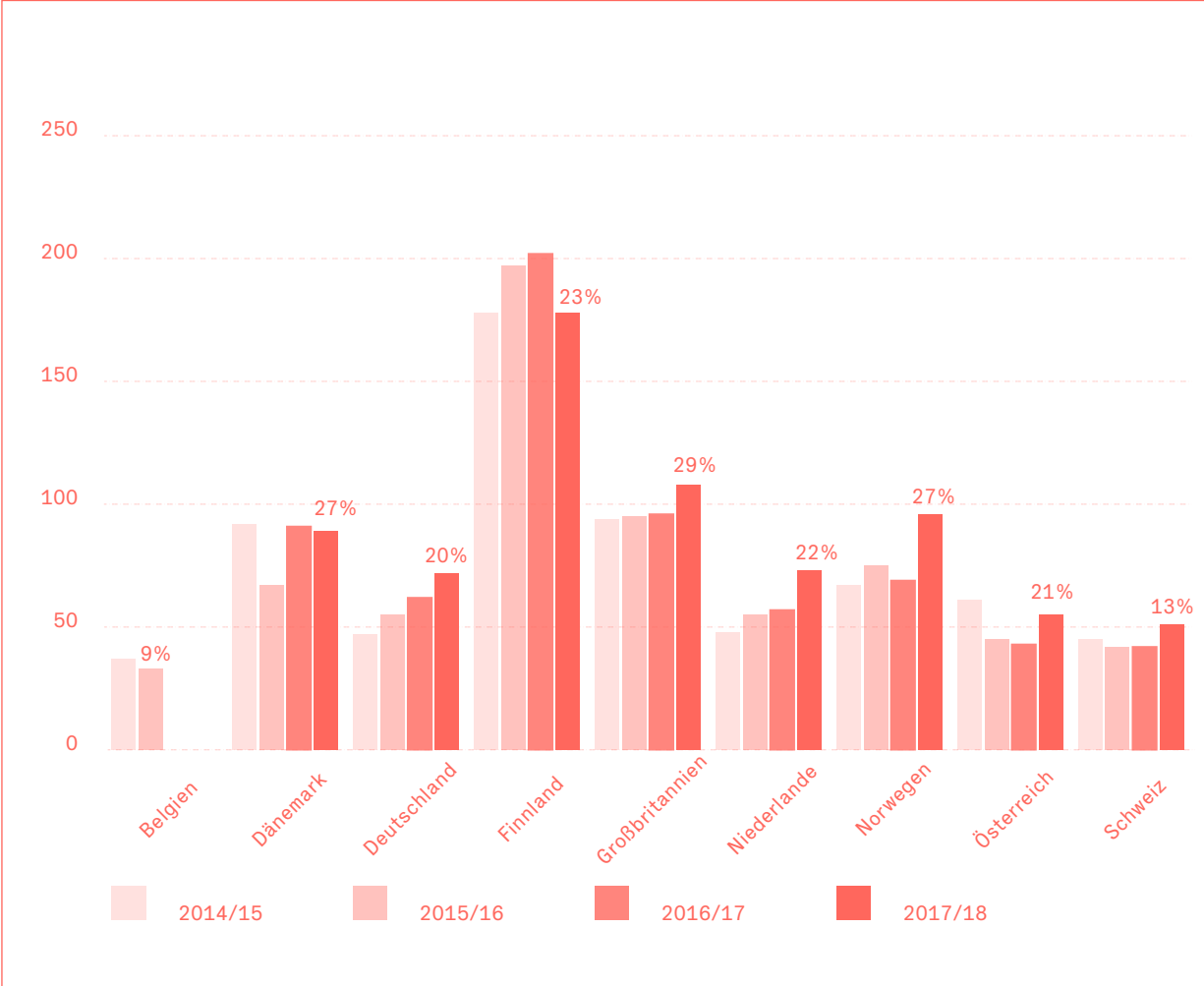


Abbildung 20: Masterabschlüsse/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁷⁸

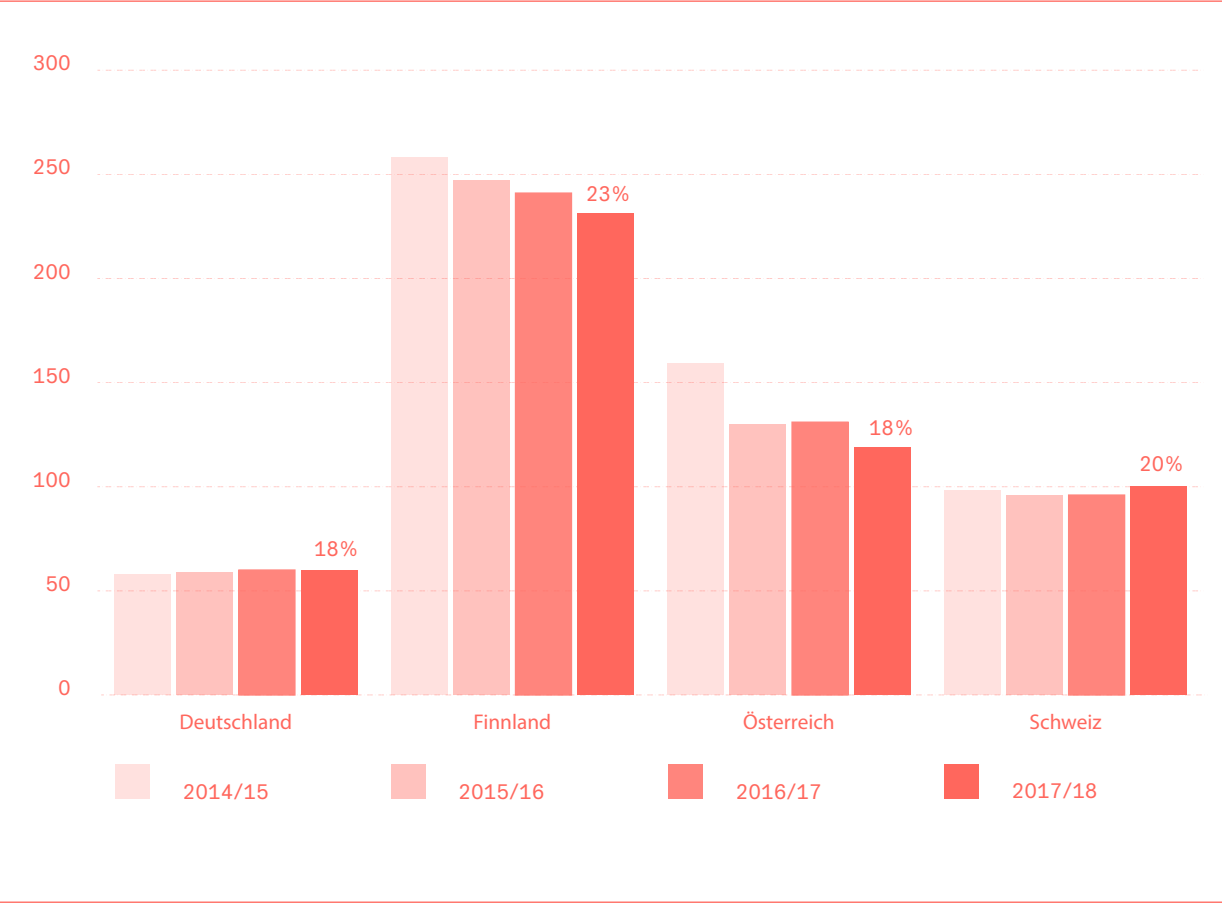


Abbildung 21: Doktoratsstudierende/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁷⁹

Daten bezüglich Doktoratsstudierenden und deren Abschlüssen sind leider kaum vorhanden, da sie in den meisten Ländern auf Fakultätsebene subsummiert werden. Lediglich für Deutschland, Finnland, Österreich und die Schweiz ist die Zahl der Informatik-Doktoranden bekannt. Abbildung 21 zeigt deren Entwicklung der letzten vier Jahre. Finnlands Dominanz ist auch hier wieder klar ersichtlich, aber auch, dass die Doktorandenanzahl stetig rückläufig ist (von 258 im Studienjahr 2014/15 auf 231 im Studienjahr 2017/18). Von einem noch stärkeren Rückgang gekennzeichnet ist jedoch Österreich: von 159 auf 119. In Deutschland fluktuert die Zahl der Doktoranden sehr leicht um rund 60. In der Schweiz sinkt die Anzahl der Doktoratsstudierenden von 98 auf 96, wächst im Studienjahr 2017/18 jedoch auf 100 an.

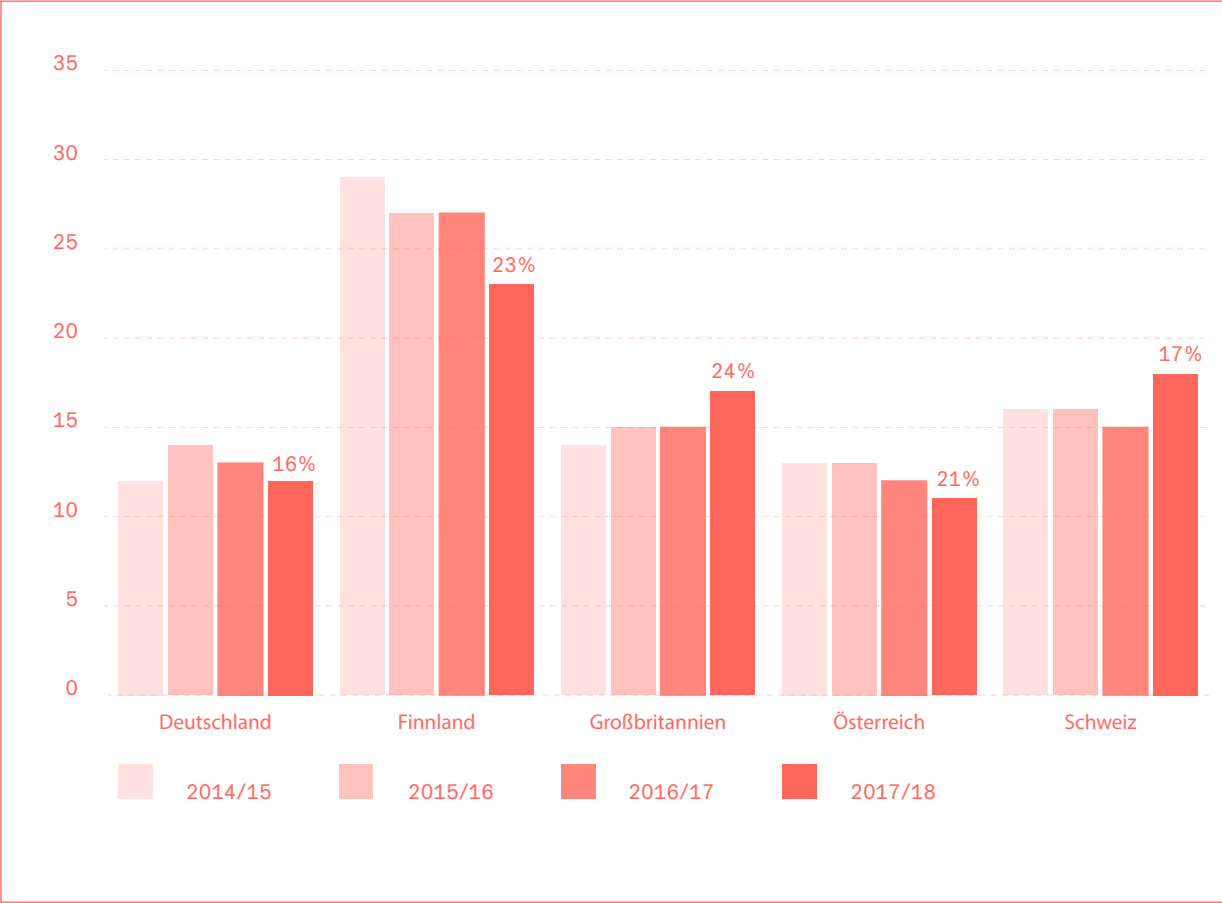


Abbildung 22: Doktoratsabschlüsse/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil im Studienjahr 2017/18 in Prozent⁸⁰

Bei den Abschlüssen (Abbildung 22) rückt der Spitzenreiter Finnland bis zum Studienjahr 2017/18 immer näher an die Zahl der verliehenen Dokortitel in den anderen Vergleichsländern heran. Ein durchschnittlicher jährlicher Rückgang von knapp über sieben Prozent senkt die Anzahl der Promotionen auf 23. Die Schweiz liegt, in dieser sehr limitierten Liste an Vergleichsländern, mit 18 Abschlüssen knapp vor Großbritannien (17). Österreich mit lediglich 11 verliehenen Diplomen bildet, zusammen mit Deutschland (12), das Schlusslicht.

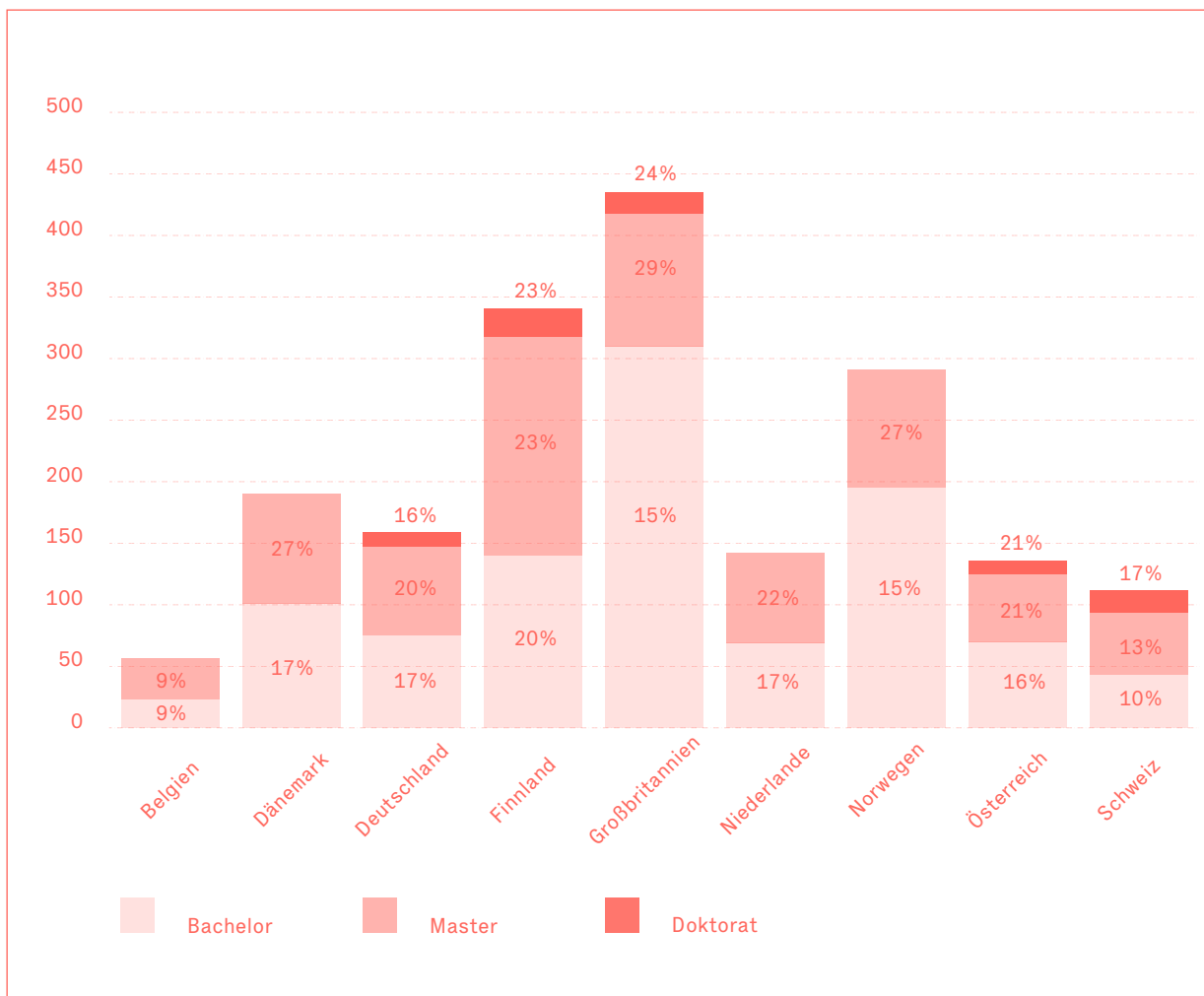


Abbildung 23: Abschlüsse nach Studienart im Studienjahr 2017/18 in ausgewählten Vergleichsländern; Frauenanteil in Prozent; keine Daten verfügbar bzgl. Doktoratsabschlüssen in Dänemark, Niederlande und Norwegen⁸¹

Abbildung 23 ermöglicht den Überblick über die Abschlüsse der Vergleichsländer nach Studienart des Studienjahrs 2017/18. Aufgrund der limitierten Datenlage hinsichtlich der Doktoratsabschlüsse konzentriert sich der Blick weitgehend auf Bachelor- und Masterabschlüsse. Es ist offenbar, dass die Unterschiede zwischen den Ländern teilweise stark ausgeprägt sind, ebenso die Bandbreite

der Gesamtzahl an Abschlüssen. Diese reicht von insgesamt 418 Abschlüssen in Großbritannien bis zu 94 in der Schweiz. Es ist weiters ersichtlich, dass in vielen Ländern die Bachelor- und Masterabschlüsse relativ ausgewogen sind. Lediglich in der Schweiz und in Finnland überragt die Zahl der Masterdiplome merklich, und in Norwegen und Großbritannien jene der Bachelordiplome.

Frauen in der Informatik⁸²

Alle Vergleichsländer sind von einer Genderausgewogenheit der Informatikstudierenden auf allen Ebenen weit entfernt. Mit einem Frauenanteil der Bachelorstudierenden im ersten Semester von 24,9% im Studienjahr 2016/17 erreicht Deutschland fast die 25%-Marke. Trotz eines leichten Rückgangs im darauffolgenden Jahr bleibt Deutschland mit 24% an der Spitze der Vergleichsländer. Im Studienjahr 2014/15 weist Österreich (wie Deutschland) einen Frauenanteil von 23,7% auf, dieser sinkt über die Jahre jedoch auf 21% ab. Bei den anderen Vergleichsländern zeigen sich über die betrachtete Zeitperiode teils leicht fluktuierende Trends und erreichen im Studienjahr 2017/18 Frauenanteile zwischen 14 (Schweiz) und 20 Prozent (Finnland und Niederlande).

Bei allen anderen Vergleichsländern liegt dieser im Studienjahr 2017/18 zwischen 13 und 22 Prozent, wobei alle Länder leichte Zuwächse aufweisen, mit einer einzigen Ausnahme; in Österreich sank der Anteil minimal von 18,4% auf 18,1%. Vergleicht man die Frauenquote aller Bachelorstudierenden mit jener der Informatikstudierenden im ersten Semester, so ist dieser in den meisten Ländern niedriger. Lediglich Norwegen und Großbritannien können den Frauenanteil unter den Bachelorstudierenden erhöhen, wenn auch nur minimal (NO: Erstsemestrige - 19,1%; alle Bachelorstudierende - 19,7%; GB: 15,4% und 15,5% respektive).

Der Frauenanteil der Masterstudierenden liegt im Studienjahr 2017/18 in allen Vergleichsländern mit Ausnahme von Deutschland über jenem der Bachelorstudierenden und reicht von 17 bis zu 30 Prozent. Zwei Länder stechen hier besonders hervor: Dänemark und Großbritannien können den Frauenanteil von rund 16% (Bachelor) auf knapp unter 30% und 28% respektive ausbauen. Der Anteil an Doktorandinnen liegt im Studienjahr 2017/18 zwischen 18% und 23%, wobei alle vier Länder, für die Daten vorhanden

sind, den Frauenanteil erhöhen könnten. Im Vergleich zum Anteil der Masterstudentinnen verliert Deutschland Frauen zum Doktoratsstudium hin. Dies ist erstmals auch der Fall in Österreich.

Der Anteil an Bachelorabsolventinnen liegt im Studienjahr 2017/18 zwischen 10% in der Schweiz und 20% in Finnland. Mit Ausnahme von Großbritannien, nahm in allen Ländern der Anteil der Absolventinnen zwischen 2014/15 und 2017/18 zu, wenn mancherorts auch nur geringfügig. In Großbritannien sank er von 17% auf 15%. Der Anteil an Masterabsolventinnen reicht von 13% in der Schweiz bis zu 29% in Großbritannien. Österreich findet sich mit 21% im unteren Mittelfeld. Auch hier können viele Länder den Frauenanteil unter den Absolventinnen über die Vergleichsjahre ausbauen, mit zwei interessanten Ausnahmen: Die Schweiz fluktuert über die Jahre, wobei der Anteil von Absolventinnen 2014/15 und 2017/18 bei rund 13% liegt. Dänemark beginnt bei einem Spitzenwert von über 39%, sinkt in den beiden Folgejahren auf rund 22%, um erneut einen positiven Trend anzutreten (27% in 2017/18).

4.4 Tabellen

Um einen noch genaueren Einblick in die oben diskutierten Entwicklungen zu ermöglichen, werden die Daten auf den folgenden Seiten in Tabellenform angeführt.

4.4.1 Österreich

	2014 /15	2015 /16	2016 /17	2017 /18	2018 /19	2019 /20	2020 /21	WR J1:J7	DJ WR ⁸³
Bachelor	2.593	2.929	2.155	2.291	2.388	2.570	2.418	-0,2	0,9
Master	997	1.034	1.071	1.163	1.219	1.061	1.070	1,4	1,6
Doktorat	211	193	205	196	229	145	143	-4,7	-5,3
Gesamt	3.801	4.156	3.431	3.650	3.836	3.776	3.631	-0,3	0,4

Tabelle 17: Ordentliche Studien im ersten Semester nach Studienart⁸⁴

	WS 2014	WS 2015	WS 2016	WS 2017	WS 2018	WS 2019	WS 2020	WR J1:J7	DJ WR
Bachelor	10.158	10.703	10.597	10.481	10.196	10.606	11.000	8,3	1,4
Diplom	259	12	12	7	5	4	3	-98,8	-35,1
Master	3.953	3.859	4.043	4.333	4.139	4.530	4.949	25,2	4
Doktorat	1.251	1.195	1.141	1.081	1.041	1.080	1.136	-9,2	-1,5
Gesamt	15.621	15.769	15.793	15.902	15.381	16.220	17.088	9,4	1,6

Tabelle 18: Ordentliche Studien nach Studienart⁸⁵

	2014 /15	2015 /16	2016 /17	2017 /18	2018 /19	2019 /20	2020 /21	WR J1:J7	DJ WR
Bachelor	7.806	8.157	8.036	7.938	7.722	8.042	8.255	5,8	1
Diplom	248	12	12	7	5	4	3	-98,8	-35
Master	3.061	2.873	2.926	3.059	2.931	3.114	3.270	6,8	1,2
Doktorat	881	819	779	725	658	663	670	-24	-4,4
Gesamt	11.996	11.861	11.753	11.729	11.316	11.823	12.198	1,7	0,3

Tabelle 19: Ordentliche Studien nach Studienart und Staatengruppe: Österreich⁸⁶

	WS 2014	WS 2015	WS 2016	WS 2017	WS 2018	WS 2019	WS 2020	WR J1:J7	DJ WR
Bachelor	1.156	1.259	1.266	1.270	1.277	1.418	1.546	33,7	5,1
Diplom	5								
Master	453	518	577	653	668	789	979	116,1	13,9
Doktorat	173	167	154	156	180	189	206	19,1	3,2
Gesamt	1.787	1.944	1.997	2.079	2.125	2.396	2.731	52,8	7,4

Tabelle 20: Ordentliche Studien nach Studienart und Staatengruppe: EU⁸⁷

	WS 2014	WS 2015	WS 2016	WS 2017	WS 2018	WS 2019	WS 2020	WR J1:J7	DJ WR
Bachelor	1.196	1.287	1.295	1.273	1.197	1.146	1199	0,3	0,2
Diplom	6								
Master	439	468	540	621	540	627	700	59,5	8,6
Doktorat	198	210	209	201	203	228	260	31,3	4,9
Gesamt	1.839	1.965	2.044	2.095	1.940	2.001	2.159	17,4	2,8

Tabelle 21: Ordentliche Studien nach Studienart und Staatengruppe: Drittstaaten⁸⁸

	2014 /15	2015 /16	2016 /17	2017 /18	2018 /19	2019 /20	WR J1:J6	DJ WR
Bachelor	610	704	682	708	744	771	26,4	5
Diplom	49	0	0	0	1	0		
Master	523	486	413	524	520	485	-7,3	-0,5
Doktorat	114	113	109	102	118	96	-15,8	-2,8
Gesamt	1.296	1.303	1.204	1.334	1.383	1.352	4,3	1

Tabelle 22: Ordentliche Studienabschlüsse nach Studienart⁸⁹

	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	WR J1:J4	DJ WR
Bachelor	203	157	162	170	-16,3	-4,9
Master	139	159	139	133	-4,3	-0,8
Doktorat	14	10	18	15	7,15	11,6
Gesamt	356	326	319	318	-10,7	-3,6

Tabelle 23: Studienabschlüsse in Toleranzstudiendauer⁹⁰

4.4.2 Internationaler Vergleich

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Dänemark	213	183	188	208	-2,4	-0,2
Deutschland	251	272	284	290	15,5	5
Finnland	199	218	205	199	0	0,2
Großbritannien	452	466	485	509	12	4
Niederlande	78	88	106	130	66,7	18,6
Norwegen	216	216	240	300	38,9	12
Österreich	275	313	218	224	-18,6	-4,6
Schweiz	69	72	77	86	24,6	7,7

Tabelle 24: Bachelorstudierende im ersten Studienjahr/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹¹

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Dänemark	556	511	488	503	-9,5	-3,2
Deutschland	852	914	970	1.020	19,7	6,2
Finnland	1.490	1.474	1.371	1.377	-7,6	-2,5
Großbritannien	1.201	1.248	1.313	1.382	15,1	4,8
Niederlande	303	347	404	472	55,8	15,9
Norwegen	786	831	1.192	1.240	57,8	17,7
Österreich	990	1.055	1.018	986	-0,4	-0,03
Schweiz	244	265	282	310	27,1	8,3

Tabelle 25: Alle Bachelorstudierenden/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹²

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Dänemark	92	99	106	101	9,8	3,3
Deutschland	76	77	73	75	-1,3	-0,4
Finnland	138	158	184	140	1,5	2,4
Großbritannien	274	267	293	310	13,1	4,3
Niederlande	41	49	60	69	68,29	19
Norwegen	99	111	133	195	97	26,2
Österreich	60	71	69	70	16,7	5,7
Schweiz	33	34	39	43	30,3	9,3

Tabelle 26: Bachelorabschlüsse/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹³

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Dänemark	220	239	230	242	10	3,4
Deutschland	274	315	346	369	34,7	10,5
Finnland	801	804	873	867	8,2	2,8
Großbritannien	188	186	198	225	19,7	6,3
Niederlande	167	184	207	250	49,7	14,5
Norwegen	221	228	313	344	55,7	16,8
Österreich	410	422	422	456	11,2	3,7
Schweiz	126	137	152	162	28,6	8,8

Tabelle 27: Masterstudierende/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹⁴

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Dänemark	92	67	91	89	-3,3	2,2
Deutschland	47	55	62	72	53,2	15,3
Finnland	178	197	202	178	0	0,4
Großbritannien	94	95	96	108	14,9	4,9
Niederlande	48	55	57	73	52,1	15,4
Norwegen	67	75	69	96	43,3	14,4
Österreich	61	45	43	55	-9,8	-0,9
Schweiz	45	42	42	51	13,3	4,9

Tabelle 28: Masterabschlüsse/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹⁵

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Deutschland	58	59	60	60	3,5	1,1
Finnland	258	247	241	231	-10,4	-3,6
Österreich	159	130	131	119	-25,2	-8,9
Schweiz	98	96	96	100	2	0,7

Tabelle 29: Doktoratsstudierende/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹⁶

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	WR J1:J4	DJ WR
Deutschland	12	14	13	12	0	0,6
Finnland	29	27	27	23	-20,7	-7,2
Großbritannien	14	15	15	17	21,4	6,8
Österreich	13	13	12	11	-15,4	-5,3
Schweiz	16	16	15	18	12,5	4,6

Tabelle 30: Doktoratsabschlüsse/1 Mio. EW in ausgewählten Vergleichsländern⁹⁷

41 Chroust, Gerhard und Hans-Peter Mössenböck, *Informatik macht Zukunft. Zukunft macht Informatik: 40 Jahre Informatik-Studium in Österreich* (Wien, 2009), S. 69.

42 JKU, *Geschichte der Informatik an der JKU (2021)* <http://informatik.jku.at/geschichte/index.php/Geschichte_der_Informatik_an_der_JKU> [zugegriffen 06. August 2020].

43 Chroust und Mössenböck, 2009.

44 An Fachhochschulen wurden im WS 2020 32 FH-Bachelorstudiengänge (4.596 Studierende; 23% Frauenanteil) und ebenfalls 32 FH-Masterstudiengänge angeboten (1.971 Studierende; 23,9% Frauenanteil); adaptiert von BMBWF, *Ordentliche Studierende nach Fachhochschul-Studiengängen* (Wien).

45 Diese Informationen wurden im September 2020 von den Internetseiten der jeweiligen Universitäten erhoben.

46 Informatik Austria, *Computer Science - PhD in Austria* <<https://computer-science-phd.com>> [zugegriffen 30. September 2021].

47 BMBWF, *Der Gesamt-österreichische Universitätsentwicklungsplan 2022-2027* (Wien, 2019a).

48 Siehe BMBWF, *Mehr Geld für gutes Studieren und Forschen an den Universitäten: Gezielte Planbarkeit durch die neuen Leistungsvereinbarungen* (Wien, 2019b); Österreichischer Wissenschaftsrat, *Analyse der Leistungsvereinbarungen 2019-2021 und Empfehlungen* (Wien, 2020a).

49 Unger, Martin, Bianca Thaler, u. a., *Evaluierung der Aufnahmeverfahren nach §14h UG 2002* (Wien, 2015).

50 TU Wien, Aufnahmeverfahren Informatik und Wirtschaftsinformatik <<https://www.tuwien.at/studium/studienangebot/bachelorstudien/informatik-und-wirtschaftsinformatik/aufnahmeverfahren>> [zugegriffen 31. Mai 2021]; Universität

Wien, Aufnahmeverfahren für die Bachelorstudien Informatik und Wirtschaftsinformatik <<https://informatik.univie.ac.at/studium/fuer-studien-interessierte/aufnahmeverfahren/>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

51 Die in diesem Abschnitt zusammengefassten Daten entstammen dem *uni:data warehouse* (BMBWF, *unidata - Zahlen und Fakten auf Knopfdruck* <<https://unidata.gv.at/Pages/default.aspx>> [zugegriffen 29. September 2021]) und werden in den folgenden Unterkapiteln genauer beleuchtet. Die genauen Quellenangaben werden dort angegeben. Die Daten wurden im September 2021 auf den neuesten Stand gebracht.

52 Als prüfungsaktiv zählt ein Studium, wenn Prüfungen mit einem Mindesterfolg von 16 ECTS bzw. 8 Semesterstunden pro Studienjahr absolviert wurden. Ein Regelstudium sieht 60 ECTS pro Jahr vor (BMBWF, 2019b, S. 4).

53 Adaptiert von BMBWF, *Ordentliche Studien im ersten Semester an Universitäten nach Studienart* (Wien).

54 Adaptiert von BMBWF, *Ordentliche Studien an Universitäten nach Studienart* (Wien).

55 Adaptiert von BMBWF, *Prüfungsaktive Bachelor-, Diplom- und Masterstudien* (Wien).

56 Adaptiert von BMBWF, *Ordentliche Studien an Universitäten nach Studienart* (Wien).

57 Ebd.

58 Adaptiert von Unger, Martin u. a., *Studierenden-Sozialerhebung 2019: Kernbericht* (Wien, 2020), S. 77.

59 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 3.A.1 - Gesamtübersicht: Anzahl der Studienabschlüsse* (Wien) und BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 3.A.2 - Gesamtübersicht: Anzahl der Studienabschlüsse in der Toleranzstudiendauer* (Wien).

60 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 1.A.2 - Gesamtübersicht: Anzahl der Berufungen an die Universität* (Wien).

61 Bei Berufungen nach §98 UG 2002 handelt es sich um unbefristete Berufungen, §99 Abs. 1, 3 und 4 UG 2002 sind auf fünf Jahre befristet und richten sich an unterschiedliche Bewerberinnen und Bewerber: Berufungen nach Abs. 1 sind offen für alle, richten sich aber unter anderem besonders an Gastprofessorinnen und -professoren; Abs. 3 richten sich an Dozentinnen und Dozenten; Abs. 4 richten sich an Assoz. Professorinnen und -professoren wie auch Dozentinnen und Dozenten (siehe UG 2002, *Bundesgesetz über die Organisation der Universitäten und ihre Studien (Universitätsgesetz 2002 - UG)* <https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002_120_1/2002_120_1.pdf> [zugegriffen 31. Mai 2021]).

62 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 2.A.1 - Gesamtübersicht: Professorinnen/Professoren und Äquivalente* (Wien).

63 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 1.C.1 - Gesamtübersicht: Erlöse aus F&E-Projekten sowie Projekten der Entwicklung und Erschließung der Künste in Euro* (Wien).

64 Ebd.

65 Adaptiert von Wissenschaftsfond- FWF, *FWF-Dashboard* <<http://dashboard.fwf.ac.at/de/>> [zugegriffen 02. August 2021].

66 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 1.C.2 - Gesamtübersicht: Investitionen in Infrastruktur im F&E-Bereich/Bereich Entwicklung und Erschließung der Künste* (Wien).

67 Tikhonenko, Svetlana und Cristina Pereira, *Informatics Education in Europe: Institutions, Degrees, Students, Positions, Salaries. Key Data 2013-2018* (Zürich, 2019).

68 Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Großbritannien, Israel, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden und die Schweiz.

69 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabelle 2.

70 Dies inkludiert je nach Hochschulsystem auch (auslaufende) Diplomstudien (z.B. in Österreich) sowie andere *Undergraduate*-Studiengänge (z.B. Großbritannien). Siehe Tikhonenko und Pereira, 2019, S. 36-38 für die genauen Definitionen der einzelnen Länder.

71 Finnland ist das einzige europäische Vergleichsland mit leicht fallenden bzw. stagnierenden Studierendenzahlen (siehe European University Association, *Country Sheets: Public Funding Observatory*, 2020, S. 17).

72 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 1 und 1bis.

73 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 2 und 2bis.

74 Der durchschnittliche Rückgang beträgt in Österreich -0,03 Prozent. Dies verschleiert jedoch den doch starken Zuwachs von rund 6,5% im Studienjahr 2015/16 sowie das wahre Ausmaß des Rückgangs in den beiden folgenden Jahren (-3,5 und -3,1 Prozent respektive); adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabelle 2.

75 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 5 und 5bis.

76 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 3 und 3bis.

77 Elken, Mari, Nicoline Frølich und Ingvild Reymert, *Steering Approaches in Higher Education: Comparing Norway, Sweden, Finland, the Netherlands and UK (England)* (Oslo, 2016), S. 29.

78 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 6 und 6bis.

79 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabelle 4 und 4bis.

80 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 7 und 7bis.

81 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabellen 5, 5bis, 6, 6bis, 7 und 7bis.

82 Tikhonenko und Pereira, 2019.

83 Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate

84 Adaptiert von BMBWF, *Ordentliche Studien im ersten Semester an Universitäten nach Studienart* (Wien).

85 Adaptiert von BMBWF, *Ordentliche Studien an Universitäten nach Studienart* (Wien).

86 Ebd.

87 Ebd.

88 Ebd.
89 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 3.A.1 - Gesamtübersicht: Anzahl der Studienabschlüsse* (Wien).

90 Adaptiert von BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 3.A.2 - Gesamtübersicht: Anzahl der Studienabschlüsse in der Toleranzstudiendauer* (Wien).

91 Adaptiert von Tikhonenko und Pereira, 2019, Tabelle 1.

92 Ebd., Tabelle 2.

93 Ebd., Tabelle 5.

94 Ebd., Tabelle 3.

95 Ebd., Tabelle 6.

96 Ebd., Tabelle 4.

97 Ebd., Tabelle 7.

Die Arbeitsgruppe „Informatik“ beschäftigt sich schon über einen längeren Zeitraum mit den Themen dieses Berichts. In dieser Zeit lud der Wissenschaftsrat wiederholt zum Austausch mit der Community ein: eine Tagung Ende 2019 und zwei Workshops in 2021.

An der Tagung am 14. November 2019⁹⁸ nahmen rund 100 Vertreterinnen und Vertreter von universitären und außeruniversitären Informatikeinrichtungen, der Industrie und der Bundesministerien für Bildung, Wissenschaft und Forschung sowie für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort teil. Die Veranstaltung gliederte sich in drei Sessions. Anfangs wurde der Status quo der Informatik in Österreich kritisch reflektiert. So wurden die Ergebnisse der ersten von CWTS Leiden durchgeführten bibliometrischen Analyse vorgestellt und die gegenwärtigen Rahmenbedingungen von Forschung und Lehre beleuchtet. Die zweite Session widmete sich der Interdisziplinarität der Informatik und den daraus entstehenden Spannungen, aber auch Möglichkeiten für die Disziplin. Es wurde hervorgehoben, dass die Informatik fächerübergreifend arbeiten muss und kann, aber nicht als selbstständige Disziplin in den Hintergrund geraten darf. Die dritte Session beschäftigte sich mit strategischen Überlegungen zur Weiterentwicklung der Informatik. Hier wurde die Verantwortung sowohl der Politik und Wirtschaft einerseits, aber auch der Wissenschaftsberatung und -förderung und den Hochschulen sowie Schulen andererseits zugeschrieben.

Zum ersten Workshop wurden 19 Einladungen an Vertreterinnen und Vertreter universitärer und außeruniversitärer Einrichtungen sowie des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung ausgesandt. Diesen Einladungen wurde der vorläufige Bericht mit den Ergebnissen der *dblp*- und *Web of Science*-Analysen sowie mit dem Kapitel „Rahmenbedingungen“ zur Einsicht beigefügt. Dem virtuellen Workshop am 14. Juni 2021 konnten 11 Teilnehmerinnen und Teilnehmer beiwohnen. Hier wurde zunächst der Bericht vorgestellt, der zu diesem Zeitpunkt auch vorläufige Ergebnisse der *CSRankings*-Analyse beinhaltete. Die Diskussionen setzten sich mit den Analysemethoden und Ergebnissen sehr kritisch auseinander. Unklarheiten wurden hervorgehoben und Bereiche identifiziert, die von einer weiteren Vertiefung profitieren würden.

Der zweite Workshop fand am 15. September 2021, ebenfalls virtuell, statt. 10 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus universitären und außeruniversitären Informatikeinrichtungen reflektierten diesmal Möglichkeiten zur Förderung der Informatik in Österreich. Es wurden unterschiedliche Aspekte beleuchtet, wobei ein zentrales Argument war, dass die Informatik nicht durch Digitalisierungsmaßnahmen mitgefördert werden kann und darf. Eine Förderung der Informatik sollte unterschiedliche Aspekte bzw. Endziele berücksichtigen: gestärkte Grundlagenforschung, exzellenter Nachwuchs, Betreuungsverhältnisse gezielt verbessern, dem Fachkräftemangel gegensteuern, regionale

Industrie und Wirtschaft stärken und der digitalen Transformation des Landes ein starkes Fundament bieten. Die Diskussionen zeigten, dass diese vielseitigen und komplexen Ziele nur durch eine ebenso facettenreiche Offensive bewerkstelligt werden können. Eine Erhöhung der Professuren, gestärkte Kerninformatik an den Schulen und eine auf die Informatik fokussierter und substantieller Ausbau der Forschungsförderung kristallisierten sich als zentrale Aspekte heraus.

Diese drei Möglichkeiten des Austausches und die Rückmeldungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren für den österreichischen Wissenschaftsrat sehr wertvoll und beflügelten die internen Reflexionen und Diskussionen.

98 Österreichischer Wissenschaftsrat, 2019.

Die Informatik ist von zentraler Bedeutung für die Zukunft Österreichs. Die vorliegende Evaluierung zeigt, dass die österreichische Informatik auf einigen Gebieten international sehr kompetitiv ist. Um die Informatik weiter zu stärken und international wettbewerbsfähig zu halten, ist aus Sicht des Wissenschaftsrates eine großzügig dimensionierte Informatikoffensive nötig. Die Ausgestaltung einer solchen bedarf einer breiten Diskussion innerhalb des Faches und mit der Wissenschaftspolitik. Nachfolgend legt der Wissenschaftsrat unter anderem einen Rahmen für eine Informatikoffensive für Österreich.

6.1 Informatik ≠ Digitalisierung der Gesellschaft

Die sogenannte *digitale Transformation* prägt als ein Prozess der stetigen Weiterentwicklung digitaler Technologien die Gesellschaft in all ihren Facetten nachhaltig; Individuen wie Institutionen, Wirtschaft wie Politik sind davon betroffen. Zweifellos waren technisch implizierte Entwicklungen stets auch Treiber gesellschaftlicher Veränderungen und Unsicherheiten, jedoch hat sich das Tempo entscheidend erhöht und damit auch das Maß an Überforderung und Befürchtungen, die nicht aus einzelnen Blickwinkeln zu betrachten sind oder vollständig gelöst werden können. Es benötigt die volle Bandbreite der Wissenschaft.

Vor diesem Hintergrund erscheint es dem Wissenschaftsrat essentiell, die notwendige analytische Trennschärfe nicht zu vernachlässigen, werden doch unter dem Schlagwort der *Digitalisierung* oftmals einigermaßen undifferenziert Grundlagen und Auswirkungen verhandelt. Ohne diese Trennschärfe jedoch lassen sich nicht die erforderlichen Rückschlüsse ziehen, um Bildung und Wissenschaft, Wirtschaft und Politik weiterzuentwickeln – um die Gesellschaft zukunfts-fähig zu machen. In diesem Sinne betont der Wissenschaftsrat: *Digitalisierung ist nicht Informatik, aber ohne Informatik gibt es keine Digitalisierung.*⁹⁹

Die *Informatik* bildet die Grundlage der Digitalisierung, die sich in ihrer Anwendung letztlich auf andere Wissenschaftsgebiete und auf die Gesellschaft in ihrer Gesamtheit auswirkt. Datengetriebenes Arbeiten und Programmieren sind die Voraussetzungen für jene Oberflächen, die kompetent genutzt, unseren Alltag oftmals erleichtern, in jedem Fall aber verändern. Unter (wissenschafts-) politischen Aspekten muss demgemäß festgehalten werden, dass eine Förderung der Digitalisierung nicht notwendigerweise eine Förderung der Informatik bedeutet, daher:

Das Erlernen neuer Kompetenzen (= digitale Grundkenntnisse), um in einer digitalisierten Welt bestehen zu können, kann das Erlernen der Grundlagen (= Informatik) nicht kompensieren, sondern nur ergänzen.

Das Fördern der Informatik als Brückenwissenschaft sollte das Fördern der Informatik als Kernfach nicht ersetzen. Beide werden in Zeiten umfassender digitaler Transformation vermehrt gebraucht.

Demgemäß ruft der Wissenschaftsrat gleichermaßen Bildungs- und Wissenschaftspolitik wie die Informatik-Community dazu auf, in diesem Sinne verstärkt Bewusstseinsbildung zu betreiben.

Die Wissenschaftspolitik ist dazu angehalten, die Informatik als Kernfach noch stärker als Grundlage einer *digitalen Transformation* zu positionieren. Gezielte Investitionen und Förderungen in Lehre und Forschung ermöglichen erst, diesen Prozess zu gestalten.

Aus Sicht des Wissenschaftsrates bedeutet dies, dass die Informatik ihre zentrale Rolle nicht nur als Kernfach, sondern auch als Brückenwissenschaft annehmen muss und der-gestalt diese aktiv mitgestaltet: sei es in der curricularen Einbindung in anderen Studien-fächern, oder der Einbettung der Informatik in den Forschungsalltag anderer Disziplinen.

Empfehlungen

Die Informatik muss verstärkt als eigenständige Wissenschaft verstanden und gefördert werden, die unter anderem die Grundlage einer digitalen Transformation bildet.

Die Informatik-Community muss weiterhin ihre Rolle als Kernfach und als Brückenwissenschaft der digitalen Transformation annehmen und aktiv mitgestalten.

Die Ressourcen, um einerseits die Digitalisierung der Gesellschaft erfolgreich zu gestalten, andererseits aber auch die Informatik langfristig zu stärken, sind die Fertigkeiten und Talente junger Menschen. Dabei nehmen *Schulen* eine gewichtige Rolle ein, indem sie digitale Grundkenntnisse vermitteln. Aus Sicht

des Wissenschaftsrates muss diese Rolle jedoch ausgeweitet und Informatik als Pflichtfach im Sekundarbereich eingeführt werden, wie dies bereits in der Schweiz der Fall ist.¹⁰⁰ Der Pflichtunterricht sollte neben zentralen Programmierfähigkeiten auch logisches Denken, Kompetenzen zur Analyse komplexer Daten sowie technisches Wissen z.B. über Computer und das Internet vermitteln. Somit kann der Informatikunterricht, wie der Rahmenlehrplan der Schweiz festhält, „einen wichtigen Beitrag sowohl zur allgemeinen Studierfähigkeit als auch zur Gesellschaftsreife“ leisten.¹⁰¹ Um dies zu erreichen gilt es, aus der inhaltlichen Struktur des BMBWF heraus Synergien zu schaffen und die Einwicklung des Schulfaches Informatik zu einem gemeinsamen Projekt von Bildung und Wissenschaft zu machen; Die Hochschulpolitik ist gefordert, die Lehrerinnen- und Lehrerbildung entsprechend auszubauen, die Informatik-Community aufgerufen, diese weiter aktiv mitzugestalten.

Empfehlungen

Informatik soll als Pflichtunterricht in allen Sekundarbereichen eingeführt werden.

Dieser Unterricht soll von ausgebildeten *Informatik*-Lehrerinnen und -lehrern durchgeführt werden und nicht ausschließlich *digitale* Kompetenzen, sondern zentrale *Informatik*-Kenntnisse, wie z.B. Programmier- und Datenanalysekompetenzen und technisches Wissen, vermitteln.

Die Informatik-Community sollte sich weiterhin bei der Mitgestaltung der Aus- und Weiterbildung von Informatiklehrerinnen und -lehrern aktiv einbringen.

6.2 Evaluation der Forschung

Kapitel 3 unterstreicht die fortbestehende Problematik, ein gesamtes hoch interdisziplinäres Fachgebiet auf Länderebene zu evaluieren. Der Versuch, dieses Vorhaben in einem internationalen Kontext zu verorten, erschwerte dieses weiter. Die intensive Auseinandersetzung des Wissenschaftsrates mit den methodischen Herangehensweisen der Analysen dieses Berichts, aber auch mit anderen internationalen Rankings, führen zum Schluss, dass das gesetzte Vorhaben derzeit nur limitiert zielführend ist. Hier benötigt es weitere methodische Entwicklungen und Verbesserungen, aber auch das Mitwirken der Einrichtungen sowie der einzelnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern selbst, wie im Folgenden erörtert wird.

Die Verwendung von eindeutigen *Identifiern* wie *ORCID-iD* erleichtert die Identifikation von Autorinnen und Autoren, ebenso die Zuteilung von Individuen zu Institutionen, vorausgesetzt, dass die Informationen auf dem neuesten Stand gehalten werden. Auch bei *dblp* sollten die Affiliationen der Forscherinnen und Forscher regelmäßig überprüft und gegebenenfalls aktualisiert werden.

Eine wichtige Erkenntnis der Analysen unterstreicht die zentrale Bedeutung von Proceedings in der Informatik. Zwar ist die Verteilung von Publikationen zwischen Journals und Proceedings in Österreich relativ ausgeglichen, es zeigt sich aber, dass Beiträge in Proceedings einen höheren Impact erzielen. Angesichts dessen sollte die besondere Publikationspraxis der Informatik zuletzt mit Blick auf Evaluationen und Beurteilungen von Forschungsleistungen verstärkt berücksichtigt werden.

Mit *dblp* ist die Informatik vielen anderen Disziplinen bereits einen nennenswerten Schritt voraus. Diese Publikationsdatenbank dient nicht nur *CSRankings* als Datenbasis, auch andere Rankings (z.B. *CSMetrics*¹⁰²) nutzen sie. Auch der Zusammenschluss der universitären Einrichtungen und des IST

Austria im Rahmen von *Informatik Austria*¹⁰³ stellt die Informatik auf starke Beine, um bei der zielgerichteten Weiterentwicklung der bibliometrischen Methoden für diese Disziplin federführend mitzuwirken.

Im Rahmen dieses Berichts wurden vier unterschiedliche Perspektiven angewendet, jede behaftet mit ihren eigenen Limitierungen und Vorteilen, jedoch ist ihnen allen im Grunde gemein: keine Perspektive ermöglicht ein vollständiges, klares und verständliches Bild der Informatik in Österreich; ein zu rigider Fokus der Publikationsvenues und Auswahl der Autorinnen und Autoren, Schwierigkeiten mit der Clusterbildung und dem Benennen der Cluster oder eine zu weitgefasste Feldabgrenzung, sie alle führten zu eingeschränkt aussagekräftigen Einzelergebnissen.

Dies könnte zum voreiligen Schluss verleiten, die Bibliometrie sei nicht geeignet, um Einblicke in die Forschungsleistung der Informatik zu ermöglichen.

Die Kombination der unterschiedlichen Perspektiven zeigt allerdings einige interessante und bedeutsame Ergebnisse. Es ist ersichtlich, dass die österreichische Informatik mehrere Stärkebereiche aufweist. Ein Fachgebiet, das in allen Analysen als sehr stark hervorsticht, ist *Logic & Verification*: die österreichische Informatik ist in den weltweit führenden Konferenzen stark vertreten, ist aber auch in anderen Publikationsvenues sehr aktiv und steuert einen vergleichsweise hohen Anteil der weltweiten Publikationen bei. In Teilbereichen des Fachgebietes erzielen die Publikationen einen sehr hohen Impact und dieses Fachgebiet kann sich im europäischen Wettbewerb behaupten. Wie kann ein Fachgebiet, das bereits auf derart starken Beinen steht, weiter gefördert werden? Sollte es weiter gestärkt werden? Diese Antworten können nur die in diesem Gebiet arbeitenden Forscherinnen und Forscher, sowie Vertreterinnen und Vertreter der universitären Governance, der Forschungsförderorganisationen sowie der regionalen Industrie und Wirtschaft geben.

Derartige Fragen sind bei jedem Fachgebiet zu reflektieren.

Der Hauptforschungsbereich **Theorie** kann generell als Stärke der österreichischen Informatik angesehen werden. Das Fachgebiet *Cryptography* weist jedoch eine interessante „Schwäche“ auf. Österreich kann hier in den führenden Konferenzen mit der europäischen Spitze nicht konkurrieren. Es stellt sich nun die Frage, wie kann man die bestehenden Stärken nutzen, um mit den drei führenden europäischen Ländern, nämlich den Niederlanden, Italien und Dänemark, schritthalten zu können. Ist das sinnvoll für die laufende Forschungsarbeit und die regionale Industrie in Österreich? Bestehen bereits Anknüpfungspunkte, wo können neue entstehen? Nur eine Peer-Review basierte Beurteilung, die auch Expertise aus der Industrie miteinbezieht, könnte diese Fragen abwägen.

Das Fachgebiet *Measurement & Performance Analysis* (Hauptforschungsbereich **Systeme**) ist im Hinblick auf die Publikationsaktivität in den führenden Konferenzen eher als ein Schwächebereich Europas zu sehen. Hier sticht Österreich vergleichsweise hervor, jedoch fehlt es an Breite und Impact. Hier gilt es zu reflektieren, ob dies ein Gebiet ist, dessen Förderung sich für Österreich lohnt, um zu einer Stärke nicht nur für Österreich selbst, sondern auch für Europa insgesamt zu werden. Wie kann die Sichtbarkeit in der Breite erhöht werden? Soll die bestehende Stärke an einem Standort weiter gefördert werden, oder soll dieses Fachgebiet an allen Standorten ausgebaut werden?

Auch der Hauptforschungsbereich **KI** bestätigt sich als ein bereits gut aufgestelltes Gebiet der Informatik in Österreich, mit Ausnahme des Fachgebietes *Natural Language Processing*. In Anbetracht der erst jüngst von der Bundesregierung veröffentlichten *Artificial Intelligence Mission Austria 2030*¹⁰⁴ und der darin hervorgehobenen Bedeutung der Grundlagenforschung stellt sich die Frage, ob dies tatsächlich eine Schwachstelle darstellt

und falls ja, wie damit innerhalb dieses komplexen Forschungsbereichs umgegangen werden soll.

Der Hauptforschungsbereich **Systeme** weist sowohl herausragende Stärkebereiche auf (z.B. *Design Automation*), aber auch einige auffallende Schwächebereiche (insbesondere *Operating Systems*). Auch hier bedingt es der gemeinschaftlichen Reflexion und Diskussion, ob es für die österreichische Informatik oder für den Industriestandort Österreich problematisch ist, dass es keine Beteiligung in den führenden Konferenzen gibt und auch sonst der Publikationsoutput im weltweiten Vergleich eher gering ist. Muss diesem Ergebnis gegengesteuert werden?

Die Beantwortung dieser Fragen obliegt nicht dem Wissenschaftsrat, sondern den Vertreterinnen und Vertretern der unterschiedlichen Interessensgruppen der Hauptforschungsgebiete oder einzelner Fachgebiete. Dennoch verleiten einige der hier genannten Erkenntnisse den Rat, die eine oder andere Empfehlung auszusprechen:

Empfehlungen

Die besondere Publikationspraxis der Informatik sollte bei Evaluierungen von Personen und Forschungsprojekten sowie Fachbereichen berücksichtigt werden. Dazu gehört auch, Proceedings eine zentrale Stellung einzuräumen.

Die standardmäßige Verwendung von eindeutigen *Identifiern* sollte angeregt werden.

Die Weiterentwicklung bibliometrischer Methoden und die Einordnung ihrer Evaluationsergebnisse muss durch die Community federführend mitbestimmt werden.

6.3 Rahmenbedingungen

Nicht zuletzt durch die Einführung von *Unifinanzierung NEU* rückten Maßnahmen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Studierende und Forschende in der letzten Leistungsvereinbarungsperiode ins Zentrum der Bemühungen. Der GUEP sieht vor, dass die Informatik mehr Studierende rekrutieren, die Lehre und Studienbedingungen verbessert, mehr und raschere Abschlüsse durchzusetzen sind, der Frauenanteil erhöht und die Grundlagenforschung gefördert werden sollen.

Tatsächlich ist die Anzahl der ordentlichen Studien im ersten Semester gesamt betrachtet in den letzten zwei Studienjahren rückläufig, wobei sich dieser Trend nach Studienart stark unterscheidet. Fluktuieren Bachelor- und Masterstudien vergleichsweise leicht, wirkt sich der Rückgang bei den Doktoratsstudien stärker aus. Die Gesamtzahl der ordentlichen Studien hingegen hat in diesem Zeitraum zugenommen, so auch die Zahl der prüfungsaktiv betriebenen Studien. Bei den Abschlüssen ist im Studienjahr 2019/20 ein Rückgang feststellbar, der maßgeblich auf fallende Master- und Doktoratsstudienabschlüsse zurückgeführt werden kann. Dennoch werden Abschlüsse weiterhin überproportional von diesen beiden Studiengruppen getragen. Besonders nachhaltig ist der negative Trend bei der ohnehin niedrigen Zahl an Abschlüssen in Toleranzzeit.

Diese Entwicklungen deuten darauf hin, dass die Studienbedingungen weiter verbessert werden müssen, um die Abschlusszahlen und -quoten zu erhöhen und die durchschnittliche Studienzeit zu verkürzen. Diese Forderung steht im engen Zusammenhang mit der Anzahl an Professorinnen und Professoren. Auch die kommenden Leistungsvereinbarungsperioden müssen daher den Ausbau der Professorinnen und Professoren in der *Informatik* vorsehen. Dieser Appell richtet sich gleichermaßen an beide Verhandlungspartner der Leistungsvereinbarungen. Eine derartige Forderung wird jedoch durch den international sehr kompetitiven

Arbeitsmarkt erschwert. Kapitel 4.2 zeigt, dass die Zahl der Berufungen in den letzten Jahren stark gestiegen ist, dass jedoch ein Großteil der Berufungen von nationalen Universitäten bzw. Dienstgebern kam. Berufungen aus der Schweiz und anderen Drittstaaten fallen sehr niedrig aus. Es wird daher an die Fachgebiete appelliert, bei der Besetzung neuer Professuren die Ausschreibungen möglichst breit und auf mehreren Ebenen der Karrierestufen zu formulieren, da dies die Chance erhöht, hervorragende Forscherinnen und Forscher aus dem Ausland zu rekrutieren. Falls dies dennoch nicht zu einer passenden Berufung innerhalb der Leistungsvereinbarungsperiode führt, muss es den Universitäten im Einzelfall möglich sein, unbesetzte Professuren von einer Leistungsvereinbarungsperiode in die nächste Periode übertragen zu können.

Ein großes Potential besteht ferner darin, einen Großteil der neuen Informatikprofessuren durch Laufbahnstellen (sogenannte Tenure-Track-Professuren) zu besetzen, um High Potentials nach Österreich zu bringen, bzw. hier zu halten. In der Informatik ist Tenure-Track de facto Rekrutierungsstandard. Nicht zuletzt muss die Informatik in Österreich gestärkt werden, um für talentierte und engagierte Studierende, Nachwuchsforscherinnen und Wissenschaftler international attraktiv zu sein. In den letzten Jahren haben fast alle führenden Wissenschaftsländer ihre Berufungen in der Informatik und verwandten Fachbereichen auf der Basis von Digitalisierungsstrategien massiv erweitert, so dass der Wettbewerb um hochqualifizierte Nachwuchskräfte erheblich verschärft wurde. Nur mithilfe vorteilhafter Rahmenbedingungen können der Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Österreich bestehen und gedeihen.¹⁰⁵

Empfehlungen

Die Anzahl, der in den Leistungsvereinbarungen festgelegten *Informatik*-Professuren sollte weiter erhöht werden.

Ausschreibungen sollten möglichst offen gestaltet werden, und Berufungen sollten vermehrt als Laufbahnstellen erfolgen, um die Attraktivität für High Potentials zu erhöhen.

In Anbetracht der teils langen Berufungsverfahren und des höchst kompetitiven internationalen Arbeitsmarktes sollte der Umsetzungszeitrahmen der in den Leistungsvereinbarungen festgesetzten Zielvorgaben gegebenenfalls über eine Leistungsvereinbarungsperiode hinaus möglich sein.

Die Abschlussquoten und Studienzeiten können auch durch die vermehrte Rekrutierung qualitativ hochwertiger Studienanfängerinnen und -anfängern langfristig und nachhaltig positiv beeinflusst werden. Um dies zu ermöglichen, muss *Informatik* einen erheblichen Teil der verpflichtenden Übung ab der Sekundarstufe 1 ausmachen und über das Erlangen einer „Digitalen Grundbildung“, wie dies in der *Artificial Intelligence Mission Austria 2030*¹⁰⁶ vorgesehen ist, hinausgehen. Die schulische Informatikausbildung ist demgemäß in zweierlei Hinsicht essentiell: als notwendige Voraussetzung der Teilhabe an einer sich verändernden Welt, aber auch als notwendige Voraussetzung des Aufbaus einer kritischen Masse an gut vorbereiteter Informatikstudierender. Zudem muss der Unterricht von *Informatik*-lehrerinnen und -lehrern geführt werden und deren Anzahl ausgebaut werden. Hier ist die Informatik-Community angehalten, sich weiterhin aktiv einzubringen und die Curricula der Pädagogischen Hochschulen mitzugestalten und damit die Aus- und Weiterbildung der Informatiklehrerinnen und -lehrer, aber auch die zukünftigen Informatikstudierenden, federführend zu prägen.

In diesem Sinne verweist der Wissenschaftsrat auf seine Empfehlung oben in Kapitel 6.1. und fügt hinzu, dass diese Maßnahme zwar zentral ist, sie wird jedoch erst in einigen Jahren zu merklichen Verbesserungen an den Hochschuleinrichtungen führen. Einstweilen müssen bereits bestehende Fördermaßnahmen wie z.B. Kooperationen und Initiativen mit Schulen, verbesserte Studieninformationen, Bridging Programme, Buddy Mentoring etc., evaluiert und ausgebaut werden.

Empfehlungen

Bereits bestehende Informations- und Förderprogramme für (zukünftige) Studienanfängerinnen und -anfänger sollten evaluiert und ausgebaut werden.

Kooperationen und bestehende Initiativen mit Schulen sollten weiter gefördert werden.

Von allen europäischen Ländern sticht die Schweiz am klarsten hervor. Natürlich ist die Schweizer Hochschullandschaft völlig anders organisiert und finanziert als die österreichische, und die Exzellenz der Schweizer Informatik liegt zu einem Großteil an der Existenz von zwei exzellenten technischen Hochschulen, der ETH Zürich und der EPFL. Trotzdem wäre es für die österreichische Informatik durchaus empfehlenswert, sich um Inspiration von und Kollaboration mit der Schweizer Informatik zu bemühen.

Angeichts der gewonnenen Erkenntnisse der Informatik in Österreich, rät der Österreichische Wissenschaftsrat zur verstärkten österreichweiten Vernetzung und Kooperation, um auf Grundlage bestehender Stärkebereiche Österreich als Informatikstandort noch besser international positionieren zu können. Eine Möglichkeit besteht in der Gründung einer Vernetzungsplattform, das als Netzwerk zur Koordination aller österreichischen Institute dient. Dieses könnte als Schnittstelle für Kooperationen zwischen Forschungsgruppen

dienen sowie die Zusammenarbeit der verschiedenen Standorte koordinieren, aber auch gemeinsame Master- und Doktoratsprogramme (Doc-School) organisieren und in Zusammenarbeit mit dem FWF Forschungsprogramme zur Förderung der Informatik in Österreich ausschreiben. Nicht zuletzt könnte ein solches Modell Vorbildwirkung entfalten, andere Disziplinen zu intensivieren bzw. institutionalisierten Kooperationen anzuregen.

Die Stärkung der Informatikstrukturen ist eine gemeinsame Aufgabe sowohl der Hochschul- und Forschungseinrichtungen wie auch der Wissenschaftspolitik:

Empfehlung

Kooperation und Vernetzung bestehender Stärken in Forschung und Lehre (z.B. Doc-Schools) könnten etwa durch eine Vernetzungsplattform standortübergreifend organisiert werden und somit beitragen die internationale Position der österreichischen Informatik weiter zu verbessern.

Der Erfolg einer derartigen Vernetzungsplattform bedingt ein gewisses finanzielles Commitment seitens der teilnehmenden Einrichtungen. Doch auch die Wissenschaftspolitik sollte eine derartige Neuentwicklung finanziell unterstützen. Die Vernetzungsplattform könnte als Vorbild für andere Disziplinen dienen, standortübergreifende Kooperationen und Abstimmungen auszubauen.

99 Der Österreichische Wissenschaftsrat möchte sich bei Prof. Martin Hitz (Universität Klagenfurt) für die Leihgabe dieser treffenden Formulierung sehr herzlich bedanken.

100 Bundesrat, *Informatik wird obligatorisches Fach am Gymnasium* <<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-71332.html>> [zugegriffen 23. November 2021].

101 EDK, *Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen: Informatik (obligatorisches Fach und Ergänzungsfach)* (Bern, 2017), S. 2.

102 CSMetrics, *Institutional Publication Metrics for Computer Science* <<http://csmetrics.org/>> [zugegriffen 24. September 2021].

103 Informatik Austria, *Aktuelles* <<https://www.informatikaustria.at/>> [zugegriffen 27. Oktober 2021].

104 BMK, *Strategie der Bundesregierung für Künstliche Intelligenz: Artificial Intelligence Mission Austria 2030 (AIM AT 2030)* (Wien, 2021).

105 Siehe Österreichischer Wissenschaftsrat, *Internationalisierung an Österreichs Hochschulen: Stellungnahme und Empfehlungen* (Wien, 2021).

106 BMK, 2021, S. 48.

7. LITERATUR

BMBWF, *Der Gesamtösterreichische Universitätsentwicklungsplan 2022-2027* (Wien, 2019a) <https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:0f97bd04-a5ae-4d6c-ae64-e4441365e964/GUEP_2019-2024_Langversion.pdf> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Mehr Geld für gutes Studieren und Forschen an den Universitäten: Gezielte Planbarkeit durch die neuen Leistungsvereinbarungen* (Wien, 2019b) <[https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:f560e4e7-85ba-4cce-ad36-568de4f82f50/Mehr Geld für gutes Studieren.pdf](https://www.bmbwf.gv.at/dam/jcr:f560e4e7-85ba-4cce-ad36-568de4f82f50/Mehr_Geld_für_gutes_Studieren.pdf)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Ordentliche Studien an Universitäten nach Studienart* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)¹⁰⁷> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Ordentliche Studien im ersten Semester an Universitäten nach Studienart* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Ordentliche Studierende nach Fachhochschul-Studiengängen* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Prüfungsaktive Bachelor-, Diplom- und Masterstudien* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *unidata - Zahlen und Fakten auf Knopfdruck* <<https://unidata.gv.at/Pages/default.aspx>> [zugegriffen 29. September 2021].

BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 3.A.1 — Gesamtübersicht: Anzahl der Studienabschlüsse* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 3.A.2 - Gesamtübersicht: Anzahl der Studienabschlüsse in der Toleranzstudiendauer* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 1. Juli 2021].

BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 1.A.2 - Gesamtübersicht: Anzahl der Berufungen an die Universität* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 2.A.1 - Gesamtübersicht: Professorinnen/Professoren und Äquivalente* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 01. Juli 2021].

BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 1.C.1 - Gesamtübersicht: Erlöse aus F&E-Projekten sowie Projekten der Entwicklung und Erschließung der Künste in Euro* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMBWF, *Wissensbilanz Kennzahl 1.C.2 - Gesamtübersicht: Investitionen in Infrastruktur im F&E-Bereich/Bereich Entwicklung und Erschließung der Künste* (Wien) <[Auswertung \(unidata.gv.at\)](#)> [zugegriffen 31. Mai 2021].

BMK, *Strategie der Bundesregierung für Künstliche Intelligenz: Artificial Intelligence Mission Austria 2030 (AIM AT 2030)* (Wien, 2021) <https://www.bmdw.gv.at/dam/jcr:25d7d1f6-b32c-4a6b-ae39-ffa3825a73ff/2021-AIM_AT_2030_UA-bf.pdf> [zugegriffen 29. September 2021].

Bundesrat, *Informatik wird obligatorisches Fach am Gymnasium* <<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-71332.html>> [zugegriffen 23. November 2021].

Chroust, Gerhard und Hans-Peter Mössenböck, *Informatik macht Zukunft. Zukunft macht Informatik: 40 Jahre Informatik-Studium in Österreich* (Wien, 2009), S. 69.

CSMetrics, *Institutional Publication Metrics for Computer Science* <<http://csmetrics.org/>> [zugegriffen 24. September 2021].

CSRankings, *CSRankings: Computer Science Rankings* <<http://csrankings.org/>> [zugegriffen 02. März 2021].

CSRankings, FAQ *Computer Science Rankings* <<http://csrankings.org/faq.html>> [zugegriffen 02. März 2021].

dblp computer science bibliography, *Frequently Asked Questions* <<https://dblp.org/faq/index.html>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

dblp computer science bibliography, *Statistics* <<https://dblp.org/statistics/index.html>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

dblp computer science bibliography, *Monthly Snapshot Release of May 2021*, <<https://dblp.org/xml/release/dblp-2021-05-03.xml.gz>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Denning, Peter J., Douglas E. Comer, u. a., *Computing as a Discipline: Final Report of the ACM Task Force on the Core of Computer Science* (Baltimore, 1988), <<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2594497>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

EDK, *Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen: Informatik (obligatorisches Fach und Ergänzungsfach)* (Bern, 2017) <https://edudoc.ch/record/131917/files/rfp_inf_2017_d.pdf> [zugegriffen 23. November 2021]

Elken, Mari, Nicoline Frølich und Ingvild Reymert, *Steering Approaches in Higher Education: Comparing Norway, Sweden, Finland, the Netherlands and UK (England)* (Oslo, 2016) <<https://nifu.brage.unit.no/nifu-xmlui/bitstream/handle/11250/2432050/NIFUreport2016-35.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [zugegriffen 29. September 2021].

ERC, *Datahub of ERC Funded Projects* <<https://erc.easme-web.eu/>> [zugegriffen 17. Juni 2021].

ERC, *ERC Advanced Grants 2020* <<https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/erc-2020-adg-results-pe.pdf>> [zugegriffen 17. Juni 2021].

ERC, *ERC Starting Grants 2020* <https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/erc_2020_stg_results_pe.pdf> [zugegriffen 17. Juni 2021].

ERC, *ERC Consolidator Grants 2020* <<https://erc.europa.eu/sites/default/files/document/file/erc-2020-cog-results-pe.pdf>> [zugegriffen 17. Juni 2021].

ERC, *Statistics* <<https://erc.europa.eu/projects-figures/statistics>> [zugegriffen 24. August 2021].

European University Association, *Country Sheets: Public Funding Observatory*, 2020 <<https://eua.eu/component/attachments/attachments.html?id=2689>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Hesse, Friedrich W., Ina Matt, Falk Reckling, Thomas Völker und Nikolaus Possanner, *Determination of the State of Educational Research in Austria* (Wien, 2019) <<http://doi.org/10.5281/zenodo.3558401>> [zugegriffen 2. Juni 2021].

Informatik Austria, *Aktuelles* <<https://www.informatikaustria.at/>> [zugegriffen 27. Oktober 2021].

Informatik Austria, *Computer Science - PhD in Austria* <<https://computerscience-phd.com>> [zugegriffen 30. September 2021].

JKU, *Geschichte der Informatik an der JKU* (2021) <http://informatik.jku.at/geschichte/index.php/Geschichte_der_Informatik_an_der_JKU> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Kim, Jinseok, „Author-Based Analysis of Conference versus Journal Publication in Computer Science“, *J Assn Inf Sci Tec*, 70(2019), S. 71-82.

Noyons, Ed, *Bibliometric Analysis of the Austrian Computer Science Research* (unveröffentlichter Draft) (Leiden, 2019a).

Noyons, Ed, „Bibliometric Analyses of the Austrian Computer Science Research“, Präsentation bei *Informatik in Österreich: Perspektiven und Strategien* (Wien, 2019b).

Österreichischer Wissenschaftsrat, *Klinische Forschung in Österreich: Stellungnahme und Empfehlungen* (Wien, 2016) <https://www.wissenschaftsrat.ac.at/downloads/Empfehlungen_Stellungnahmen/2018_2016/Endversion_Klinische-Forschung-in-Oesterreich.PDF> [zugegriffen 2. Juni 2021].

Österreichischer Wissenschaftsrat, *Der Österreichische Wissenschaftsrat unterstützt die Pläne der Regierung zur Entwicklung einer Bundesstrategie für Künstliche Intelligenz* (Wien, 2018) <<https://www.wissenschaftsrat.ac.at/blog/der-%C3%B6sterreichische-wissenschaftsrat-unterst%C3%BCtzt-die-pl%C3%A4ne-der-regierung-zur-entwicklung-einer-bundesstrategie-f%C3%BCr-k%C3%BCnstliche-intelligenz>> [zugegriffen 2. Juni 2021].

Österreichischer Wissenschaftsrat, *Informatik in Österreich: Perspektiven und Strategien* (Wien, 2019), <<https://www.wissenschaftsrat.ac.at/blog/informatik-in-%C3%B6sterreich-perspektiven-und-strategienhttps://www.wissenschaftsrat.ac.at/blog/informatik-in-österreich-perspektiven-und-strategien>> [zugegriffen 2. Juni 2021].

Österreichischer Wissenschaftsrat, *Analyse der Leistungsvereinbarungen 2019-2021 und Empfehlungen* (Wien, 2020a) <https://www.wissenschaftsrat.ac.at/downloads/Empfehlungen_Stellungnahmen/2022-2019/Endversion_LV_Analyse_2019_2021.pdf> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Österreichischer Wissenschaftsrat, *Vom Messen und gemessen werden: Potentiale und Grenzen bibliometrischer Methoden* (Wien, 2020b) <https://www.wissenschaftsrat.ac.at/downloads/Bibliometrie_23_09_20_Endversion.pdf> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Österreichischer Wissenschaftsrat, *Internationalisierung an Österreichs Hochschulen: Stellungnahme und Empfehlungen* (Wien, 2021).

Shanghai Rankings, *Global Ranking of Academic Subjects 2020 - Computer Science & Engineering* <<https://www.lebde.org/ShanghaiRanking-Subject-Rankings/computer-science-engineering.html>> [zugegriffen 24. September 2021].

Tikhonenko, Svetlana und Cristina Pereira, *Informatics Education in Europe: Institutions, Degrees, Students, Positions, Salaries. Key Data 2013-2018* (Zürich, 2019) <<https://www.informatics-europe.org/component/phocadownload/category/10-reports.html?download=128:informatics-education-europe-data-2013-2018>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Times Higher Education, *World University Rankings 2021 by Subject: Computer Science* <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2021/subject-ranking/computer-science#/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats> [zugegriffen 24. September 2021].

TU Wien, *Aufnahmeverfahren Informatik und Wirtschaftsinformatik* <<https://www.tuwien.at/studium/studienangebot/bachelorstudien/informatik-und-wirtschaftsinformatik/aufnahmeverfahren>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

UG 2002, *Bundesgesetz über die Organisation der Universitäten und ihre Studien (Universitätsgesetz 2002 - UG)* <https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/2002_120_1/2002_120_1.pdf> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Unger, Martin, Bianca Thaler, u. a., *Evaluierung der Aufnahmeverfahren nach §14h UG 2002* (Wien, 2015) <<https://irihs.ihs.ac.at/id/eprint/3322/1/IHSPR6711171.pdf>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Unger, Martin u. a., *Studierenden-Sozialerhebung 2019: Kernbericht* (Wien, 2020) <https://pubshop.bmbwf.gv.at/index.php?rex_media_type=pubshop_download&rex_media_file=sola_2019_kernbericht.pdf> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Universität Wien, *Aufnahmeverfahren für die Bachelorstudien Informatik und Wirtschaftsinformatik* <<https://informatik.univie.ac.at/studium/fuer-studieninteressierte/aufnahmeverfahren/>> [zugegriffen 31. Mai 2021].

Vrettas, George und Mark Sanderson, „Conferences vs. Journals in Computer Science“, *J Assn Inf Sci Tec*, 66(2015), S. 2674-2684.

Wissenschaftsfonds- FWF, *FWF-Dashboard* <<http://dashboards.fwf.ac.at/de/>> [zugegriffen 02. August 2021].

Worldometer, *Population by Country* <<https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>> [zugegriffen 19. Juli 2021].

107 Da die Internetadressen zu den jeweiligen Seiten der *uni:data* Auswertungen sehr lang sind, werden nur die Linkbezeichnungen verwendet. Diese können angeklickt werden, um zur spezifischen Zielseite zu gelangen.

NOTIZEN

[illegible]This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features 20 evenly spaced horizontal red lines across the entire page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no margins or additional markings.

MEDIENINHABER UND HERAUSGEBER

Republik Österreich /
Österreichischer Wissenschaftsrat
Liechtensteinstraße 22A
1090 Wien
T +43 [0]1 319 49 99-0
F +43 [0]1 319 49 99-44
E office@wissenschaftsrat.ac.at
W www.wissenschaftsrat.ac.at

