

Drs. 8675-20
Köln 23 10 2020

Perspektiven der Informatik in Deutschland

	Vorbemerkung	5
	Kurzfassung	7
A.	Ausgangslage	12
A.I	Informatik in Deutschland	12
	I.1 Zu den Anfängen der Informatik in Deutschland	12
	I.2 Ein aktuelles Anwendungsbeispiel: automatisiertes Fahren	14
A.II	Studium und Lehre	17
	II.1 Studierende	17
	II.2 Personal	26
A.III	Wissenschaftlicher Nachwuchs	29
A.IV	Forschung und Forschungsförderung	31
	IV.1 Informatikforschung im öffentlichen Sektor	31
	IV.2 Einrichtungen an der Schnittstelle zum privaten Sektor	33
	IV.3 Weitere Formen der Kooperationen mit der Industrie	34
	IV.4 Forschungsförderung	36
A.V	Informatische Bildung	39
A.VI	Arbeitsmarkt	43
B.	Analysen und Empfehlungen	46
B.I	Forschung	46
	I.1 Bündelung der Kräfte	48
	I.2 Maßnahmen im Wettbewerb um Köpfe	51
	I.3 Didaktik der Informatik	55
	I.4 Soziotechnische Aspekte der Informatikforschung	56
B.II	Innovationskraft der Informatik	59
B.III	Studium der Informatik	63
	III.1 Zugewinn an Absolventinnen und Absolventen	63
	III.2 Studienangebot und Inhalte	68
B.IV	Informatische Bildung	71
	IV.1 Schulische Bildung	71
	IV.2 Weiterbildung und Lehrexport	74
B.V	Kommunikation	75

C. Fazit	77
Anhang	81
Abkürzungsverzeichnis	83
Abbildungsverzeichnis	85
Tabellenverzeichnis	86

Vorbemerkung

Die Informatik als akademische Disziplin ist in Deutschland erst gut fünfzig Jahre jung. Seit der Einrichtung der ersten Informatik-Studiengänge in den späten 1960er Jahren hat sie eine rasante Entwicklung genommen. Mittlerweile zählt sie zu den am stärksten nachgefragten Studienfächern, und die Durchdringung aller Lebensbereiche mit informatischen Systemen und Produkten bringt ihr eine nicht zu überschätzende Bedeutung für Wirtschaft und Gesellschaft ein. | ¹ Daraus ergeben sich große Herausforderungen, die entscheidend vom Faktor personeller Engpässe geprägt sind.

Vor diesem Hintergrund hat sich der Wissenschaftsrat mit Perspektiven der Informatik beschäftigt. Diese Empfehlungen stehen in einer gewissen Tradition: Bereits 1989 hat sich der Wissenschaftsrat der Informatik zugewandt, um eine Bestandsaufnahme zu den ersten beiden Jahrzehnten der jungen Disziplin vorzulegen und ihre Zukunft zu stärken. Hat er sich damals nur mit der Situation an den Hochschulen befasst, stehen nun umfassender die verschiedenen Leistungsdimensionen und Einrichtungen im Mittelpunkt des Interesses. Die Empfehlungen richten sich an die wissenschaftliche Gemeinschaft der Informatikerinnen und Informatiker und ihre Fachverbände, an die Entscheidungsträgerinnen und -träger in Hochschulen und Forschungseinrichtungen, an die Forschungsförderer sowie an Bund und Länder.

Zur Vorbereitung dieser Empfehlungen hat der Wissenschaftsrat im Juli 2018 eine Arbeitsgruppe eingerichtet. Mitgewirkt haben in ihr auch Sachverständige aus dem In- und Ausland, die nicht Mitglieder des Wissenschaftsrats sind. Ihnen weiß sich der Wissenschaftsrat zu besonderem Dank verpflichtet. Ebenso dankt der Wissenschaftsrat weiteren Sachverständigen aus dem In- und Ausland, Repräsentantinnen und Repräsentanten der Gesellschaft für Informatik, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Geschäftsstelle der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie Vertreterinnen und Vertretern der informatischen Praxis, die

| ¹ Dies wird gerade auch in der Corona-Krise deutlich.

6 den Beratungsprozess im Rahmen von Anhörungen und Gesprächen konstruktiv unterstützt haben.

Der Wissenschaftsrat hat die vorliegenden Empfehlungen am 23. Oktober 2020 verabschiedet.

Kurzfassung

In einem guten halben Jahrhundert hat sich die Informatik zu einem Schwergewicht im deutschen Wissenschaftssystem entwickelt: Im Wintersemester 2018/2019 waren bereits 7,9 % aller Studierenden in Deutschland – gut 227 Tsd. – im Studienbereich Informatik eingeschrieben; sie verteilten sich auf 205 Hochschulen. Daneben gibt es verschiedene weitere einschlägige Einrichtungen, die Informatik-Forschung betreiben – im öffentlichen wie im privaten Sektor. Wie das rasante Wachstum ist auch die inhaltliche Entwicklung der Informatik ein dynamischer Prozess, dessen Abschluss noch nicht abzusehen ist. Gleichzeitig sind die Anforderungen an die junge Disziplin hoch: Innovationen der Informationstechnik prägen die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung entscheidend. Informatiksysteme und -produkte verändern rasant, umfassend und unumkehrbar das Privat- und Arbeitsleben der Menschen, das Gesundheitssystem oder die Verwaltung. Sie steigern die Wertschöpfung insbesondere auch in Branchen, die traditionell als stark in Deutschland gelten, wie der Automobilindustrie und dem Maschinenbau. Für all diese Aufgaben werden Fachkräfte händeringend gesucht.

In dieser Gemengelage richtet der Wissenschaftsrat den Blick nach gut dreißig Jahren erneut auf die Situation und die Perspektiven der Informatik. Er vertritt die Auffassung, dass die bestmögliche Weiterentwicklung und Förderung der Informatik als wissenschaftlicher Disziplin von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Zukunft Deutschlands sind, und will mit seinen Empfehlungen dazu beitragen.

Forschung mit starken Grundlagen

Wie am Beispiel des automatisierten Fahrens illustriert wird, trägt Informatikforschung in ihrer ganzen Breite und Vielfalt zur Bewältigung gesellschaftlich wie wirtschaftlich relevanter Herausforderungen bei. Um dieses Potenzial voll ausschöpfen zu können, bedarf es aus Sicht des Wissenschaftsrats erstens einer ausgewogenen Förderpolitik für die verschiedenen grundlegenden Bereiche der Informatik. Von dieser Basis aus kann die Disziplin langfristig und nachhaltig weiterentwickelt werden. Vor dem Hintergrund der hohen Aufmerksamkeit, die einzelne Gebiete der Informatik derzeit erfahren, empfiehlt der Wissenschaftsrat zweitens Forschungsförderern und Politik, in näherer Zukunft in einen gemein-

samen Austausch über ihre informatikbezogenen Förderportfolios zu treten. Dies kann dazu dienen, zu große Überschneidungen ebenso wie Förderlücken aufzudecken, den Erfolg von Maßnahmen zu bewerten, neu auftretende Bedarfe angesichts der schnellen Entwicklung des Feldes gemeinsam zu eruieren und Transparenz zu schaffen. Drittens rät der Wissenschaftsrat der Fachgemeinschaft zu Prozessen der Reflexion und Weiterentwicklung der Disziplin und ihrer Methoden.

Bündelung von Kräften

Angesichts des globalen Wettbewerbs hält der Wissenschaftsrat eine Bündelung der Kräfte zur Stärkung der deutschen Informatik und Steigerung ihres innovativen Potenzials für notwendig. Dazu empfiehlt er neben Prozessen der standortbezogenen Profilbildung die Etablierung von regionalen Forschungs- und Innovationsökosystemen, welche gleichzeitig zur Steigerung der Attraktivität von Standorten beitragen können. In deren Rahmen arbeiten wissenschaftliche Einrichtungen und Unternehmen unterschiedlicher Größenordnung eng zusammen zu einem thematischen Schwerpunkt. Auch Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft sind eingebunden. Darüber hinaus rät der Wissenschaftsrat zur Intensivierung der europäischen Vernetzung und Kooperation sowie zu einer verstärkten interdisziplinären Zusammenarbeit aus der Informatik heraus.

Maßnahmen im Wettbewerb um Köpfe

Vor dem Hintergrund des intensiven Wettbewerbs um Informatikerinnen und Informatiker empfiehlt der Wissenschaftsrat, sich gezielt dafür einzusetzen, exzellentes Personal für die akademische Forschung zu gewinnen und zu halten. Neben den genannten Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität eines Standorts wird hier vor allem stärkere Durchlässigkeit zum privaten Sektor sowie mehr Flexibilität und Offenheit für Beschäftigungsmodelle und Initiativen, die über den rein akademischen Raum hinausgehen, als wichtig erachtet – unter Berücksichtigung von Transparenz, klaren Regeln und Nachhaltigkeit der Maßnahmen. Ferner rät der Wissenschaftsrat zu besonderen Anstrengungen zur Rekrutierung von Personal aus dem Ausland. Auch gezielte personenbezogene Förderung von Informatikerinnen und Informatikern hält er für dringend notwendig, insbesondere in Hinblick auf den wissenschaftlichen Nachwuchs und Aspekte der Diversität. Angesichts der massiv gestiegenen Studierendenzahlen, mit denen die Entwicklung auf Seiten der Professorinnen und Professoren nicht Schritt gehalten hat, weist er darauf hin, dass personeller Aufwuchs mit nachhaltiger Perspektive nicht nur im Sinne der Betreuung der Studierenden, sondern auch im Wettbewerb um Köpfe geboten ist: Hoher Betreuung- und Prüfungsaufwand steht in direktem Zusammenhang mit der Attraktivität von Professuren.

Der Wissenschaftsrat schreibt der Forschung im Bereich Didaktik der Informatik eine wichtige Rolle beim dringend gebotenen Ausbau digitaler Bildung zu, sieht sie dafür aber noch nicht ausreichend gerüstet. Vor diesem Hintergrund empfiehlt er erstens den systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen. Zweitens gilt es, zur dauerhaften Stärkung des Fachgebiets qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs auszubilden. Dafür soll mindestens eine fachlich einschlägige Graduiertenschule eingerichtet werden. Drittens verspricht sich der Wissenschaftsrat von einer Verankerung der Didaktik der Informatik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik (IPN) in Kiel wichtige Impulse für die Forschung. Diese soll sie zudem auch über spezifische Förderprogramme im disziplinären und interdisziplinären Kontext erhalten.

Berücksichtigung der soziotechnischen Aspekte von Informatikforschung

Informatiksysteme und -produkte prägen zunehmend die Gesellschaft. Daher muss die Informatik-Forschung immer öfter auch deren ethische, rechtliche, soziale und politische Implikationen einbeziehen. Zu diesem Zweck empfiehlt der Wissenschaftsrat Maßnahmen zur Verbesserung von Vernetzung und Verankerung der entsprechenden Forschungsfelder innerhalb der Informatik sowie eine Intensivierung der Kooperation – aus der Informatik heraus – mit den Sozial-, den Rechts- und den Geisteswissenschaften durch Ausbau der Forschung und der Forschungsförderung sowie der Professuren an der Schnittstelle.

Ausschöpfung des innovativen Potenzials der Informatik

Aus der akademischen Informatik werden wichtige Beiträge zu Innovationen geleistet. Zu einer noch besseren Ausschöpfung des innovativen Potenzials empfiehlt der Wissenschaftsrat eine längerfristige Förderung von Open-Source-Software und -Prototypen mit liberaler Lizenzierung, thematische Wettbewerbe sowie die Unterstützung und Förderung von Gründungen und unternehmerischer Tätigkeit von wissenschaftlichem Personal. Auch in diesem Zusammenhang verspricht er sich zudem positive Effekte von einer erhöhten Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft über Personen und verschiedenste Kooperationen sowie von der Etablierung von Forschungs- und Innovationsökosystemen. Auf die Notwendigkeit der Beachtung der Standards wissenschaftlicher Integrität und Transparenz wird hierbei besonders hingewiesen.

Zugewinn an Absolventinnen und Absolventen

Vor dem Hintergrund der Situation auf dem Arbeitsmarkt und der stetig wachsenden Bedeutung der Informatik für andere Disziplinen, Gesellschaft und Wirtschaft sieht der Wissenschaftsrat einen dringenden Bedarf, mehr Absolventinnen

und Absolventen für den inner- wie außerakademischen Bereich auszubilden. Dazu empfiehlt er zum einen, die Zahl der Studierenden zu erhöhen. Den Schlüssel dazu sieht er in einer Ausweitung der schulischen informatischen Bildung, misst aber auch Aktivitäten aus den Hochschulen heraus sowie einem breiten und flexiblen Studienangebot, das ein möglichst diverses Publikum anspricht, Bedeutung zu. Besonderes Potenzial sieht er in Hinblick auf die Gewinnung ausländischer Studierender und rät hier zu besonderen Anstrengungen. Zum anderen empfiehlt der Wissenschaftsrat Maßnahmen zur Senkung der Abbruchquoten, insbesondere durch das Schließen von Kompetenzlücken in der Studieneingangsphase. Diese sollten durch zusätzliche Studien und Forschung zum Thema Studienabbruch unterlegt werden. Schließlich hält der Wissenschaftsrat den bedarfsgerechten Ausbau der Zahl der Studienplätze für geboten und ersucht die Länder, zu diesem Zweck gemeinsam mit den Hochschulen eine ganzheitliche Strategie für ihre Standorte mit besonderem Augenmerk auf Auslastung und Streuung der Informatik-Studiengänge zu entwickeln. Dabei ist besonders eine Überlastung von Standorten zu vermeiden.

Breites Studienangebot und bedarfsorientierte Anpassung von Inhalten

Der Wissenschaftsrat befürwortet angesichts der Situation auf dem Arbeitsmarkt ergänzend zu den Studiengängen der Kerninformatik ein breites Studienangebot im Studienbereich Informatik, wobei Spezialisierungen in der Lehre und das Forschungsprofil der Einrichtung möglichst korrespondieren sollten. Dazu sollten in gewissem Umfang auch eigene Studiengänge an der Schnittstelle von Informatik und Gesellschaft gehören. Ein besonderer zusätzlicher Bedarf wird in den Bereichen Data Science und Lehramt Informatik gesehen. In Hinblick auf die Studieninhalte empfiehlt der Wissenschaftsrat, wo nötig, unter Beibehaltung der fachlichen Tiefe verschiedene Maßnahmen zur Berücksichtigung aktueller Bedarfe in Wirtschaft und Gesellschaft, wie etwa ein verpflichtendes Grundlagenmodul zu soziotechnischen Aspekten der Informatiksysteme, Angebote zu einer Entrepreneurship-Ausbildung oder Möglichkeiten der fachübergreifenden Projektarbeit.

Bedeutung schulischer informatischer Bildung und ihre Voraussetzung an den Hochschulen

Der Wissenschaftsrat sieht informatische Bildung als zentralen Schlüssel an, um den digitalen Wandel in der Gesellschaft erfolgreich, inklusiv und nachhaltig zu gestalten. Vor diesem Hintergrund ermutigt er die Länder, die schnellere und flächendeckendere Einführung informatischer Bildung in den Schulen noch stärker zu priorisieren, als dies bisher vorgesehen ist. Um die Hochschulen zur Ausbildung und Begleitung für den schulischen Bereich zu rüsten, empfiehlt der Wissenschaftsrat die Ausweitung der Zahl der möglichen Studienorte für Lehramtsstudierende der Informatik und, wie erwähnt, den systematischen Aufbau

der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen sowie mindestens eine Graduiertenschule für Didaktik der Informatik.

Notwendigkeit eines Engagements für Weiterbildung und Lehrexport

Der Wissenschaftsrat sieht die gesellschaftliche und wirtschaftliche Notwendigkeit zu einem Engagement der Informatik im Bereich Weiterbildung und Lehre für andere Disziplinen. Er empfiehlt den Hochschulen, sowohl spezifische Kurse für ein gut vorgebildetes Fachpublikum als auch zeitlich und örtlich flexible Studiengänge verstärkt anzubieten sowie einen umfangreichen Lehrexport für die Studierenden, die Informatikmethoden für ihre eigenen Disziplinen brauchen, einzuplanen. Dies muss in Hinblick auf den Ressourcenbedarf berücksichtigt werden.

Kommunikation

Der Wissenschaftsrat begrüßt es angesichts der zentralen Bedeutung informatischen Wissens in der heutigen Welt nachdrücklich, wenn Informatikerinnen und Informatiker eine aktive Rolle im Austausch mit der Gesellschaft, den Medien, der Politik und der Verwaltung wahrnehmen und fordert die Fachgemeinschaft zu entsprechendem Engagement auf.

A. Ausgangslage

A.1 INFORMATIK IN DEUTSCHLAND

1.1 Zu den Anfängen der Informatik in Deutschland

Die Wissenschaft Informatik befasst sich mit der systematischen und automatisierten Darstellung, Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Information. |² Ihre Anfänge als akademische Disziplin in Deutschland lagen in der Rechenautomatenforschung der 1950er Jahre. |³ Als eigenständiges Fach wurde sie ab dem Jahr 1968 an den Hochschulen eingerichtet.

Dazu erarbeitete in der Bundesrepublik ein Beirat mit Mitgliedern aus der Physik, der Mathematik und der Elektrotechnik ab 1967 ein inhaltliches Konzept nach dem Vorbild der amerikanischen *Computer Science*-Studiengänge und prägte in Anlehnung an die in Frankreich eingeführte Bezeichnung den Fachnamen „Informatik“. Die Umsetzung erfolgte schließlich über das von Bund und Ländern gemeinsam finanzierte „Überregionale Forschungsprogramm Informatik“ (ÜRF) im Rahmen der drei sogenannten Datenverarbeitungsprogramme des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung. Das ÜRF ermöglichte die Einrichtung von zahlreichen Forschungsgruppen an den Hochschulen, die neben der Forschung auch den Aufbau des Lehrangebots vorantreiben sollten. Die darüber geschaffenen Stellen wurden im Anschluss weitgehend in die Landeshaushalte übernommen. So entstanden bis 1977 an 14 Universitäten in der Bundesrepublik

|² Gesellschaft für Informatik e. V. (GI): Was ist Informatik? Unser Positionspapier, Mai 2006, S. 7, <https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/was-ist-informatik-lang.pdf>.

Alle Weblinks in diesen Empfehlungen wurden zuletzt am 23.10.2020 abgerufen.

|³ Vgl. hier und im Folgenden: Pieper, C.: Hochschulinformatik in der Bundesrepublik und der DDR bis 1989/1990, Stuttgart 2009; Pieper, C.: Das „Überregionale Forschungsprogramm Informatik“ (ÜRF). Ein Beitrag zur Etablierung des Studienfachs Informatik an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland (1970er und 1980er Jahre), in: Technikgeschichte 75 (2008) 1, S. 3–31, <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/0040-117X-2008-1-3/das-ueberregionale-forschungsprogramm-informatik-uerrf-ein-beitrag-zur-etablierung-des-studienfachs-informatik-an-den-hochschulen-der-bundesrepublik-deutschland-1970er-und-1980er-jahre-jahrgang-75-2008-heft-1>; Coy, W.: Was ist Informatik? Zur Entstehung des Faches an den deutschen Universitäten, in: Hellige, H. (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leit-motive, Berlin 2004, S. 473–498.

112 Forschungsgruppen mit 551 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern; Ende 1976 waren knapp 6 000 Studierende eingeschrieben. Fachhochschulen profitierten nicht vom ÜRF, einzelne Bundesländer bauten hier aber ebenfalls bereits früh Kapazitäten auf. Anders als an den Universitäten, wo die Informatik überwiegend an den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultäten angesiedelt war und die Forschungsschwerpunkte vor allem auf den mathematisch geprägten Gebieten lagen, wurden dort von Anfang an Studiengänge in Allgemeiner Informatik, Technischer Informatik und Wirtschaftsinformatik angeboten.

Ebenfalls bereits seit den 1960er Jahren übernahmen neu gegründete Großforschungseinrichtungen, allen voran die Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD), zentrale Aufgaben in der Informatikforschung, wobei die GMD trotz ihrer Größe nur in einzelnen Bereichen internationale Sichtbarkeit erreichte sowie hinsichtlich Anwendungsorientierung und Technologietransfer hinter den Erwartungen zurückblieb. |⁴

Die Bestrebungen zum Aufbau der Informatik in der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) |⁵ begannen nur wenig später als in der Bundesrepublik. Auch hier wurde in den 1960er Jahren ein Datenverarbeitungsprogramm zur Ausbildung von Fachkräften für den neu auf-zubauenden Industriezweig aufgelegt, dessen Umsetzung allerdings nur bedingt erfolgreich war. Die Ressourcen an den Hochschulen und damit auch die Ausbildungskapazitäten blieben kurz- wie langfristig weit hinter denen des Westens zurück. |⁶ Frühe Studiengänge wurden mit Rechentechnik oder Informationsverarbeitung bezeichnet, während der Begriff der Informatik sich in der DDR erst in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre durchsetzte. Inhaltlich stand der Anwendungsbezug in der Informatikforschung der DDR, die schwerpunktmäßig außeruniversitär betrieben wurde, von Beginn an im Vordergrund. Insbesondere Arbeiten zur Nachentwicklung westlicher Produkte nahmen einen großen Raum ein.

|⁴ 2001 wurde die GMD in die Fraunhofer-Gesellschaft integriert.

|⁵ Vgl. die Beiträge in: Naumann, F.; Schade, G. (Hrsg.): Informatik in der DDR – eine Bilanz. Tagungsband zu den Symposien 7. bis 9. Oktober 2004 in Chemnitz und 11. bis 12. Mai 2006 in Erfurt, Bonn 2006, <https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/4375/Ini-t-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; Demuth, B. (Hrsg.): Informatik in der DDR - Grundlagen und Anwendungen. Tagungsband zum Symposium 15. und 16. Mai 2008 in Dresden, Bonn 2008, <https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/4377/Ini-t-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, sowie Coy, W.; Schirnbacher, P. (Hrsg.): Informatik in der DDR. Tagungsband zum 4. Symposium „Informatik in der DDR“ am 16. und 17. September 2010 in Berlin, Berlin 2010, <https://e-doc.hu-berlin.de/handle/18452/18526>.

|⁶ Wissenschaftsrat: Stellungnahmen zu den außeruniversitären Forschungseinrichtungen der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR in den Fachgebieten Mathematik, Informatik, Automatisierung und Mechanik, Köln 1992, S. 7-8, https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/B051_4-92.pdf.

In der Bundesrepublik ging der Ausbau der Informatik derweil weiter. Während der Anstieg der Studierendenzahlen immens war – Mitte der 1980er Jahre verteilten sich über 31 000 Studierende auf die Universitäten (22 000) und Fachhochschulen (9 100) |⁷ – scheint ein Aufschwung im Bereich der Forschung ab 1985 im DFG-Antragsvolumen erkennbar. |⁸ Trotz dieser Erfolge sah der Wissenschaftsrat 1989 in seiner ersten Bilanz mit „Empfehlungen zur Informatik an den Hochschulen“ |⁹ das Fach vor großen Herausforderungen: Die Informatik sei in sehr kurzer Zeit aufgebaut worden, größere Ressourcen an Personal und Geräten seien an vielen Standorten nicht verfügbar. Bereits damals wurde folglich die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Behebung des Mangels an Personal in den Mittelpunkt gerückt. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Rolle der Informatik für andere Fächer.

Seit 1989 hat sich die Informatik nicht nur zu einem der beliebtesten Studienfächer, sondern auch zu einem Forschungsschwerpunkt vieler Hochschulen in Deutschland entwickelt. Trotz der mittlerweile völlig veränderten Dimensionen des Fachs und der fundamentalen technischen Weiterentwicklung sind damit bereits vor gut 30 Jahren Themen und Herausforderungen angesprochen worden, die auch heute noch eine Rolle spielen – von der Umsetzung einiger Empfehlungen, wie der Einrichtung eines Max-Planck-Instituts für Informatik und einer zentralen Begegnungsstätte für das Fach auf Schloss Dagstuhl, profitiert die Disziplin noch heute. Vor dem Hintergrund alter und neuer Herausforderungen, die sich der Informatik in Wissenschaft und Gesellschaft stellen, richtet der Wissenschaftsrat nach gut dreißig Jahren erneut den Blick auf die Entwicklung der Disziplin.

1.2 Ein aktuelles Anwendungsbeispiel: automatisiertes Fahren

Heute ist die Informatik noch immer eine junge Disziplin. Studierendenzahlen, wissenschaftliches Personal, Standorte und Forschungseinrichtungen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten vervielfacht, wie im Folgenden noch detailliert darzustellen sein wird. Auch inhaltlich entwickelt sich die Informatik dynamisch weiter und differenziert sich stetig weiter aus – innerhalb der Disziplin wie an

|⁷ Pieper, C.: Das „Überregionale Forschungsprogramm Informatik“ (ÜRF). Ein Beitrag zur Etablierung des Studienfachs Informatik an den Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland (1970er und 1980er Jahre), in: Technikgeschichte 75 (2008) 1, S. 3–31, hier S. 27, <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/0040-117X-2008-1-3/das-ueberregionale-forschungsprogramm-informatik-uerrf-ein-beitrag-zur-etablierung-des-studienfachs-informatik-an-den-hochschulen-der-bundesrepublik-deutschland-1970er-und-1980er-jahre-jahrgang-75-2008-heft-1>.

|⁸ Vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): Förderatlas 2018. Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland, Weinheim 2018, S. 142, https://www.dfg.de/sites/foerderatlas2018/download/dfg_foerderatlas_2018.pdf.

|⁹ Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Informatik an den Hochschulen, Köln 1989, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/9307-89.pdf>.

der Schnittstelle zu anderen Fächern. Im Zuge der sogenannten digitalen Transformation und der damit verbundenen Durchdringung aller Lebensbereiche mit Informatiksystemen und -produkten haben ihre Fragestellungen in den letzten Jahren an Reich- und Tragweite, aber auch an Komplexität noch gewonnen. Eines von vielen Anwendungsbeispielen, an denen sich dies wie in einem Brennglas zeigt, ist das automatisierte Fahren:

Die Fortschritte auf dem Gebiet des automatisierten Fahrens – vor allem in seiner vollautomatisierten Ausprägung, oft als autonomes Fahren bezeichnet – basieren zu einem großen Teil auf wissenschaftlichen Beiträgen aus den unterschiedlichsten Bereichen der Informatik.

Der Prozess des automatisierten Fahrens lässt sich dabei in drei Stufen einteilen. Die erste Stufe befasst sich mit der maschinellen Wahrnehmung, wobei die ständig wachsende Menge an Sensordaten durch aufwendige digitale Signalverarbeitung aufbereitet und reduziert wird, bevor sie mit Methoden des Maschinellen Lernens bearbeitet werden kann. In der zweiten Stufe bilden Interpretation und Umfeldmodelle die Grundlage für Verfahren der Intentionserkennung, der Verhaltensprädiktion und der Risikobewertung. Hier geht es beispielsweise darum vorherzusagen, wie ein entgegenkommender Radfahrer sich vermutlich verhalten wird: Will er vor dem Auto abbiegen oder wird er weiterfahren? Vielfältige Methoden aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz kommen zum Einsatz. Dazu gehören auch Modelle menschlichen Verhaltens, sowohl der Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer als auch der Passagiere eines Fahrzeugs. In der letzten Stufe geht es um Verhaltensentscheidung, die Planung der zu fahrenden Bahn und die Umsetzung und Regelung des Verhaltens, immer mit dem Blick in die nahe Zukunft. Dazu werden komplexe numerische Verfahren angewandt – mit vielen Einflussgrößen, wie Straßenzustand, Wetter und Genauigkeit der Positionsbestimmung. Hier sind viele Gebiete der Informatik gefragt: das Maschinelle Lernen, die Numerik, die Cyber-physischen Systeme und nicht zuletzt die Theoretische Informatik.

Quer zu diesen Stufen müssen Fragen zu den Fähigkeiten und Bedürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer sowie zur Kooperation der Fahrzeuge untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur gelöst werden. Echtzeitfähige und fehlertolerante Kommunikation ist dabei die Voraussetzung für vielfältige Formen der Zusammenarbeit, vom Austausch von aktuellen Verkehrsdaten bis zum abgestimmten Verhalten von Fahrzeugen, etwa beim Einfädeln oder Abbiegen. Expertinnen und Experten für verschiedene Teilgebiete der Informatik, wie etwa für Eingebettete sowie für Datenintensive und Verteilte Systeme, für Human Computer Interaction oder Algorithmik und Künstliche Intelligenz sind hier gemeinsam gefordert.

Werden diese Forschungsergebnisse in ein Fahrzeug implementiert und damit im Wortsinn „auf die Straße gebracht“, kommt zum einen hinzu, dass das automatisierte Fahren nicht nur sehr komplex, sondern in hohem Maß sicherheits-

kritisch ist. War der Entwurf sicherheitskritischer Systeme lange eine Domäne der klassischen Ingenieurwissenschaften, werden heute neben Fragen der Ausfallsicherheit und Zuverlässigkeit vor allem das Design des Lernprozesses selbst sowie die Absicherung gelerntes Verhaltens aus der Informatik und im Besonderen aus dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz heraus geleistet. Transparenz, Erklärbarkeit und Vertrauenswürdigkeit aus Nutzersicht sind bei Methoden des Maschinellen Lernens unverzichtbare Eigenschaften. Zum anderen erfordert die Integration vieler datenintensiver Teilfunktionen auf einer Computer-Plattform im Fahrzeug – mit hohen Anforderungen an die Rechenleistung bei gleichzeitiger Funktionssicherheit und geringem Energieverbrauch – Lösungen aus den Informatik-Bereichen Software Engineering, Betriebssysteme, der Eingebetteten Systeme und der Sicherheit in der Informationstechnologie (IT). Denn Subsysteme aus dem Hoch- und Höchstleistungsrechnen ersetzen die einfach strukturierten und gut beherrschten Mikrocontroller, und der Test sowie die Überwachung der entstehenden Softwaresysteme sind komplex. Schutz vor Manipulationen an ganzen Fahrzeugflotten, vor Angriffen und Erpressungen ist dringend erforderlich.

Die Erforschung und Optimierung des automatisierten Fahrens sind eingebettet in wirtschaftliche Zusammenhänge. Verwerfungen und neue Allianzen entlang der automobilen Zuliefererkette sowie die umfassende Verlagerung von Entwicklungsarbeiten aus traditionellen Hochburgen der Automobiltechnik in IT-intensive Regionen der Welt illustrieren die Bedeutung der Informatik für die Automobilindustrie. Diese Entwicklung wird dadurch bestärkt, dass der Automobilssektor nicht mehr isoliert, sondern als Teil eines breiteren Trends hin zur automatisierten Mobilität gesehen wird. Neue Services und Geschäftsfelder werden erwartet, für die mit *Edge- und Cloud-Compute Services* eine globale IT-Infrastruktur geschaffen wird. Auch in diesen Zusammenhängen werden Beiträge der Informatik benötigt, unter anderem aus der Wirtschaftsinformatik.

Im gesamten Prozess ist die Informatik immer wieder als interdisziplinärer Player gefragt. So ist beispielsweise eine enge Koppelung mit der Regelungs- und Fahrzeugtechnik im Kontext der Verhaltensentscheidung erforderlich. Eine ganz zentrale Rolle spielen auch Haftungsfragen, die in Zusammenarbeit mit der Rechtswissenschaft angegangen werden müssen. Ferner gilt es unter anderem zu klären, wer welche Verantwortung beim automatisierten Fahren übernimmt oder welche städtebaulichen Konsequenzen aus dem Einsatz autonomer Fahrzeuge zu ziehen sind. Auch die gesellschaftlichen und ökologischen Folgen sind zu bedenken: Führt automatisiertes Fahren zu mehr Individualverkehr und ist das überhaupt wünschenswert? Wie verändern sich Familien, wenn alle Familienmitglieder ein Fahrzeug eigenständig nutzen können? Diese Fragen machen deutlich, welche weitreichenden Konsequenzen informatikgetriebene Innovationen haben und wie weit der Blick der Informatik reichen muss – bis hin zur Erschließung neuer Geschäftsfelder und -modelle, wie beispielsweise das Fahrzeug als Plattform für einen App-Store.

II.1 Studierende

In ihrer kurzen Geschichte hat sich die Informatik in Deutschland zu einem der am stärksten nachgefragten Studienfächer entwickelt. So waren im Wintersemester 2018/2019 an 205 deutschen Hochschulen insgesamt gut 227 Tsd. Studierende im Studienbereich Informatik eingeschrieben. |¹⁰ Das entspricht 7,9 % aller Studierenden (Tabelle 1, Tabelle 3). Fast 123 Tsd. davon waren an Universitäten eingeschrieben, mehr als 104 Tsd. an Fachhochschulen (Tabelle 2). Beiden Hochschultypen kommt damit eine tragende Rolle an der Ausbildung zu.

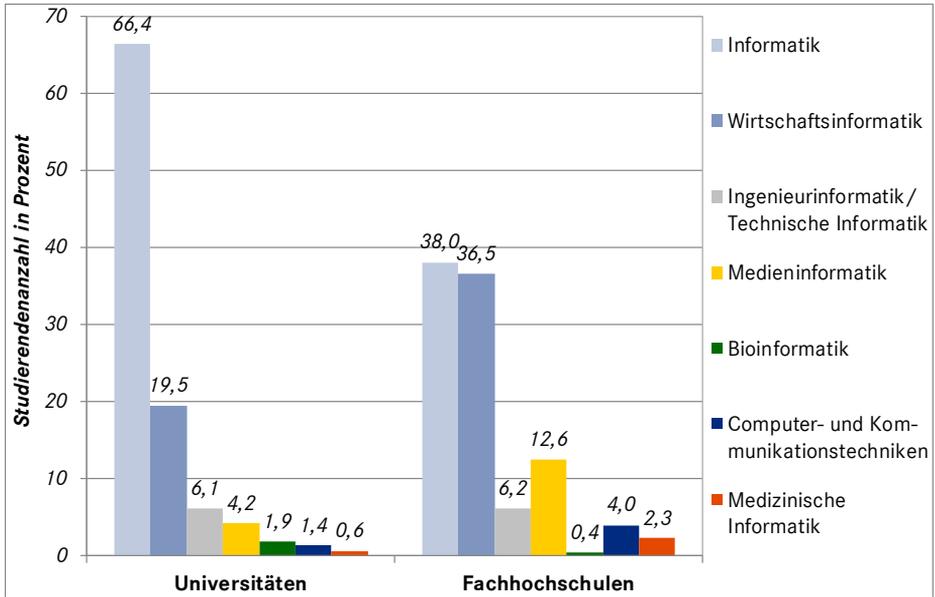
Das Statistische Bundesamt unterteilt den Studienbereich Informatik in mehrere **Fächer**, auf die sich die Studierenden wie folgt verteilen: Mehr als 53 % der Studierenden waren für Informatik eingeschrieben, gut 27 % für Wirtschaftsinformatik, 8 % für Medieninformatik, rund 6 % für Ingenieurinformatik und Technische Informatik, weniger als 3 % für Computer- und Kommunikationstechniken sowie jeweils gut 1 % für Medizinische Informatik bzw. Bioinformatik (Tabelle 3).

Auffällig ist die unterschiedliche **Verteilung auf die einzelnen Studienfächer** an den beiden Hochschultypen: Während an den Universitäten im Wintersemester 2018/2019 das Fach Informatik dominierte (gut 66 % der Studierenden an Universitäten) und die Wirtschaftsinformatik nur annähernd 20 % der Studierenden wählten, studierten an den Fachhochschulen 38 % Informatik und gut 36 % Wirtschaftsinformatik. Ein Blick auf die kleineren Fächer zeigt, dass auch die Medieninformatik, die Computer- und Kommunikationstechniken sowie die Medizinische Informatik eher Fachhochschulfächer sind, während die Bioinformatik vor allem dem universitären Bereich zuzurechnen ist (Abbildung 1; Tabelle 2). |¹¹

|¹⁰ Sie verteilen sich auf 76 Universitäten und 121 Fachhochschulen (Tabelle 1). Die Größe der Standorte variierte dabei stark. Abgesehen von der FernUniversität in Hagen mit fast 12 500 Studierenden, deren Modell einen Sonderfall darstellt und vergleichsweise wenige Absolventinnen und Absolventen hervorbringt, waren die meisten Studierenden an Universitäten – jeweils bezogen auf den gesamten Studienbereich Informatik – an der Technischen Universität München, den Universitäten Düsseldorf und Dortmund, der Universität Duisburg-Essen, den Technischen Universitäten Darmstadt und Berlin, der RWTH Aachen sowie dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) eingeschrieben. Hier studierten jeweils zwischen gut 3 500 und knapp 6 000 Personen. Blickt man auf die Fachhochschulen, waren die meisten Studierenden pro Standort – alle jeweils über 3 000 – an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg, der privaten Hochschule für Ökonomie und Management in Essen FOM, der Technischen Hochschule Mittelhessen, der Fachhochschule Köln und der Fachhochschule Dortmund eingeschrieben (Angaben des Statistischen Bundesamts nach DZHW: ICEland, Datenbestände 40001, Stand 07.04.2020).

|¹¹ Zur Verteilung der Studierenden im Studienbereich Informatik nach angestrebter Prüfungsgruppe vgl. Tabelle 4 und Abbildung 7 im Anhang.

Abbildung 1: Verteilung der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern und Hochschulart im Wintersemester (WS) 2018/2019 in Prozent



Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW (Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung); ICEland (Datenbestand 40001, Stand 04.05.2020); eigene Berechnungen

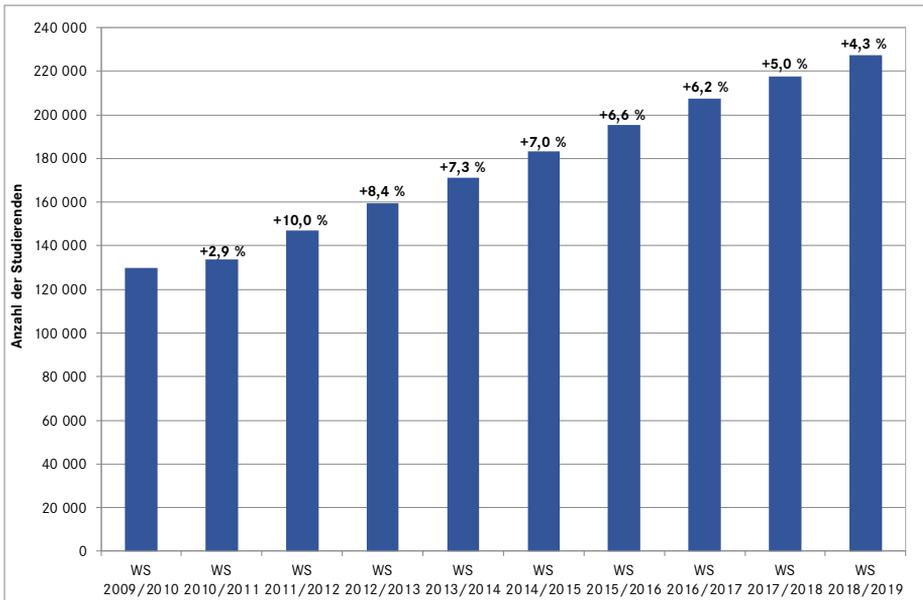
Insgesamt ist die Zahl der Studierenden im Studienbereich Informatik zwischen den Wintersemestern 2009/2010 und 2018/2019 **um fast 75 % gestiegen** (Tabelle 3, Abbildung 2). Dem steht eine Steigerung der Gesamtzahl der Studierenden an deutschen Hochschulen in allen Studienbereichen von gut 35 % gegenüber. Auffällig hohe Zuwächse verzeichneten die Fächer Medizinische Informatik, die Wirtschaftsinformatik und die Informatik.

Der starke Anstieg der Studierendenzahlen resultiert aus teilweise sehr hohen Zahlen bei den Studienanfängerinnen und -anfängern, vor allem an den großen Universitäten: So verzeichnete die Technische Universität (TU) München im Wintersemester 2018/2019 fast 1 200 Studienanfängerinnen und -anfänger im Studienbereich Informatik, aber auch am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), an der TU Darmstadt und der TU Berlin lagen die Zahlen im höheren dreistelligen Bereich. |¹² Ermöglicht wurde der starke Anstieg der Studierendenzahlen auch durch den von Bund und Ländern finanzierten Hochschulpakt 2020, welcher der MINT-Fächergruppe |¹³ eine besondere Bedeutung bei der Aufnahme zusätzlicher Studienanfängerinnen und -anfänger zuwies.

|¹² Angaben des Statistischen Bundesamts nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40201, Stand 06.05.2020).

|¹³ MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik.

Abbildung 2: Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik WS 2009/2010 bis WS 2018/2019



Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 04.05.2020); eigene Darstellung

II.1.a Lehramtsstudierende

Im Wintersemester 2018/2019 strebten im Studienbereich Informatik gut 1 400 Studierende eine Lehramtsprüfung mit Erstfach Informatik an – davon fast 600 einen Bachelor-, 120 einen Masterabschluss und mehr als 700 eine sonstige Form der Lehramtsprüfung (Tabelle 4 und Abbildung 7). Weitere Lehramtsstudierende hatten Informatik nicht als erstes, sondern als zweites oder drittes Studienfach gewählt – sie werden statistisch nicht im Studienbereich Informatik erfasst. Mit ihnen belief sich die Gesamtzahl der Studierenden mit Lehramt Informatik im Wintersemester 2018/2019 auf gut 4 Tsd. (Tabelle 6). Sie lag damit um 32 Prozent höher als im Wintersemester 2009/2010. 159 Studierende im Studienbereich Informatik bestanden 2018 eine Lehramtsprüfung (Tabelle 5 und Abbildung 8). |¹⁴

Die Studierenden der Informatik mit Abschlussziel Lehramt verteilten sich im Wintersemester 2018/2019 auf 53 Universitäten. |¹⁵ Pro Standort war oft nur eine geringe Zahl an Studierenden eingeschrieben.

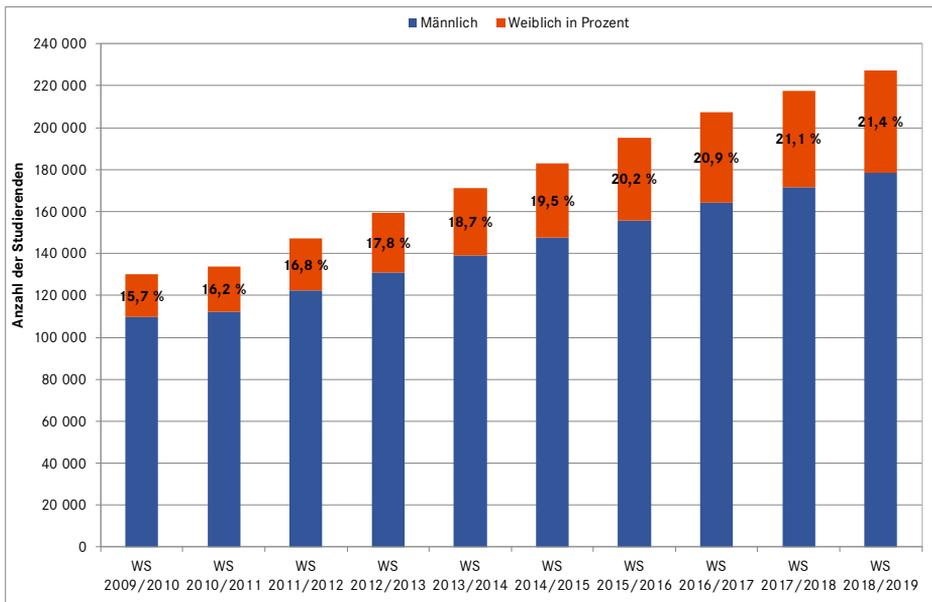
|¹⁴ Eine genauere Differenzierung der Lehramtsprüfungen ist angesichts der Datenlage nicht möglich.

|¹⁵ Angaben des Statistischen Bundesamts nach DZHW: ICEland (Datenbestände 32101 und 40601, Stand 06.05.2020) sowie eigene Berechnungen.

Weibliche Studierende

Der Anteil der Studentinnen im Studienbereich Informatik hat sich vom Wintersemester 2009/2010 bis zum Wintersemester 2018/2019 kontinuierlich von knapp 16 % auf mehr als 21 % gesteigert (Tabelle 3, Abbildung 3). Er lag damit zuletzt etwas unterhalb des Anteils der Studentinnen in der gesamten Fächergruppe Ingenieurwissenschaften (fast 24 %) und war weit entfernt vom weiblichen Anteil in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften (fast 49 %) sowie an allen Studierenden (knapp 49 %). |¹⁶ Große Unterschiede existierten zwischen den einzelnen Studienfächern im Studienbereich Informatik: Ein besonders hoher Frauenanteil wurde im Wintersemester 2018/2019 in der Medizinischen Informatik (gut 45 %), in der Bioinformatik (fast 41 %) und in der Medieninformatik (fast 33 %) erreicht. Betrachtet man die Lehramtsstudierenden mit Informatik als Erst-, Zweit- oder Drittfach, so betrug der Anteil an weiblichen Studierenden hier gut 26 % (Tabelle 6).

Abbildung 3: Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Geschlecht WS 2009/2010 bis WS 2018/2019



Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 04.05.2020); eigene Berechnungen

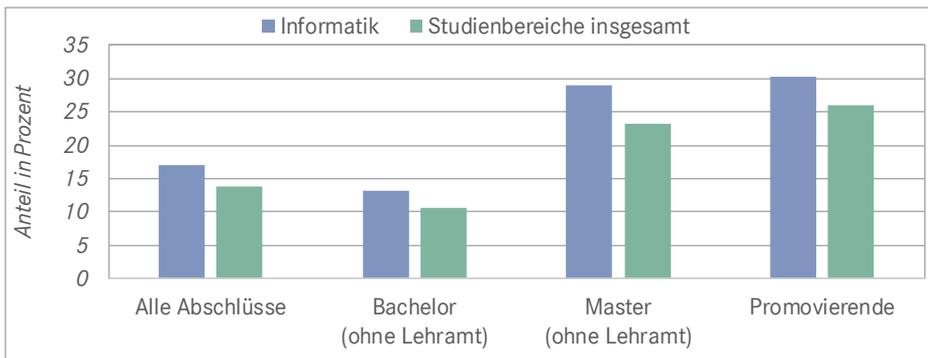
|¹⁶ Gemäß Tabelle 3 sowie Angaben des Statistischen Bundesamts nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 27.02.2020) und eigenen Berechnungen. Der Anteil der Studentinnen innerhalb der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften schwankt sehr stark zwischen den einzelnen Studienbereichen, wobei die Physik mit gut 29 % am schwächsten abschnidet.

Im aktuellen europäischen Kontext steht Deutschland mit dieser Situation nicht alleine da: Studentinnen sind in den meisten europäischen Ländern in Informatikstudiengängen stark unterrepräsentiert. Der Verband *Informatics Europe* konstatierte gar, dass bezüglich des Frauenanteils in den letzten Jahren kein signifikanter Fortschritt erzielt werden konnte. |¹⁷ Ausnahmen stellen innerhalb Europas Länder wie Bulgarien, Rumänien und Estland dar, weltweit ist der Anteil der Studentinnen beispielsweise in asiatischen Staaten wesentlich höher als in Europa.

Ausländische Studierende

Ausländische Studierende waren im Studienbereich Informatik im Wintersemester 2018/2019 mit einem Anteil von gut 17 % in größerer Zahl eingeschrieben als über alle Studienbereiche hinweg (fast 14 %). |¹⁸ Fast 30 % davon waren in der Informatik weiblich. War der Anteil ausländischer Studierender unter den Bachelorstudierenden noch geringer (gut 13 %; über alle Studienbereiche fast 11 %), stieg er unter den Masterstudierenden auf 29 % (alle Studienbereiche: gut 23 %) (Tabelle 7 und Tabelle 8; Abbildung 4).

Abbildung 4: Anteil der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2018/2019 in Prozent



Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 27.04.2020); eigene Darstellung

|¹⁷ Tikhonenko, S.; Pereira, C.: *Informatics Education in Europe: Institutions, degrees, students, positions, salaries. Key Data 2012–2017. An Informatics Europe Report*, hrsg. v. *Informatics Europe*, Zürich 2018, vor allem S. 3, <http://www.informatics-europe.org/component/phocadownload/category/10-reports.html?download=78:informatics-education-europe-data-2012-2017>.

|¹⁸ In der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften lag der Anteil ausländischer Studierender bei fast 13 %, in der gesamten Fächergruppe Ingenieurwissenschaften bei fast 20 %. Alle Angaben gemäß Tabelle 7 sowie Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 27.04.2020) und eigenen Berechnungen.

Weitere Aspekte der Diversität in Hinblick auf die Studierenden der Informatik sind statistisch nicht erfasst. Allerdings kann ergänzend festgehalten werden, dass die Informatik als Beruf mit einer hohen sozialen Durchlässigkeit und damit als vergleichsweise unabhängig vom elterlichen Hintergrund gilt. |¹⁹

II.1.c Studienangebot

Studieninteressierte können aktuell aus einer Vielzahl an Informatik- und informatiknahen Studiengängen in Deutschland wählen. |²⁰ Es liegt zwar nach wie vor ein klarer Schwerpunkt des Angebots auf den Fächern Informatik und Wirtschaftsinformatik, der Ausdifferenzierung des Angebots bei den Bachelor- und noch stärker bei den Masterstudiengängen scheinen allerdings kaum Grenzen gesetzt. So werden mittlerweile zum einen viele Teilgebiete der Informatik zu eigenen Studiengängen erhoben, zum anderen existieren zahlreiche neue und alte interdisziplinäre Angebote, sei es mit ganz eigener Benennung oder als „Bindestrich-Informatiken“ (wie zum Beispiel Wirtschafts- oder Medieninformatik). Der jeweilige Anteil an Informatik beziehungsweise der Grad der Interdisziplinarität in Inhalt und Organisation variieren dabei stark. |²¹ Konkret kann man beispielsweise auch Eingebettete Systeme, Visual Computing oder Human Computer Interaction studieren. Neuere, wenig verbreitete Bindestrich-Informatik-Studiengänge nennen sich unter anderem Luft- und Raumfahrtinformatik, Automobilinformatik oder Sozioinformatik. Auch die aktuell sichtbarsten Forschungsfelder Künstliche Intelligenz und Cybersicherheit bilden sich in zunehmendem Maße

|¹⁹ Vgl. MINT-Herbstreport 2019. MINT – Basis zur Zukunftssicherung durch Forschung und Digitalisierung. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, S. 31, https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2019/IW-Gutachten-MINT-Herbstreport-2019.pdf. Dies hat die Informatik mit den anderen MINT-Berufen und dem Ingenieurberuf gemeinsam.

|²⁰ Einen Überblick über das Angebot bietet der Hochschulkompass der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) (<https://www.hochschulkompass.de/home.html>), dessen Unschärfen allerdings eine statistische Auswertung nicht zulassen, da ein Eintrag zum einen nur auf Antrag der Hochschule und dann durch deren eigenen Eintrag erfolgt sowie zum anderen die Zählung auch Studiengänge einzeln berücksichtigt, wenn sie sich beispielsweise nur in der Hauptunterrichtssprache oder der Studienform unterscheiden.

|²¹ In ihren Empfehlungen von 2016 für die Gestaltung von Bachelor- und Masterstudiengängen der Informatik unterscheidet die Gesellschaft für Informatik (GI) vor dem Hintergrund einer Vielzahl von interdisziplinären Studiengängen mit unterschiedlich hohem Informatikanteil zwischen drei Typen von Studiengängen: „Typ 1: Studiengänge Informatik: Informatik allein verantwortlich; Typ 2: Informatik-Studiengänge mit einem speziellen Anwendungsbereich: Informatik verantwortlich in Absprache mit dem beteiligten Anwendungsfach; Typ 3: Interdisziplinäre Studiengänge mit einem Informatikanteil, der mit dem Anteil der anderen beteiligten Fachdisziplinen gleichgewichtig ist: Informatik mit den beteiligten Fachdisziplinen gemeinsam verantwortlich.“, Gesellschaft für Informatik e. V.: Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen, Berlin Juli 2016, S. 41, https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Aktuelles/Meldungen/2016/GI-Empfehlungen_Bachelor-Master-Informatik2016.pdf.

in Studiengängen ab. |²² Ein mittlerweile ebenfalls recht breites Angebot ist in jüngster Zeit zudem im Bereich Data Science an der Schnittstelle zwischen Informatik, Mathematik, Statistik und weiteren Fachgebieten entstanden. |²³

Auch hinsichtlich der Formate stehen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl: So werden Informatik-Studiengänge zunehmend englischsprachig angeboten – vor allem im Master-, vereinzelt auch im Bachelorbereich. |²⁴ Ferner kann neben dem klassischen Vollzeitstudium beispielsweise auch per Fernstudium, in Teilzeit oder dual studiert werden. |²⁵ Einzelne private Hochschulen bieten zudem Studiengänge an, die vor allem auf praxisorientierte Projektarbeit setzen. |²⁶

Neben dem Studienangebot wird in Deutschland der Fachkräftebedarf der Wirtschaft sowie das berufliche Interesse junger Menschen im Bereich der Informatik auch mit entsprechenden beruflichen Ausbildungen bedient. Auf diese wird im Folgenden nicht eingegangen. Erwähnenswert ist, dass diese Ausbildungsplätze sehr häufig mit Studienberechtigten besetzt werden.

II.1.d Studienerfolg

Im Studienbereich Informatik konnten im Jahr 2018 gut 27 Tsd. akademische Abschlüsse gezählt werden (Tabelle 5 und Abbildung 8). Die steigende Attraktivität des Studienbereichs Informatik hat das Problem der Informatik mit einer hohen Anzahl an Studienabbrecherinnen und -abbrechern nicht verringert: Die **Abbruchquote** bei den Bachelorstudierenden der Informatik an Universitäten beträgt laut Studien des DZHW bereits seit längerem um die 45 %. An Fachhoch-

|²² Vgl. Mah, D.; Büching, C.: Künstliche Intelligenz in Studium und Lehre. Überblickstudie zu Professuren und Studiengängen der Künstlichen Intelligenz in Deutschland, Berlin Mai 2019, https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Diverses/Studie_KI_in_Studium_und_Lehre.pdf. Da laufend neue Angebote entstehen, gibt die Studie allerdings bereits keinen aktuellen Stand mehr wieder.

|²³ 2018 erhoben die Autoren einer Studie rund 30 Bachelor- und Masterstudiengänge für Data Science, vgl. zu diesen Lübcke, M.; Wannemacher, K.: Vermittlung von Datenkompetenzen an den Hochschulen: Studienangebote im Bereich Data Science. Forum Hochschulentwicklung 1|2018, Hannover 2018, https://hishe.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Forum_Hochschulentwicklung/Forum_HE_201801_Web.pdf. Vgl. auch Gesellschaft für Informatik: Data Science: Lern- und Ausbildungsinhalte. Arbeitspapier, Dezember 2019, https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/GI_Arbeitspapier_Data-Science_2019-12_01.pdf.

|²⁴ Laut Abfrage im Hochschulkompass der HRK (Stand 04.12.2019) existieren 165 englischsprachige Angebote für Informatikstudiengänge (145 Master, 20 Bachelor), vgl. <https://www.hochschulkompass.de/home.html>.

|²⁵ Der Hochschulkompass bietet die Kategorien Fernstudium, Teilzeitstudium, duales, ausbildungsintegrierendes oder berufsbegleitendes Studium an. Da diese Kategorien jedoch inhaltlich nicht klar voneinander abgegrenzt und zudem Mehrfachnennungen möglich sind, lässt sich hier eine genaue Zahl an Studiengängen nicht benennen.

|²⁶ Vgl. zum Beispiel die *Code University of Applied Science* in Berlin, <https://code.berlin/de/>.

schulen war sie hingegen in den letzten Jahren deutlich angestiegen; zuletzt hatte sie sich aber auch bei Werten um 40 % eingependelt. |²⁷

Die dahinterstehenden Gründe und damit auch die mögliche Rolle, welche angesichts der Lage auf dem Arbeitsmarkt eine Abwerbung von Studierenden durch die Industrie bereits vor Beendigung des Studiums spielt, sind nicht systematisch erfasst. Gemäß den wenigen vorliegenden Studien gelten als wichtigste Gründe für die hohen Abbruchquoten allerdings ungenügende Studienvorbereitung und mangelhaftes Bewältigen der Studieneinstiegsphase, auch verbunden mit falschen Erwartungen. Dementsprechend wird das Studium offenbar meist bereits in den ersten Semestern abgebrochen. Es fällt den Hochschulen, so legen es die Ergebnisse einer Studie nahe, „angesichts gestiegener Studienanfängerzahlen gerade in dieser Fächergruppe [Mathematik und Naturwissenschaften inklusive Informatik] schwerer, die Studienanfänger mit ihren häufigen Leistungsdefiziten bei Studieneinstieg [...] zu einer erfolgreichen Bewältigung der hohen Anforderungen zu führen“. |²⁸

II.1.e Deutschland im europäischen Vergleich

Das *Higher Education Data Portal* des europäischen Dachverbands *Informatics Europe* |²⁹ bietet die Möglichkeit, die deutsche Situation im europäischen Vergleich zu betrachten. Mit Blick auf die Zahl der Bachelorstudierenden im Verhältnis zur Einwohnerzahl belegte Deutschland 2017/2018 wie bereits in den Jahren davor den fünften Rang. Davor lagen 2017/2018 Finnland (mit großem Abstand) sowie die Niederlande, Lettland und Estland; Großbritannien als ein forschungsstarkes Land, das hinsichtlich der Einwohnerzahl mit Deutschland vergleichbarer ist, kam auf Platz zwölf. Deutschland erreichte 2017/2018 in Hinblick auf die Bache-

|²⁷ Der neueste vom DZHW berücksichtigte Absolventenjahrgang ist 2016. Vgl. Heublein, U.; Schmelzer, R.: Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. DZHW-Projektbericht, Hannover Oktober 2018, https://www.dzhw.eu/pdf/21/studienabbruchquoten_absolventen_2016.pdf; Heublein, U. et al.: Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen (Forum Hochschule 1|2017), hrsg. v. Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW), Hannover 2017, http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf.

|²⁸ Heublein, U. et al.: Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen (Forum Hochschule 1|2017), hrsg. v. Deutschen Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW), Hannover 2017, S. 266, http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf. Vgl. auch Klöpping, S. et al.: Studienabbruch in den Ingenieurwissenschaften. Empirische Analyse und Best Practices zum Studienerfolg. Acatech-Studie, München 2017, S. 26–27, https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Studienabbruch_Web-1.pdf.

|²⁹ <https://www.informatics-europe.org/data/higher-education/>.

lorabschlüsse im Verhältnis zur Einwohnerzahl Platz elf im europäischen Vergleich, während Großbritannien den vierten Rang einnahm.

Bezüglich der Anzahl der Masterstudierenden im Verhältnis zur Einwohnerzahl erreichte Deutschland 2017/2018 wie auch in den Jahren davor einen sechsten Rang (nach Finnland, der Tschechischen Republik, Lettland, Estland und Österreich; Großbritannien kam auf Platz 15), bei der Summe der Absolventinnen und Absolventen eines Masterstudiengangs im Verhältnis zur Einwohnerzahl stand das Land an achter, Großbritannien an neunter Stelle.

Ein einfacher Vergleich der genannten Zahlen ist allerdings nicht möglich, da beispielsweise auch das jeweilige System der Berufsausbildung und der Arbeitsmarkt eine Rolle spielen.

II.1.f Weiterbildung

1 403 (0,65 %) der knapp 218 Tsd. Studierenden im Studienbereich Informatik waren laut Angaben des Statistischen Bundesamts im Wintersemester 2018/2019 für ein Weiterbildungsstudium eingeschrieben. |³⁰ Beispielsweise bietet die Technische Hochschule (TH) Ingolstadt berufsbegleitend und kostenpflichtig einen Bachelorstudiengang Digital Business oder einen Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Digitalisierung an, aus deren Programmen aber auch nur einzelne Module wie Grundlagen der Softwareentwicklung oder Data Science und Künstliche Intelligenz gewählt werden können. |³¹ Eine Initiative aus dem Bereich der IT-Sicherheit ist das *Open Competence Center for Cyber Security* (Open C³S): Mehrere Hochschulen haben hier gemeinsam Weiterbildungsangebote im propädeutischen Bereich, als Bachelor- oder Masterprogramme oder als modulare Studienangebote entwickelt. |³² Ein Vorreiter bei digitalen Weiterbildungsformaten ist das Hasso-Plattner-Institut mit der Plattform openHPI. |³³ Auf dieser soll nun auch das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Pilotprojekt „KI-Campus – die Lernplattform für Künstliche Intelligenz“ aufsetzen, das Lernangebote im Rahmen von eigenen Produktionen und Wettbewerben

|³⁰ Das Statistische Bundesamt definiert ein Weiterbildungsstudium als ein „über Studiengebühren hinausgehendes kostenpflichtiges Studium“, Statistisches Bundesamt: Fachserie 11 Bildung und Kultur, Reihe 4.1: Studierende an Hochschulen Wintersemester 2018/2019, korrigierte Fassung vom 01.11.2019, Wiesbaden 2019, S. 429, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/studierende-hochschulen-endg-2110410197004.pdf?__blob=publicationFile.

|³¹ Vgl. <https://www.thi.de/iaw/ueber-das-iaw/>.

|³² Vgl. <https://open-c3s.de/>.

|³³ Vgl. <https://open.hpi.de/?locale=de>.

entwickeln, andererseits vorhandenen Angeboten mehr Sichtbarkeit und Reichweite verschaffen will. |³⁴

International gibt es zudem diverse öffentliche Plattformen wie Coursera, Udacity, edX oder iVersity, die verschiedentlich mit Hochschulen zusammenarbeiten und eine stetig wachsende Anzahl an MOOCs (*Massive Open Online Courses*) anbieten, wobei der Erfolg von MOOCs angesichts von Studien, die sehr hohe Abbruchquoten bei den Teilnehmenden nachweisen, nicht unumstritten ist. |³⁵ Zahlreiche Angebote betreffen den Bereich Informatik. Die angebotenen *Micro Degrees* ermöglichen eine spezifische Aktualisierung von Kenntnissen und basieren auf der Kombination von Online-Kursen und -Prüfungen. Gleichzeitig spezialisieren sich private Anbieter wie beispielsweise das US-Unternehmen Galvanize zunehmend darauf, in engem Austausch mit Unternehmen stark anwendungsbezogene IT-Fortbildungskurse zu etablieren, um mit Zertifikatskursen von kurzer Dauer den wachsenden Bedarf an konkreter und laufender Fortbildung der Beschäftigten zu decken.

II.2 Personal

Im Lehr- und Forschungsbereich Informatik waren im Jahr 2018 an deutschen Hochschulen 2 600 Professorinnen und Professoren beschäftigt. Mehr als 1 000 davon übten ihre Tätigkeit an Universitäten, fast 1 600 an Fachhochschulen aus (Tabelle 9). |³⁶ Darüber hinaus existieren auch noch Informatik- und fachlich der Informatik nahestehende Lehrstühle in anderen Lehr- und Forschungsbereichen, wie beispielsweise im Bereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik. Gleichzeitig waren 2018 über 7 400 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Lehr- und Forschungsbereich Informatik tätig, mehr als 6 300 an Universitäten sowie 1 100 an Fachhochschulen (Tabelle 10).

Während die Zahl der Studierenden im Studienbereich Informatik zwischen den Wintersemestern 2009/2010 und 2018/2019 um fast 75 % und damit wesentlich stärker als die Gesamtzahl der Studierenden gestiegen ist (vgl. A.II.1), lag 2018 die

|³⁴ Vgl. <https://ki-campus.org/>.

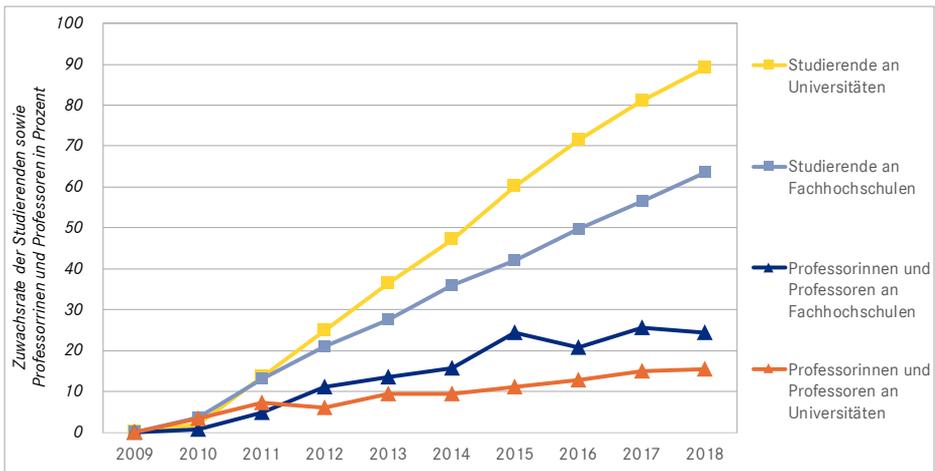
|³⁵ Vgl. hier und im Folgenden Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018, Berlin 2018, S. 35 f., https://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2018/EFI_Gutachten_2018.pdf. Zu Erfolg und Nutzen von MOOCs vgl. beispielsweise Reich, J.; Ruipérez-Valiente, J. A.: The MOOC Pivot, in: *Science* 363/6423 (2019), S. 130-131.

|³⁶ Berücksichtigt sind hier Professorinnen und Professoren nach ihrer organisatorischen, nicht nach ihrer fachlichen Zugehörigkeit, vgl. zu dieser Unterscheidung Statistisches Bundesamt: Fachserie 11 Bildung und Kultur, Reihe 4.4: Personal an Hochschulen 2017, Wiesbaden 2018, S. 13, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/personal-hochschulen-2110440177004.pdf?__blob=publicationFile.

Anzahl der Informatikprofessorinnen und -professoren nur 21 % und die der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter |³⁷ nur 31 % höher als 2009. Dies entspricht jeweils einer Entwicklung nahe an der über alle Lehr- und Forschungsbereiche. Deutliche Unterschiede gab es dabei zwischen den Hochschultypen: Während 2018 an Fachhochschulen 24 % mehr Professorinnen und Professoren im Lehr- und Studienbereich Informatik tätig waren als 2009, waren es an Universitäten lediglich 15 % mehr (Tabelle 9, Tabelle 10, Abbildung 5, Abbildung 6).

Der Anteil der **Professorinnen** betrug 2018 in der Informatik annähernd 13 % – für alle Lehr- und Forschungsbereiche lag er bei fast 25 %. Während der Frauenanteil insgesamt in zehn Jahren kontinuierlich um 36 % anstieg, ist dies im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nicht zu beobachten: Hier ließ sich der Anteil der Informatikprofessorinnen gegenüber 2009 nur um 15 % steigern, auch erfolgte der Anstieg nicht kontinuierlich, sondern war in jüngerer Zeit Schwankungen ausgesetzt (Tabelle 11, Abbildung 6).

Abbildung 5: Zuwachsrate der Studierenden (ohne Promovierende) sowie der Professorinnen und Professoren im Studienbereich Informatik 2009–2018 in Prozent

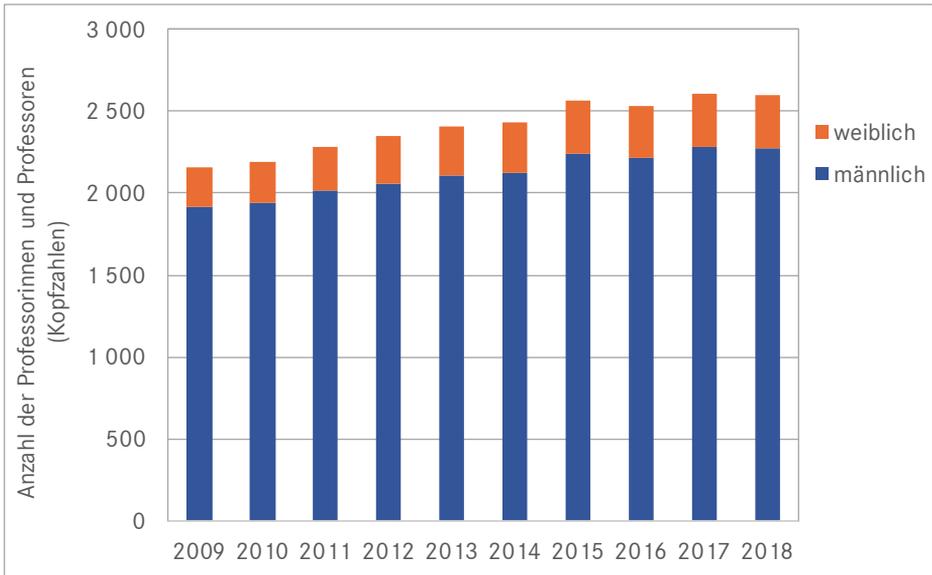


Berücksichtigt werden die Professorinnen und Professoren nach organisatorischer Zuordnung und nicht nach fachlicher.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestände 40001 und 60002, Stand 06.05.2020); eigene Berechnungen

³⁷ Es handelt sich hier um alle wissenschaftlichen Mitarbeitenden – aus Drittmitteln wie nicht aus Drittmitteln finanzierte. Die Entwicklung ist für beide Gruppen fast identisch (Angaben gemäß Daten des Statistischen Bundesamtes nach DZHW: ICEland, (Datenbestand 60002) vom 12.05.2020 und eigenen Berechnungen).

Abbildung 6: Anzahl der Professorinnen und Professoren (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Geschlecht 2009–2018



Berücksichtigt werden die Professorinnen und Professoren nach organisatorischer Zuordnung und nicht nach fachlicher.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 60002, Stand 06.04.2020); eigene Darstellung

Der **Ausländeranteil** im Lehr- und Forschungsbereich Informatik an deutschen Hochschulen 2018 lag bei den Professorinnen und Professoren bei gut 5 % (rund 135 Personen), bei den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bei gut 19 %. Diese Anteile sind im Vergleich mit allen Lehr- und Forschungsbereichen im Bereich der Professorinnen und Professoren unterdurchschnittlich, im Bereich der Mitarbeitenden überdurchschnittlich. |³⁸ Die Zuwachsraten sind sowohl im Falle der ausländischen Professorinnen und Professoren als auch der ausländischen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Lehr- und Forschungsbereich Informatik deutlich höher als insgesamt (Tabelle 12).

|³⁸ Der Anteil der ausländischen Professorinnen und Professoren betrug über alle Lehr- und Forschungsbereiche fast 7 %. In der Fächergruppe Ingenieurwissenschaften lag er bei gut 4 %, in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften bei knapp 12 %. Der Anteil ausländischer wissenschaftlicher Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter betrug über alle Lehr- und Forschungsbereiche hinweg annähernd 15 %. In der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften lag er bei 21 % und in der gesamten Fächergruppe Ingenieurwissenschaften bei gut 15 %; dies gemäß Tabelle 12 sowie Angaben des Statistischen Bundesamts nach DZHW: ICEland (Datenbestand 60202, Stand 27.02.2020) und eigenen Berechnungen.

Im Jahr 2018 wurden an deutschen Hochschulen im Studienbereich Informatik 873 Personen promoviert. Damit sind die Zahlen in den letzten vier Jahren stark rückläufig (Tabelle 13). Die Promotionsintensität im Dreijahresmittel betrug 19,6 %. |³⁹ Damit lag der Wert im Studienbereich Informatik niedriger als beispielsweise in der Mathematik (28 %) oder im Studienbereich Elektrotechnik und Informationstechnik (25,6 %); die Quote über alle Studienbereiche hinweg betrug 20,9 % (Tabelle 14). **Habilitationen** sind im Lehr- und Forschungsbereich Informatik wie in den Ingenieurwissenschaften insgesamt von geringerer Bedeutung als in anderen Bereichen. |⁴⁰

Der Anteil an **Frauen**, die im Studienbereich Informatik promoviert wurden, lag 2018 bei gut 16 % und war damit nur wenig höher als im Jahr 2009. Er war zudem in diesem Zeitraum deutlichen Schwankungen ausgesetzt. Über alle Studienbereiche hinweg betrug er 2018 gut 45 % (Tabelle 13).

Der **Ausländeranteil** im Studienbereich Informatik lag unter den Promovierenden im WS 2018/2019 mit gut 30 % etwas höher als bei den Masterstudierenden, aber deutlich höher als bei den Bachelorstudierenden, und überstieg auch hier den Anteil über alle Studienbereiche hinweg (fast 26 %) (Tabelle 7).

Im **europäischen Vergleich** lag Deutschland 2017/2018 in Hinblick auf die Anzahl der Promovierenden im Studienbereich Informatik im Verhältnis zur Einwohnerzahl auf dem neunten Rang, mit großem Abstand zu den vorderen Plätzen. Abgeschlossen wurden in Deutschland 2017/2018 zwölf Promotionen pro 1 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner. In Finnland, dem Spitzenreiter, waren dies 23, in Großbritannien 17; Deutschland nahm damit im europäischen Vergleich einen achten Rang ein. |⁴¹ Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass diese Zahlen angesichts verschiedener Wissenschaftssysteme und Praktiken auf dem Arbeitsmarkt nur bedingt vergleichbar sind.

|³⁹ Promotionsintensität bezeichnet hier das Verhältnis der Promotionen im Mittel 2016–2018 zum Mittelwert der Absolventinnen und Absolventen 2012–2014. Die genannten Zahlen berücksichtigen unter anderem keine Absolventinnen und Absolventen der Abschlussart Lehramt, was bei den erwähnten Studienbereichen vor allem für die Mathematik mit ihrem hohen Anteil an Lehramtsstudierenden von Relevanz ist, vgl. im Detail Tabelle 14.

|⁴⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt: Fachserie 11 Bildung und Kultur, Reihe 4.4: Personal an Hochschulen 2018, Wiesbaden 2019, S. 280, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/personal-hochschulen-2110440187004.pdf?__blob=publicationFile.

|⁴¹ <https://www.informatics-europe.org/data/higher-education/>.

Für die Promotion stehen dem wissenschaftlichen Nachwuchs in der Informatik verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Neben der Einzelpromotion werden verschiedene **strukturierte Programme** angeboten: Zahlreiche Universitäten haben mit Hilfe der DFG Graduiertenkollegs eingerichtet, die häufig interdisziplinär ausgerichtet sind. Beispielhaft erwähnt sei das Graduiertenkolleg der TU Dortmund „Anpassungsintelligenz von Fabriken im dynamischen und komplexen Umfeld“, das Doktorandinnen und Doktoranden der Fakultäten für Architektur und Bauingenieurwesen, für Elektrotechnik und Informationstechnik, für Informatik, für Maschinenbau sowie der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät im Bereich der ganzheitlichen Fabrikplanungsplanung interdisziplinär ausbildet, um mittelfristig auf eine Verbesserung der Zusammenarbeit in der Praxis hinzuarbeiten. |⁴² Von Bedeutung ist auch das wachsende **Engagement der außeruniversitären Forschungseinrichtungen** für den wissenschaftlichen Nachwuchs: So betreibt die Max-Planck-Gesellschaft in Kooperation mit Universitäten zwei einschlägige Internationale Graduiertenschulen, die *International Max Planck Research School for Computer Science* und die *International Max Planck Research School for Intelligent Systems*. Darüber hinaus fördert die Helmholtz-Gemeinschaft unter dem Titel *Helmholtz Information & Data Science Academy* (HIDA) gegenwärtig sechs Graduiertenschulen zur Forschung „im Spannungsfeld zwischen Informationstechnologien und einer wissenschaftlichen Domäne“. |⁴³ Neben den Universitäten führt der Weg auch von einigen Fachhochschulen zur Promotion: Beispielsweise wurde in Hessen 2017 ein hochschulübergreifendes Promotionszentrum „Angewandte Informatik“ der vier hessischen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hochschule Darmstadt, *Frankfurt University of Applied Sciences*, Hochschule Fulda und Hochschule RheinMain eingerichtet. Die Hochschulen haben damit das befristete eigenständige Promotionsrecht für die Fachrichtung Angewandte Informatik. |⁴⁴ In Bayern ermöglicht das Bayerische Wissenschaftsforum (BayWISS), eine Kooperationsplattform von bayerischen Universitäten und Fachhochschulen, über thematische Verbundkollegs – unter anderem zum Thema Digitalisierung – kooperative Promotionen in der Informatik. |⁴⁵

|⁴² <http://www.cs.tu-dortmund.de/nps/de/Forschung/Graduiertenkollegs/GRK2193/index.html>. Vgl. auch die Listen der laufenden Graduiertenkollegs der DFG unter http://www.dfg.de/geoerderte_projekte/programme_und_projekte/listen/index.jsp?id=GRK.

|⁴³ Vgl. <https://www.helmholtz-hida.de/hidss/>.

|⁴⁴ Vgl. <https://pzai.de/>.

|⁴⁵ <https://www.baywiss.de/verbundpromotion>.

IV.1 Informatikforschung im öffentlichen Sektor

In Deutschland waren 2018 an 70 Universitäten, 90 Fachhochschulen und einer Verwaltungsfachhochschule 2 600 Professorinnen und Professoren sowie fast 7 500 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Lehr- und Forschungsbereich Informatik tätig (Tabelle 1, Tabelle 9 und Tabelle 10). An den Hochschulen wurden 2018 **Drittmittel** in Höhe von gut 371 Mio. Euro eingeworben (Tabelle 15). Der Zugewinn an Drittmitteln (nach Preisbereinigung) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik seit 2009 lag mit 39 % leicht höher als in allen Lehr- und Forschungsbereichen. Fast 46 Mio. Euro der nominalen Drittmittel entfielen 2018 auf die Fachhochschulen – gegenüber knapp 13 Mio. im Jahr 2009. Damit konnten diese nach Preisbereinigung die Höhe der Drittmittel seit 2009 mehr als verdreifachen (Tabelle 16). Die **Drittmittelquote** im Lehr- und Forschungsbereich Informatik betrug 2019 an Universitäten nach Preisbereinigung 300 Tsd. Euro gegenüber 268 Tsd. Euro pro Professorin bzw. Professor über alle Lehr- und Forschungsbereiche hinweg. An Fachhochschulen lag die Drittmittelquote mit 28 Tsd. Euro pro Professorin bzw. Professor unter dem Durchschnitt für alle Lehr- und Forschungsbereiche von 32 Tsd. Euro (Tabelle 17). Hier sind allerdings die großen Unterschiede zwischen den Fachhochschulen, von denen einige ganz auf die Lehre konzentriert und einzelne sehr forschungsstark sind, mit zu bedenken.

Als Ausdruck von Forschungsexzellenz gelten die **ERC Grants** des Europäischen Forschungsrats. Informatikerinnen und Informatiker aus Deutschland konnten hier zwischen 2014 und 2018 mit insgesamt 47 zwar deutlich mehr Grants im Bereich *Computer Science and Informatics* einwerben als ihre Kolleginnen und Kollegen in jedem anderen Land. Es fällt allerdings auch ins Auge, dass etliche andere Staaten, allen voran Israel, im Verhältnis zur Einwohnerzahl deutlich besser abschnitten (Tabelle 18). |⁴⁶

Neben den zahlreichen Hochschulen gibt es verschiedene weitere einschlägige Einrichtungen, die Informatik-Forschung betreiben. Das Statistische Bundesamt erfasst wissenschaftliches Personal im Umfang von 3 666 Vollzeitäquivalenten

|⁴⁶ Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 260 Grants im Bereich *Computer Science and Informatics* sowie 4 726 Grants (Starter, Consolidator, Advanced) über alle Fächer hinweg eingeworben, vgl. <https://erc.europa.eu/projects-figures/statistics>.

(VZÄ), das im Wissenschaftsgebiet Informatik 2018 an außeruniversitären Forschungseinrichtungen beschäftigt war. |⁴⁷

Es fielen dort für Forschung und Entwicklung interne Ausgaben in Höhe von annähernd 637 Mio. Euro an. |⁴⁸ Welch rasante Entwicklung hinter diesen Zahlen steht, zeigt ein Vergleich mit früheren Jahren: 2008 fasste das Statistische Bundesamt die Informatik noch mit der Mathematik als ein Wissenschaftsgebiet zusammen, für das interne Ausgaben für Forschung und Entwicklung von gut 388 Mio. Euro anfielen; 2015 beliefen sich diese allein für die Informatik bereits auf annähernd 375 Mio. Euro. |⁴⁹

An konkreten Einrichtungen sind die Max-Planck-Institute (MPI) für Informatik (Saarbrücken, seit 1990), für Softwaresysteme (Saarbrücken/Kaiserslautern, seit 2004) und für Intelligente Systeme (Stuttgart/Tübingen, seit 2011) zu nennen. Zudem wurde 2019 das Max-Planck-Institut für Cybersicherheit und Schutz der Privatsphäre in Bochum gegründet. In diesem Bereich ist auch das seit 2019 zur Helmholtz-Gemeinschaft gehörende Zentrum für Informationssicherheit CISPA (Saarbrücken) angesiedelt, das ursprünglich 2011 als ein nationales BMBF-gefördertes Kompetenzzentrum für IT-Sicherheit und Datenschutz an der Universität des Saarlandes geschaffen worden war.

Informatik ist zudem ein zentraler Forschungsbereich in einer ganzen Reihe von Fraunhofer-Instituten: Zu nennen sind hier unter anderem die Fraunhofer-Institute für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC (München), für Experimentelles Software Engineering IESE (Kaiserslautern), für Kognitive Systeme IKS (München), für Angewandte Informationstechnik FIT und für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS (beide Sankt Augustin), für offene Kommunikationssysteme FOKUS (Berlin), für Software- und Systemtechnik ISST (Dortmund), für Graphische Datenverarbeitung IGD (Darmstadt) und für Sichere Informationstechnologie SIT (Darmstadt, Sankt Augustin). Diese und weitere In-

|⁴⁷ Statistisches Bundesamt: Fachserie 14 Finanzen und Steuern, Reihe 3.6: Ausgaben, Einnahmen und Personal der öffentlichen und öffentlich geförderten Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung 2018, Wiesbaden 2020, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Forschung-Entwicklung/Publikationen/Downloads-Forschung-Entwicklung/ausgaben-einnahmen-personal-2140360187004.pdf?__blob=publicationFile. Zum Vergleich: Die Anzahl der VZÄ im wissenschaftlichen Bereich betrug in der Mathematik 1 947, in der Elektrotechnik 2 484 und in der Biologie 8 726.

|⁴⁸ Ebd. Zum Vergleich: Im Wissenschaftsgebiet Mathematik fielen gut 283 Mio. Euro, in der Elektrotechnik gut 687 Mio. Euro sowie in der Biologie rund 1,2 Mrd. Euro an internen Ausgaben für Forschung und Entwicklung an.

|⁴⁹ Ebd. und Statistisches Bundesamt: Fachserie 14 Finanzen und Steuern, Reihe 3.6: Ausgaben, Einnahmen und Personal der öffentlichen und öffentlich geförderten Einrichtungen für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung 2008, Wiesbaden 2010, https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DE-Heft_derivate_00007128/2140360087004.pdf.

stitute sind zusammengeschlossen im Fraunhofer-Verbund Informations- und Kommunikationstechnologie, der sich selbst als „größte IT-Forschungsorganisation in Europa“ bezeichnet. |⁵⁰

Unter dem Dach der Leibniz-Gemeinschaft hat sich schließlich Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH zum Ziel gesetzt, die Informatikforschung auf internationalem Spitzenniveau zu fördern, indem sie Infrastrukturen zur wissenschaftlichen Kommunikation und für den Austausch zwischen Forschenden bereitstellt. Schloss Dagstuhl gilt als weltweit renommierter Treffpunkt in der Informatikforschung. |⁵¹

IV.2 Einrichtungen an der Schnittstelle zum privaten Sektor

Eine wichtige Einrichtung der Informatik-Forschung in Deutschland ist das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), das sich selbst als „führende wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung Deutschlands“ auf dem Gebiet innovativer Softwaretechnologien auf der Basis von Methoden der Künstlichen Intelligenz bezeichnet. |⁵² Die Finanzierung erfolgt über Zuwendungen öffentlicher Fördermittelgeber sowie durch Entwicklungsaufträge aus der Industrie. Neben dem Bund, drei Bundesländern und der Fraunhofer Gesellschaft sind im DFKI-Aufsichtsrat deutsche und internationale Hochtechnologie-Unternehmen aus einem breiten Branchenspektrum vertreten.

Verschiedene weitere Einrichtungen bewegen sich ebenfalls an der Schnittstelle zum privaten Sektor. So ist beispielsweise die fortiss GmbH, deren Gesellschafter der Freistaat Bayern (zwei Drittel) und die Fraunhofer Gesellschaft (ein Drittel) sind, eine Forschungseinrichtung für anwendungsnahe Forschung im Bereich softwareintensiver Systeme und Services und versteht sich als „Bindeglied zwischen Universitäten und Industrie“. |⁵³ Das OFFIS – Institut für Informatik e. V., ein An-Institut der Universität Oldenburg, hat sich zum Ziel gesetzt, durch prototypische Entwicklungsarbeit einen schnellen Wissenstransfer aus der Forschung in die Wirtschaft zu gewährleisten. |⁵⁴ Bereits 1985 wurde in Karlsruhe das FZI Forschungszentrum Informatik als eine gemeinnützige Einrichtung für Informatik-Anwendungsforschung und Technologietransfer gegründet, um die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse der Informationstechnologie in Unter-

|⁵⁰ <https://www.iuk.fraunhofer.de/de/ueber-den-verbund.html>.

|⁵¹ <https://www.dagstuhl.de/>.

|⁵² <https://www.dfki.de/web/ueber-uns/dfki-im-ueberblick/unternehmensprofil/>.

|⁵³ <https://www.fortiss.org/ueber-fortiss>.

|⁵⁴ <https://www.offis.de/offis/ueber-uns.html>.

nehmen und öffentliche Einrichtungen zu bringen. |⁵⁵ In Paderborn hat das Heinz Nixdorf Institut seinen Sitz, das – gefördert von der Stiftung Westfalen beziehungsweise der Heinz Nixdorf Stiftung – durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Informatik und Ingenieurwissenschaften neue Impulse für intelligente technische Systeme geben will. |⁵⁶ Das von der Hasso-Plattner-Stiftung finanzierte Hasso-Plattner-Institut (HPI) an der Universität Potsdam ist vor allem in den Bereichen IT-Systems Engineering, Data Engineering und Digital Health aktiv. Forschung und Lehre werden über eine von Universität und Institut gemeinsam getragene Digital Engineering Fakultät betrieben. |⁵⁷

IV.3 Weitere Formen der Kooperationen mit der Industrie

Auf verschiedenste Weise findet zudem Informatik-Forschung in Kooperation mit der Industrie statt. Ein Weg besteht in Investitionen in Personen. Dies kann über die Finanzierung von Stiftungsprofessuren |⁵⁸ oder sonstigem wissenschaftlichem Personal an wissenschaftlichen Einrichtungen geschehen. Auch sogenannte Industry-on-Campus-Professuren mit dem Ziel der Integration von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Industrie in die Forschungs- und Lehraktivitäten der akademischen Einrichtung wurden bereits eingerichtet, ebenso wie *Shared Professorships*, die auf gemeinsamer Berufung einer Hochschule oder eines Forschungsinstituts mit einem Unternehmen basieren und der bzw. dem Berufenen eine Tätigkeit jeweils in Teilzeit an beiden Einrichtungen möglich machen. |⁵⁹ Spezielle Programme großer Unternehmen können beispielsweise Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern flexible Möglichkeiten bieten, um mit diesen zusammenzuarbeiten (Teilzeit, Sabbatical), ohne ihre Heimateinrichtung verlassen zu müssen |⁶⁰ oder Stipendien für verschiedene Karrierestufen anbieten. |⁶¹

|⁵⁵ <https://www.fzi.de/wir-ueber-uns/>.

|⁵⁶ <https://www.hni.uni-paderborn.de/>.

|⁵⁷ <https://hpi.de/>.

|⁵⁸ Zum Beispiel Professuren für Informatik und ihre Didaktik durch die Carl-Zeiss-Stiftung oder für IT-Sicherheit durch die Horst-Görtz-Stiftung.

|⁵⁹ Vgl. zum Beispiel Industry on Campus-Professuren von Bosch in Tübingen (<https://uni-tuebingen.de/exzellenzinitiative/forschung/industry-on-campus/bosch/>) sowie *Shared New Field Professorship* von KIT und SAP für *Pervasive Computing Systems* (<https://pcs.tm.kit.edu/index.php>).

|⁶⁰ Vgl. *Amazon Scholars*-Programm, https://www.amazon.jobs/en/landing_pages/scholars.

|⁶¹ Vgl. z. B. die von Google geförderten PhD-Fellowships für besondere Forschung im Bereich der Informatik und verwandter Felder (<https://ai.google/research/outreach/phd-fellowship/>) oder die von der Siemens AG geförderten Hans Fischer Senior Fellowships an der TU München u. a. im Feld Robotik (<https://www.tum.de/nc/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/34880/>).

Auch bestimmte Forschungsvorhaben werden von Unternehmen finanziert |⁶² oder vielfach gemeinsam von diesen und wissenschaftlichen Einrichtungen in Angriff genommen. Letzteres wird von BMBF und Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit Förderprogrammen unterstützt. Neben der Arbeit an konkreten Vorhaben existieren auch offenere Formate zur Verbesserung der Zusammenarbeit, wie Experimentierräume und Inkubatoren. |⁶³ Ein konkretes Beispiel für langfristige Kooperation ist die sogenannte Industry-on-Campus-Partnerschaft der TU München (TUM) mit dem Softwarekonzern SAP, die auf 50 Jahre angelegt ist: In Zukunft sollen in einem von SAP finanzierten Forschungsneubau auf dem Campus der TUM Forschende des Unternehmens und der Hochschule gemeinsam an Themen der Künstlichen Intelligenz (KI) und des Maschinellen Lernens arbeiten. |⁶⁴

Eine niedrigschwellige Art der Kooperation, die für Unternehmen und insbesondere Start-ups in Zeiten des Fachkräftemangels aber von großer Bedeutung ist, stellt zudem die verbreitete Zusammenarbeit über Werkstudierende dar. Insbesondere an den Fachhochschulen sind Abschlussarbeiten und Praxissemester bei Industrieunternehmen die Regel.

An einzelnen Standorten wird ferner der Versuch unternommen, ein Ökosystem für akademische Einrichtungen, Unternehmen und Gründer zu schaffen und dort verschiedene der genannten Maßnahmen zu bündeln, um die Attraktivität des Standorts zu erhöhen und den Austausch zu intensivieren. In besonderem Maße ist dies aktuell im Falle des sogenannten Cyber Valleys (Stuttgart/Tübingen) für den Bereich Maschinelles Lernen zu beobachten. |⁶⁵

|⁶² Z. B. TUM *Institute for Ethics in Artificial Intelligence*, finanziert von Facebook mit 7,5 Mio. US-Dollar, vgl. <https://www.tum.de/nc/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/35188/>. Zur Kritik an dieser Förderung vergleiche beispielsweise Kreiß, Ch.: Geschenk mit Haken – Facebooks Ethik-Institut an der TU München, in: Tagesspiegel Background Digitalisierung vom 18.12.2019, <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/geschenk-mit-haken-facebooks-ethik-institut-an-der-tu-muenchen>.

|⁶³ Vgl. z. B. die *Start a factory*-Initiative des Fraunhofer Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM insbesondere für Hardware-Start-ups, https://www.izm.fraunhofer.de/de/institut/wege_der_zusammenarbeit/start-a-factory.html. Einen Inkubator im Bereich Informatik hat die Max-Planck-Gesellschaft in Saarbrücken zusammen mit anderen Partnern gegründet, um Ideen und Erfindungen aus Forschungsprojekten weiterentwickeln und dann für die Anwendung vermarkten zu können, vgl. <https://www.itinkubator.com/>. Vgl. allgemein Wissenschaftsrat: Anwendungsorientierung in der Forschung | Positionspapier (Drs. 8289-20), Berlin Januar 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf>.

|⁶⁴ Aldenhoff, K.: Wie sich die TU finanziert, in: Süddeutsche Zeitung München Zentrum vom 17.12.2019.

|⁶⁵ Vgl. <https://cyber-valley.de/de>. Gründungspartner sind das Land Baden-Württemberg, die Max-Planck-Gesellschaft mit dem Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, die Universitäten Stuttgart und Tübingen sowie Amazon, BMW AG, Daimler AG, IAV GmbH, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Robert Bosch GmbH und ZF Friedrichshafen AG. Darüber hinaus ist die Fraunhofer Gesellschaft als assoziierter Partner im Cyber Valley

Neben der erwähnten Förderung durch Unternehmen wird Informatik-Forschung durch zahlreiche Förderprogramme und -maßnahmen der öffentlichen Hand unterstützt. Diese sind teilweise eingebettet in Strategieprozesse rund um das Thema Digitalisierung, wie zum Beispiel die Hightech-Strategie des Bundes und länderbezogene Initiativen. Ein klarer Schwerpunkt der aktuellen Fördermaßnahmen liegt auf dem Bereich Künstliche Intelligenz.

Blickt man zunächst auf die europäische Ebene, ist deutlich, dass die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in allen drei Schwerpunkten von *Horizon 2020*, dem Rahmenprogramm für Forschung und Innovation der Europäischen Union mit Laufzeit von 2014–2020, eine tragende Rolle spielen – auch weit über die bereits angesprochenen ERC Grants hinaus – angefangen von der Grundlagenforschung und E-Infrastrukturen bis zu IKT-Innovationen in Anwendungen. |⁶⁶ Allein im Themenbereich IKT des Schwerpunkts „Führende Rolle der Industrie“ waren deutsche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Einwerbung von Mitteln in Höhe von 1,5 Mrd. Euro beteiligt. |⁶⁷ Parallel hat die **Europäische Kommission** das Thema KI aufgegriffen. Mit der Vorlage des Koordinierten Plans für Künstliche Intelligenz im Dezember 2018 hat sie zugesichert, die KI-Investitionen im Rahmen von *Horizon 2020* im Zeitraum 2018–2020 auf 1,5 Mrd. Euro zu erhöhen, was einem Anstieg von 70 % gegenüber den Jahren 2014–2017 entspricht. |⁶⁸ Anfang 2020 wurden die Ambitionen im Bereich KI im Weißbuch „Zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen“ bestätigt und weiter ausformuliert. |⁶⁹

vertreten. Unterstützt wird die Initiative zudem von der Christian Bürkert Stiftung, der Gips-Schüle-Stiftung, der Vector Stiftung und der Carl-Zeiss-Stiftung.

|⁶⁶ Eine ausführliche Übersicht über alle in Frage kommenden Ausschreibungen liefert die Nationale Kontaktstelle für europäische Forschungsförderung zu den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT): https://www.nks-ikt.de/media/content/NKS-IKT_Themenblatt_2018-20.pdf. Vgl. auch Europäische Kommission: *A guide to ICT-related activities in Horizon 2020 Work Programme 2018-20*, http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=48031.

|⁶⁷ Angabe des EU-Büros des BMBF nach Auswertung der Ecorda-Vertragsdatenbank, Stand 05.06.2019. Eine Zuordnung eingeworbener Mittel zum Bereich IKT ist für alle anderen Projekte nicht möglich, da keine fachliche Verschlagwortung stattfindet.

|⁶⁸ Vgl. https://ec.europa.eu/commission/news/artificial-intelligence-2018-dec-07_de. Insgesamt sollen bis Ende 2020 mindestens 20 Mrd. Euro sowie in den darauffolgenden zehn Jahren über 20 Mrd. Euro jährlich an öffentlichen und privaten Investitionen in die Forschung und Innovation im Bereich der Künstlichen Intelligenz fließen.

|⁶⁹ Europäische Kommission: Weißbuch. Zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen, Brüssel, 19.02.2020, COM(2020) 65 final, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_de.pdf.

Für die Förderung der Zukunft plant die Europäische Kommission neben dem neuen Forschungsrahmenprogramm *Horizon Europe*, das ebenfalls hohe Investitionen im Bereich KI vorsieht, das Programm *Digital Europe*, mit einem Volumen von 9,2 Mrd. Euro, um den digitalen Wandel zu gestalten und zu fördern sowie die internationale Wettbewerbsfähigkeit Europas zu stärken. Das Programm sieht Investitionen in den Forschungsfeldern Höchstleistungsrechnen, Künstliche Intelligenz und Cybersicherheit vor und will zudem Maßnahmen zum Erwerb fortgeschrittener digitaler Kompetenzen fördern sowie eine breite Nutzung digitaler Technologien in Wirtschaft und Gesellschaft sicherstellen. |⁷⁰

Auch der **Bund** ist sehr aktiv in der Förderung zahlreicher Felder der Informatik. Neben dem BMBF sind auch andere Ministerien wie die Bundesministerien des Innern, für Bau und Heimat (BMI), der Verteidigung (BMVg), für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) mit eigenen Maßnahmen beteiligt. Der zentrale Förderschwerpunkt der jüngsten Vergangenheit lag – gebündelt in der KI-Strategie der Bundesregierung |⁷¹ – auch hier auf dem Thema Künstliche Intelligenz. Bis 2025 will der Bund insgesamt 5 Mrd. Euro für die Umsetzung der Strategie einsetzen. |⁷² An konkreten Maßnahmen sind der Ausbau der Förderung der bestehenden Kompetenzzentren für Künstliche Intelligenz in Berlin, Dortmund/St. Augustin, München, Tübingen und Dresden/Leipzig sowie des DFKI hervorzuheben. Diese haben das Ziel, gemeinsam KI-Spitzenforschung in Deutschland weiter zu stärken, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern und den Technologietransfer in Unternehmen voranzutreiben. Zur Gewinnung von Spitzenforscherinnen und -forschern wurden zudem Alexander von Humboldt-Professuren für Künstliche Intelligenz ausgeschrieben. Ferner fördert das BMBF seit 2017 die „Plattform Lernende Systeme“, mit dem Ziel, den Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik voranzutreiben sowie daraus Szenarien und Gestaltungsoptionen für die Entwicklung und den verantwortungsvollen Einsatz Lernender Systeme zu entwickeln. Schließlich wurden in den vergangenen drei Jahren eine Vielfalt an Fördermaßnahmen zum Thema initiiert, die sowohl grundlagenorientierte Forschung als auch Fragen des

|⁷⁰ Vgl. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-europe-programme-proposed-eu92-billion-funding-2021-2027>.

|⁷¹ Die Bundesregierung: Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, Stand: November 2018, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/997532/1550276/9e7fdd5a73cc9ff55f422eab6c75487b/2018-11-15-ki-strategie-data.pdf?download=1>. Zum Umsetzungsstand vgl. <https://www.reguvis.de/fileadmin/Betrifft-Recht/Dokumente/edrucksachen/pdf/1916461.pdf>.

|⁷² Die bis 2025 geplanten Investitionen in KI wurden zuletzt im Rahmen des Konjunktur- und Zukunftspakets der Bundesregierung vom 03. Juni 2020 von 3 auf 5 Mrd. Euro erhöht, vgl. https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunkte-papier.pdf?__blob=publicationFile.

Transfers, Qualifizierungsmaßnahmen und den wissenschaftlichen Nachwuchs adressierten.

Auch im Bereich Cybersicherheit fördert das BMBF umfangreich. Bereits 2011 wurden drei Kompetenzzentren für IT-Sicherheit gegründet: CRISP an der TU Darmstadt (mittlerweile unter dem Namen ATHENE als Forschungseinrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft mit maßgeblicher Beteiligung der TU Darmstadt), KASTEL am KIT sowie das heutige Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit CISPA in Saarbrücken. Weitere Maßnahmen des BMBF betreffen unter anderem die Forschungsfelder Big Data, Verteilte Systeme, Eingebettete und Cyberphysische Systeme, Software Engineering, Mensch-Technik-Interaktion, Bio- und Medizininformatik. Wichtige Themen sind Industrie 4.0, Mobilität 4.0, autonomes Fahren, Quantentechnologien, Smart Living, Smart Data oder Cloudcomputing. Mit dem Weizenbaum-Institut für die vernetzte Gesellschaft in Berlin wird zudem ein Verbund gefördert, der die Aufgabe hat, aktuelle gesellschaftliche Veränderungen, die sich im Zusammenhang mit der Digitalisierung abzeichnen, zu untersuchen und künftige politische und wirtschaftliche Handlungsoptionen zu skizzieren.

Doch nicht nur auf Bundes-, sondern auch auf **Länderebene** wird Informatik-Forschung umfangreich gefördert. Mittlerweile haben alle Bundesländer eigene Digitalstrategien mit verschiedenen Akzenten, die auch Maßnahmen der Forschungsförderung beinhalten. |⁷³ Eine wichtige Komponente ist hier neben der Förderung von Forschungs- und Transferprojekten, Netzwerken, Zentren oder Reallaboren vielfach personeller Aufwuchs, sodass in den letzten Jahren zahlreiche neue Professuren im weiten Bereich der Digitalisierung, vor allem jedoch zu den Feldern Künstliche Intelligenz und IT-Sicherheit, ausgeschrieben werden konnten. Einen Ausbau der Informatikstudienplätze in unterschiedlichem Umfang sehen Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen vor.

Wichtigster Förderer für die Grundlagenforschung in Deutschland ist die DFG. Eine Abfrage in der DFG-Datenbank GEPRIS ergibt eine Vielzahl von Treffern für laufende Projekte mit fachlicher Zuordnung zur Informatik in allen Programmbereichen. Besonders erwähnt seien an dieser Stelle die Erfolge von Informatik-Fachbereichen im Rahmen der Förderlinie Exzellenzcluster der von Bund und Ländern geförderten Exzellenzstrategie – das zugehörige Verfahren liegt in Händen der DFG: An insgesamt 14 Exzellenzclustern ist die Informatik beteiligt. |⁷⁴ Eine zentrale Rolle spielt sie allerdings nur in den Clustern „Cybersicherheit im Zeitalter großskaliger Angreifer“ (Ruhr Universität Bochum) und „Maschinelles Lernen: Neue Perspektiven für die Wissenschaft“ (Eberhard-Karls-Universität Tü-

|⁷³ Vgl. dazu die Übersicht auf <https://www.plattform-lernende-systeme.de/nationale-ki-strategien.html> mit dem Fokus auf KI.

|⁷⁴ Vgl. <https://gepris.dfg.de/gepris/OCTOPUS?task=showSearchExtended>.

bingen). Eine zusätzliche strategische Förderinitiative im Bereich der Künstlichen Intelligenz wurde von der DFG im Oktober 2019 beschlossen: Mit insgesamt rund 90 Mio. Euro sollen erstens bis zu 30 zusätzliche einschlägige Nachwuchsgruppen im Emmy-Noether-Programm gefördert werden, um „die nächste Generation von hochqualifizierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit Forschungsfokus auf KI-Methoden durch frühzeitige Öffnung von Karriereoptionen mit hoher Eigenständigkeit“ zu gewinnen. |⁷⁵ Zweitens ist die Förderung von bis zu acht Forschungsgruppen vorgesehen, um die Zusammenarbeit von Forscherinnen und Forschern im Bereich der KI-Methoden mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern anderer Forschungsfelder zu befördern.

A.V INFORMATISCHE BILDUNG

In Hinblick auf informatische Bildung gibt es in Deutschland aktuellen Studien zufolge gravierende Mängel. So wissen offenbar viele Menschen beispielsweise sehr wenig über Algorithmen und deren Einsatz – die meisten Befragten haben noch keine klare Meinung zu Chancen und Risiken, hegen jedoch ein großes Unbehagen gegenüber algorithmengestützten Urteilen und Entscheidungen. |⁷⁶ Wissens- und Kompetenzlücken wurden auch bei Schülerinnen und Schülern konstatiert. Bei der internationalen Vergleichsstudie *International Computer and Information Literacy Study (ICILS)*, die Kinder der achten Jahrgangsstufe auf computer- und informationsbezogene Kompetenzen testet, lagen deutsche Schülerinnen und Schüler 2018 wie schon fünf Jahre zuvor im Mittelfeld, mit großem Abstand zur Spitze. Etwas unterhalb des Durchschnitts schnitten sie hinsichtlich ihrer Fähigkeiten im Computational Thinking ab. Rund ein Drittel der getesteten Achtklässlerinnen und Achtklässler hatte nur rudimentäre Computerkenntnisse. Als besonders groß stellte sich in Deutschland die Bedeutung dar, welche der Computerausstattung im Elternhaus und dem Bildungsstand der Eltern für die

|⁷⁵ DFG: Künstliche Intelligenz: DFG beschließt strategische Förderinitiative. Pressemitteilung Nr. 50 vom 07.10.2019, https://www.dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2019/pressemitteilung_nr_50/index.html.

|⁷⁶ Fischer, S.; Petersen, T.: Was Deutschland über Algorithmen weiß und denkt. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, hrsg. v. der Bertelsmann Stiftung, Mai 2018, https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Was_die_Deutschen_ueber_Algorithmen_denken.pdf. Auch fast die Hälfte der Europäerinnen und Europäer weiß nicht, was Algorithmen sind und dass sie schon in vielen Lebensbereichen eingesetzt werden; Deutschland sieht im Vergleich zu den anderen großen EU-Ländern Algorithmen eher skeptisch; vgl. dazu Grzymek, V.; Puntschuh, M.: Was Europa über Algorithmen weiß und denkt. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, hrsg. v. der Bertelsmann Stiftung, Februar 2019, <https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/WasEuropaUEberAlgorithmenWeissUndDenkt.pdf>.

Kompetenzen der Kinder zukommen. |⁷⁷ Wachsende Defizite werden darüber hinaus auch im mathematischen Bereich konstatiert, wobei hier die Unterschiede zwischen den Bundesländern sehr groß sind. |⁷⁸

Schulische informatische Bildung wird Kindern und Jugendlichen in Deutschland aufgrund des föderalen Systems auf sehr unterschiedliche Weise zuteil. In einigen Bundesländern existiert ein Pflichtfach Informatik bzw. ist zumindest dessen Einführung jüngst beschlossen worden – für jeweils unterschiedliche Schularten und einzelne Jahrgangsstufen. Zu nennen sind hier Bayern, Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen. Daneben gibt es auch im Wahlbereich je nach Land und zum Teil sogar Schule sehr diverse Möglichkeiten, informatische Bildung zu erhalten. Ein verlässlicher Überblick über die aktuelle Situation in Deutschland existiert nicht. Insgesamt attestiert das MINT-Nachwuchsbarometer 2020 dem Fach „nach wie vor Exotenstatus“. So entschieden sich nur 1 % der Schülerinnen und Schüler im Schuljahr 2018/2019 für Informatik als Leistungskurs in der gymnasialen Oberstufe, während 33 % Biologie und rund 13 % Physik wählten. |⁷⁹ Auch auf europäischer Ebene, so konstatiert eine Studie von 2017, ist die Bandbreite hinsichtlich der Rolle informatischer Bildung in der Schule groß: Während in einigen Staaten Informatik bereits in der Grundschule etabliert ist, werden in anderen Kinder bis zum Schulabschluss der weiterführenden Schule gar nicht mit Informatik konfrontiert. |⁸⁰

Konzeptionell haben sich in Deutschland um das Thema schulische informatische Bildung in jüngerer Vergangenheit unter anderem die Kultusministerkonferenz (KMK) und die Gesellschaft für Informatik bemüht. So legte die KMK 2016 die Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ vor, welche die integrative Vermittlung von digitalen Kompetenzen, darunter auch in einem engeren Sinne informatische Kompetenzen, in allen Fächern proklamiert. |⁸¹ Die Gesellschaft für

|⁷⁷ Vgl. Fraillon, J. et al.: *Preparing for Life in a Digital World. IEA International Computer and Information Literacy Study 2018. International Report*, <https://www.iea.nl/sites/default/files/2019-11/ICILS%202019%20Digital%20final%2004112019.pdf>.

|⁷⁸ Vgl. MINT Nachwuchsbarometer 2020, hrsg. von acatech und Körber-Stiftung, 2020, https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2020/05/MINT_NB_2020.pdf.

|⁷⁹ Ebd.

|⁸⁰ *Informatics Education in Europe: Are We All In The Same Boat? Report by The Committee on European Computing Education (CECE). Jointly established by Informatics Europe & ACM Europe*, May 8th, 2017, <https://www.informatics-europe.org/component/phocadownload/category/10-reports.html?download=60:cece-report>.

|⁸¹ Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017, https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf. Es sei

Informatik geht darüber hinaus und forderte 2016 in der Dagstuhl-Erklärung digitale Bildung „im eigenständigen Lernbereich sowie innerhalb der anderen Fächer [...] kontinuierlich über alle Schulstufen für alle SchülerInnen im Sinne eines Spiralcurriculums“. |⁸² Sie hat dazu auch detaillierte Bildungsstandards für den Informatikunterricht in Sekundarstufe I und II sowie im Primarbereich veröffentlicht. |⁸³ Auf europäischer Ebene zielt die von verschiedenen Verbänden getragene Initiative *Informatics for all* ebenfalls darauf, das Unterrichten von Informatikkompetenzen über ein Pflichtfach sowie die integrative Vermittlung innerhalb anderer Fächer in den Schulsystemen Europas zu verankern. |⁸⁴

Neben dem schulischen Bereich gibt es auch Überlegungen und Anstrengungen, informatische Bildung an den Hochschulen stärker in der Breite zu verankern. „Alle Studierenden brauchen künftig digitale Kompetenzen. Sie sollen digitale Wissens- und Lernangebote selbstständig nutzen und gestalten können sowie Datenanalyse und grundlegende Programmierkenntnisse beherrschen.“ |⁸⁵, so schrieben beispielsweise die Regierungsparteien im März 2018 im Koalitionsver-

an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass die Bemühungen um dieses Thema auch von Seiten der KMK bis in die 1980er Jahre zurückreichen, als eine sogenannte informationstechnische Grundbildung (ITG) für die Sekundarstufe I eingeführt wurde, vgl. Bos, W.; Eickelmann, B.; Gerick, J.: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe in Deutschland im internationalen Vergleich, in: Bos, W. et al. (Hrsg.): ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich, Münster 2014, S. 114-145, hier S. 116, https://www.pedocs.de/volltexte/2015/11459/pdf/ICILS_2013_Berichtsband.pdf.

|⁸² Gesellschaft für Informatik (GI) e. V.: Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt. Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH, März 2016, https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf.

|⁸³ Gesellschaft für Informatik (GI) e. V.: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V., Beilage zu LOG IN, 28 (2008) 150/151, https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/2345/52-GI-Empfehlung-Bildungsstandards_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y; Gesellschaft für Informatik (GI) e. V.: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V., Beilage zu LOG IN, 36 (2016) 183/184, <https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/2350/57-GI-Empfehlung-Bildungsstandards-Informatik-SekII.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; Gesellschaft für Informatik (GI): Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V., Beilage zu LOG IN, 39 (2019) 191/192, https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informatische_Bildung_Primarbereich.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

|⁸⁴ <https://www.informaticsforall.org/>, getragen von *ACM Europe Council, the CEPIS Education Committee und Informatics Europe*. Vgl. auch *The Committee on European Computing Education (CECE: Informatics Education in Europe. Are We All In The Same Boat?*, Mai 2017, <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3106077>.

|⁸⁵ Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode, Berlin 12. März 2018, S. 40. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1>.

trag. In der zugehörigen Debatte kursieren verschiedene Begrifflichkeiten und auch Zielsetzungen. So werden zum einen unter dem Schlagwort **Digital Literacy** Kompetenzen verstanden, „Informationen unter Nutzung digitaler Technologien finden, organisieren, verstehen, evaluieren und erzeugen zu können“. |⁸⁶ Der Wirtschaftsbeirat der Gesellschaft für Informatik (GI) forderte in diesem Sinne, „dass alle Studiengänge sowie Aus- und Weiterbildungsprogramme explizite Kurse oder Module zur Vermittlung einer Digital Literacy enthalten, bspw. über das *International Certificate for Digital Literacy (ICDL)*“ |⁸⁷, welches neben Kenntnissen zu den Themen Datenschutz und IT-Sicherheit solche in der Software-Anwendung vermittelt. Andere Bestrebungen zielen darauf, **Computational Thinking** zu lehren und so Studierende aller Disziplinen mit den Grundbegriffen der Informatik und den Grundlagen wichtiger Informatiksysteme vertraut zu machen. |⁸⁸ Daneben wird mit dem Schlagwort **Data Literacy** auf die Fähigkeit rekuriert, Daten auf kritische Art und Weise zu sammeln, zu managen, zu bewerten und anzuwenden. |⁸⁹ Diesbezüglich sind in jüngerer Zeit verschiedene Initiativen und Fördermaßnahmen entstanden, um eine Data Literacy Education fachübergreifend an Hochschulen zu etablieren. |⁹⁰ Die Projekte beinhalten in der Regel unter anderem die Vermittlung von Kompetenzen in einer Programmiersprache und im algorithmischen Denken. Good-Practice-Beispiele in Deutschland sind beispielsweise die Siegerprojekte des Wettbewerbs von Stifterverband und Heinz Nixdorf Stiftung zu Data Literacy Education „Daten Lesen Lernen“, „DATAx“ und „modal“ an den Universitäten Göttingen, Lüneburg und der Hochschule Mann-

|⁸⁶ Gesellschaft für Informatik (GI) e. V.: Data Science: Lern- und Ausbildungsinhalte, Arbeitspapier, Dez. 2019, S. 9, https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/GI_Arbeitspapier_Data-Science_2019-12_01.pdf.

|⁸⁷ Gesellschaft für Informatik (GI) e. V.: Den Software-Standort Deutschland stärken. Positionspapier, Februar 2020, https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/2020_10_02_GI_Positionspapier_Softwarestandort.pdf.

|⁸⁸ Vgl. zum Beispiel <https://www.mpi-inf.mpg.de/departments/algorithms-complexity/teaching/winter19/ideen/> und <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/>.

|⁸⁹ Heidrich, J.; Bauer, P.; Krupka, D.: Future Skills. Ansätze zur Vermittlung von Data Literacy in der Hochschulbildung, Arbeitspapier Nr. 37 des Hochschulforums Digitalisierung, Berlin 2018, https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_Nr37_DALI_Studie.pdf. Data Literacy ist nicht zu verwechseln mit Data Science als einem interdisziplinären Wissenschaftsfeld, „welches durch die Anwendung wissenschaftlich fundierter Methoden, Prozesse, Algorithmen und Systeme die Extraktion von Erkenntnissen, Mustern und Schlüssen sowohl aus strukturierten als auch aus unstrukturierten Daten ermöglicht“, vgl. dazu ausführlich Gesellschaft für Informatik (GI) e. V.: Data Science: Lern- und Ausbildungsinhalte, Arbeitspapier, Dez. 2019, hier S. 5, https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/GI_Arbeitspapier_Data-Science_2019-12_01.pdf. Weitere kursierende Begriffe, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, sind Information Literacy (die Fähigkeit, Informationen aus verschiedenen Formaten zu finden, zu managen und zu verwenden) und Data Information Literacy bezeichnet die Anwendung von Information Literacy im Forschungskontext.

|⁹⁰ Vgl. <https://www.stifterverband.org/data-literacy-education>.

heim. |⁹¹ International gilt der interdisziplinäre Grundlagenkurs in Data Literacy an der Universität Berkeley, *Foundations of Data Science*, der eine sehr hohe Anzahl an Studierenden aller Studienrichtungen erreicht, als Vorbild. |⁹²

A.VI ARBEITSMARKT

Der mit der Digitalisierung einhergehende zunehmende Bedarf an IT-Know-how spiegelt sich in der Arbeitskräftelücke – der Differenz von offenen Stellen und Arbeitslosen – bei den IT-Berufen wider. Im Vergleich der Oktoberwerte seit 2011 war die IT-Lücke zunächst auf einem relativ stabilen Niveau und ist seit dem Jahr 2014 deutlich angestiegen. Im Oktober 2019 betrug die IT-Lücke 52 100 Personen und lag damit fast auf dem Rekordniveau des Vorjahres und deutlich über dem Wert von vor fünf Jahren mit 20 500 (Oktober 2014). Es wird davon ausgegangen, dass die starke Nachfrage nach IT-Kräften von längerer Dauer ist und weiter ansteigen wird. |⁹³ Auch die schwierige Lage auf dem Arbeitsmarkt im Frühjahr 2020 angesichts der Corona-Krise macht sich bei den IT-Berufen im Unterschied zu anderen MINT-Bereichen wenig bemerkbar. |⁹⁴ Gemäß einer repräsentativen Befragung des Branchenverbands Bitkom waren Ende 2019 sogar mehr als 124 Tsd. Stellen für IT-Spezialistinnen und -spezialisten unbesetzt. Das entspricht einem Anstieg um 51 Prozent verglichen mit den Ergebnissen der Befragung aus dem Vorjahr (82 Tsd.). Innerhalb von zwei Jahren habe sich damit die Zahl der

|⁹¹ Vgl. „Daten Lesen Lernen“ der Universität Göttingen, <https://www.uni-goettingen.de/de/daten+lesen+lernen/592287.html>, „modal“ der Hochschule Mannheim, <https://www.modal.hs-mannheim.de/>, sowie „DATAx“ der Universität Lüneburg, <https://www.leuphana.de/universitaet/entwicklung/lehre/projekte/datax.html>.

|⁹² <https://data.berkeley.edu/education/courses/data-8>, weitere internationale Beispiele in der Studie von Heidrich, J.; Bauer, P.; Krupka, D., a. a. O.

|⁹³ Institut der deutschen Wirtschaft Köln (Hrsg.): MINT-Herbstreport 2019. MINT – Basis zur Zukunftssicherung durch Forschung und Digitalisierung. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, S. 66, https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2019/IW-Gutachten-MINT-Herbstreport-2019.pdf. Der Report konstatiert des Weiteren eine Veränderung in der Binnenstruktur der MINT-Berufe hin zu einer größeren Bedeutung der IT-Kräfte. Vgl. auch Institut der deutschen Wirtschaft Köln (Hrsg.): MINT-Frühjahrsreport 2019. MINT und Innovationen – Erfolge und Handlungsbedarfe. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, S. 68 f., https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2019/MINT-Fr%C3%BChjahrsreport_2019.pdf. Zum Begriff der Arbeitskräftelücke, welche aus dem Verhältnis von offenen Stellen und arbeitslos gemeldeten Personen berechnet wird und eine Untergrenze des tatsächlichen Engpasses darstellt, vgl. ebd., S. 66–68.

|⁹⁴ Institut der deutschen Wirtschaft Köln (Hrsg.): MINT-Frühjahrsreport 2020. MINT – Schlüssel für ökonomisches Wohlergehen während der Coronakrise und nachhaltiges Wachstum in der Zukunft. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, Juni 2020, S. 84, [https://www.arbeitgeber.de/www/arbeitgeber.nsf/res/MINT-Fr%C3%BChjahrsreport%202020.pdf/\\$file/MINT-Fr%C3%BChjahrsreport%202020.pdf](https://www.arbeitgeber.de/www/arbeitgeber.nsf/res/MINT-Fr%C3%BChjahrsreport%202020.pdf/$file/MINT-Fr%C3%BChjahrsreport%202020.pdf).

unbesetzten IT-Stellen mehr als verdoppelt (2017: 55 Tsd.). |⁹⁵ Die größten Engpässe werden aktuell im Bereich von Expertinnen und Experten für Softwareentwicklung, aber auch für IT-Anwendungsberatung und Data Science sowie für IT-Sicherheit gesehen. |⁹⁶

Die geringen Frauenanteile in der Informatik schlagen sich entsprechend auch auf dem Arbeitsmarkt nieder: Der Frauenanteil unter den IT-Beschäftigten lag 2018 bei 16 Prozent. Zum Vergleich: Über alle Berufe gesehen machten die Frauen 46 Prozent aus. |⁹⁷

An diese aktuelle Beschäftigungslage knüpfen sich Prognosen zum Arbeitskräftebedarf der Zukunft. Laut einer Studie des Stifterverbands von 2018 werden bis 2023 rund 700 Tsd. Fachexpertinnen und -experten mit technologischen Fähigkeiten in der gewerblichen Wirtschaft, bei Versicherungen und Banken zusätzlich benötigt. Diese Schätzung beruht auf der Befragung von 607 Unternehmen aus den genannten Bereichen. Technologische Fähigkeiten umfassen gemäß der Studie jene Fähigkeiten, die für die Gestaltung von transformativen Technologien notwendig sind. Dazu zählen menschenzentriertes Designen, Web-Entwicklung, die Konzeption und Administration vernetzter IT-Systeme oder Smart-Hardware- und Robotikentwicklung. Ein besonders großer Bereich betrifft die Fähigkeit zur Analyse komplexer Daten, die laut Studie auch die Entwicklung von Künstlicher Intelligenz umfasst, – hier wird mit 455 Tsd. Personen der mit Abstand größte Bedarf angezeigt. |⁹⁸ Zum Teil entstehen im Zusammenhang mit diesen *Future Skills* aktuell neue Berufsbilder, allen voran der Data Scientist, es werden aber beispielsweise auch „Datenkuratoren, die auf diskriminierende Verzerrungen in

|⁹⁵ Bitkom: Erstmals mehr als 100 000 unbesetzte Stellen für IT-Experten. Pressemitteilung vom 28.11.2019, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Erstmals-mehr-100000-unbesetzte-Stellen-fuer-IT-Experten>.

|⁹⁶ Vgl. ebd. sowie Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IT-Fachleute. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt, April 2019, https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Berufe/Generische-Publikationen/Broschuere-Informatik.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Den Bedarf an Fachkräften für IT-Sicherheit betont Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI): Gutachten 2020 zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands, Berlin 2020, https://www.efi.de/fileadmin/Gutachten_2020/EFI_Gutachten_2020.pdf.

|⁹⁷ Bundesagentur für Arbeit: IT-Fachleute. Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt, April 2019, S. 7, https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Statistiken/Themen-im-Fokus/Berufe/Generische-Publikationen/Broschuere-Informatik.pdf?__blob=publicationFile&v=5. Die genannte Zahl bezieht sich auf Fachkräfte mit und ohne akademische Ausbildung.

|⁹⁸ Vgl. Kirchherr, J. et al.: Future Skills. Welche Kompetenzen in Deutschland fehlen, hrsg. vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V., Essen 2018, <https://www.stifterverband.org/download/file/fid/6360>.

den Algorithmen achten“ |⁹⁹, genannt oder „Digital Designer“, welche die gestaltenden Aspekte bei der Softwareentwicklung betonen, gefordert. |¹⁰⁰

|⁹⁹ Innerhofer, J.: Sepp Hochreiter. Das Superhirn, in: Zeit Online vom 22.10.2018, editiert am 24.10.2018, <https://www.zeit.de/2018/43/sepp-hochreiter-informatiker-kuenstliche-intelligenz-linz>.

|¹⁰⁰ Es handelt sich dabei um eine Initiative des Digitalverbandes Bitcom, vgl. <https://www.bitkom.org/digitaldesign/>. Vgl. zum Thema Data Scientists Lübcke, M.; Wannemacher, K.: Vermittlung von Datenkompetenzen an den Hochschulen: Studienangebote im Bereich Data Science, Forum Hochschulentwicklung 1|2018, Hannover 2018, https://his-he.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Forum_Hochschulentwicklung/Forum_HE_201801_Web.pdf.

B. Analysen und Empfehlungen

Innovationen der Informationstechnik prägen die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung entscheidend. Informatiksysteme und -produkte verändern rasant, umfassend und unumkehrbar das Privat- und Arbeitsleben der Menschen, das Gesundheitssystem oder die Verwaltung. Sie steigern die Wertschöpfung insbesondere auch in Branchen, die traditionell als stark in Deutschland gelten, wie der Automobilindustrie und dem Maschinenbau. Vor diesem Hintergrund sind die bestmögliche Weiterentwicklung und Förderung der Informatik als wissenschaftlicher Disziplin, zu denen der Wissenschaftsrat im Folgenden Empfehlungen gibt, von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Zukunft Deutschlands. Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Empfehlungen spielt ein Zusammenwirken aller beteiligten Akteure eine Schlüsselrolle, um die knappe Ressource Personal optimal einzusetzen und kontinuierlich zu vergrößern.

B.1 FORSCHUNG

Informatik trägt in ihrer ganzen Breite zum Umgang mit gesellschaftlich wie wirtschaftlich relevanten Herausforderungen bei. Um dieses Potenzial voll ausschöpfen zu können, bedarf es

- _ einer ausgewogenen und nachhaltigen Förderpolitik für die grundlegenden Bereiche der Informatik,
- _ eines gemeinsamen Austauschs über ihre informatikbezogenen Förderportfolios durch die großen Forschungsförderer sowie
- _ Prozessen zur Reflexion und Weiterentwicklung der Disziplin und ihrer Methoden durch die Fachgemeinschaft.

Am eingangs ausgeführten Beispiel des automatisierten Fahrens (vgl. A.I.2) zeigt sich die Bedeutung, welche Informatik in ihrer ganzen Vielfalt bei der Lösung komplexer Forschungsfragen und ihrem Transfer in die Anwendung zukommt.

Ähnliche Beispiele ließen sich etwa in den Bereichen Medizin, Stromwirtschaft oder Industrie 4.0 benennen. Vor diesem Hintergrund stellt der Wissenschaftsrat fest, dass erfolgreiche Informatik-Forschung die **adäquate Berücksichtigung der verschiedenen Teilbereiche der Disziplin** erfordert. Dies wird aktuell durch die Konzentration der öffentlichen Wahrnehmung auf einzelne Gebiete des Faches erschwert, aber auch durch Zentrifugalkräfte. Sie entstehen durch die Wirkkraft der Informatik in alle Lebens- und Wissenschaftsbereiche hinein sowie die wiederum daraus resultierenden Erwartungen an die Informatik. Gleichzeitig bringen es die Jugend der Disziplin und die dynamische Entwicklung ihrer Forschungsfelder angesichts von technischem Fortschritt und internationalem Wettbewerb mit sich, dass die Informatik im Vergleich zu anderen Disziplinen nicht stabil in einen Kanon von Teilfächern gegliedert ist, sondern eine hohe Wandelbarkeit und Dynamik in Forschung, Lehre und Transfer aufweist und aufweisen muss. So ist zu erwarten, dass in rascher Folge einige, aktuell nicht im Fokus stehende Bereiche an Bedeutung gewinnen werden, während andere in den Hintergrund treten und gleichzeitig neue Felder hinzukommen.

In dieser Gemengelage hält der Wissenschaftsrat eine **ausgewogene Förderpolitik für die verschiedenen grundlegenden Bereiche der Informatik**, wie etwa Algorithmen und Komplexität, Formale Methoden, Programmierparadigmen, Verteilte Systeme, Rechnerarchitekturen, Kommunikationssysteme, Datenbanken oder Software Engineering, für erforderlich. Nur von dieser Basis aus kann die Disziplin langfristig und nachhaltig weiterentwickelt sowie dauerhaft in die Lage versetzt werden, neue inhaltliche Akzente zu setzen und auf künftige Herausforderungen vorbereitet zu sein. Gleichzeitig wirkt eine ausgewogene Förderpolitik der Gefahr des Qualitätsverlusts in der Forschung durch Überförderung einzelner Teilbereiche entgegen. Dies erscheint gerade angesichts der sehr hohen Aufmerksamkeit, die Forschungsförderer und Politik einzelnen Gebieten der Informatik und eng mit ihr verbundenen Themen (Stichwort Digitalisierung) aktuell schenken, sowie angesichts der hohen Dynamik in der Weiterentwicklung des Faches geboten. Förderung für die Informatik in ihrer Breite sollte auch für die Öffentlichkeit klar erkennbar sein und nicht in anderen Zuschreibungen, namentlich zur Künstlichen Intelligenz, aufgehen. Darüber hinaus legt der Wissenschaftsrat den großen Forschungsförderern einschließlich Bund und Ländern nahe, in näherer Zukunft in einen **gemeinsamen Austausch über ihre informatikbezogenen Portfolios** zu treten. Dies kann dazu dienen, zu große Überschneidungen ebenso wie Förderlücken aufzudecken, den Erfolg von Maßnahmen zu bewerten, neu auftretende Bedarfe angesichts der schnellen Entwicklung des Feldes gemeinsam zu eruieren und Transparenz zu schaffen. Ein mögliches Instrument zu diesem Zweck hat der Wissenschaftsrat in der Vergangenheit mit dem

„Forum für Forschungsförderung“ empfohlen, |¹⁰¹ woran an dieser Stelle – spezifisch für die Informatik – angeknüpft werden könnte.

Gleichzeitig erfordert die dynamische, durch ein sich ständig veränderndes gesellschaftliches Umfeld mitgeprägte Situation aber auch eine gezielte und systematische **Reflexion** durch die Fachgemeinschaft. Es gilt, in der aktuellen Situation die eigenen Stärken zu erkennen und zu nutzen sowie dabei auch jenseits der aktuell vordergründigen Themen Forschungsgebiete der Zukunft zu identifizieren und zu verfolgen. Besonderen Einsatzes bedarf es ferner hinsichtlich Fragen der **Weiterentwicklung von Methoden**. Der Wissenschaftsrat fordert die wissenschaftliche Gemeinschaft auf, diese Fragen im Rahmen von White-Paper-Prozessen zur Zukunft des Faches gezielt anzugehen. Mit Schloss Dagstuhl und den Dagstuhl-Perspektiven-Workshops |¹⁰² stehen ihr dafür eine geeignete Institution und ein geeignetes Format zur Verfügung. Eine wichtige Rolle kann hier auch die Gesellschaft für Informatik übernehmen.

1.1 Bündelung der Kräfte

Der Wissenschaftsrat empfiehlt angesichts des globalen Wettbewerbs zur Stärkung der deutschen Informatik und Steigerung ihres innovativen Potenzials eine Bündelung der Kräfte durch

- _ Prozesse der standortbezogenen Profilbildung,
- _ die Etablierung von Forschungs- und Innovationsökosystemen,
- _ europäische Vernetzung und Kooperation sowie
- _ interdisziplinäre Zusammenarbeit aus der Informatik heraus.

In einer Situation des internationalen Wettbewerbs um Innovationen hält es der Wissenschaftsrat für angeraten, auf verschiedenen Ebenen der informatischen Forschung Kräfte zu bündeln. Dies kann durch standortbezogene **Profilbildungsprozesse** für die informatische Forschung geschehen. |¹⁰³ Sie dienen einer kohärenten Weiterentwicklung der Disziplin und können gleichzeitig eine strategische Option für Universitäten, Fachhochschulen und benachbarte Forschungseinrichtungen darstellen. Aktuell sind solche Prozesse vor allem für die Bereiche Künstliche Intelligenz/Maschinelles Lernen beziehungsweise Cybersicherheit sichtbar. Diese Anstrengungen sollten fortgesetzt werden, wobei der Wissenschaftsrat die Auffassung vertritt, dass sich gerade auch in anderen, derzeit weniger im politischen Fokus stehenden Bereichen der Informatik Optionen

|¹⁰¹ Wissenschaftsrat: Strategische Forschungsförderung. Empfehlungen zu Kommunikation, Kooperation und Wettbewerb im Wissenschaftssystem (Drs. 5654-03), Essen 2003, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/5654-03.pdf>.

|¹⁰² Vgl. <https://www.dagstuhl.de/programm/dagstuhl-perspektiven/>.

|¹⁰³ Vgl. Wissenschaftsrat: Empfehlungen zu regionalen Kooperationen wissenschaftlicher Einrichtungen, Köln 2018, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/6824-18.pdf>.

für individuelle Profile eröffnen. In sehr vielen Bereichen spielt etwa Software Engineering eine wichtige Rolle, und Themen wie beispielsweise Virtual Reality, Human Computer Interaction, Robotik oder Quantencomputing gewinnen weiter an Bedeutung in Forschung und Anwendung. Ähnliches gilt für den industriellen Wachstumsbereich der cyber-physischen Systeme und des Internets der Dinge, welche physische Realwelt, Vernetzung und Softwaresysteme zu einer Einheit kombinieren. Der Wissenschaftsrat ermutigt die Hochschulen – auch mit Blick auf die Exzellenzstrategie – sich derlei Optionen zu öffnen, und legt Bund und Ländern nahe, Profilbildungsprozesse in der Informatik zu unterstützen. Im Bereich der Fachhochschulen erscheinen Profile mit Bezug zur lokalen Industrie als besonders vielversprechend. Auch hinsichtlich der außeruniversitären Forschungseinrichtungen sieht der Wissenschaftsrat trotz der großen Anstrengungen der vergangenen Jahre (vgl. A.IV.1) weiteres Potenzial zur Ergänzung der Forschung an den Hochschulen. Dies gilt insbesondere für den Bereich der interdisziplinären Forschung aus der Informatik heraus (vgl. unten).

Angesichts des globalen Wettbewerbs hält der Wissenschaftsrat darüber hinaus Bemühungen zur Etablierung von regionalen **Forschungs- und Innovationsökosystemen** für besonders erfolgsversprechend. In deren Rahmen arbeiten wissenschaftliche Einrichtungen und Unternehmen unterschiedlicher Größenordnung eng zusammen zu einem thematischen Schwerpunkt. Auch Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft sind eingebunden. Solche regionalen Cluster bieten optimale Bedingungen zur Entfaltung von innovativem Potenzial sowie zur Beförderung des Technologietransfers und stärken die internationale Konkurrenzfähigkeit. Gleichzeitig erhöhen sie wechselseitig die Attraktivität eines Standorts für Spitzenforscherinnen und Spitzenforscher, für den wissenschaftlichen Nachwuchs, für Unternehmen und Unternehmensgründer (vgl. auch B.I.2 und B.II). |¹⁰⁴ Als Good-Practice-Beispiele seien das Cyber Valley in Stuttgart und Tübingen sowie Saarbrücken mit den thematischen Schwerpunkten Maschinelles Lernen bzw. Cybersicherheit hervorgehoben.

Der internationale Erfolg der deutschen Informatik hängt aber auch von der Intensivierung der Anstrengungen zur Vernetzung und Bündelung von Kräften auf **europäischer Ebene** ab. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass Informatik-Forschung zwar zweifelsohne im internationalen Kontext stattfindet, auf dem Weg zur Anwendung aber in starker Konkurrenz vor allem zu den USA und China steht. Eine Bündelung der Kräfte auf europäischer Ebene auf der Basis europäischer Werte, zum Beispiel in Hinblick auf den Umgang mit personenbeziehenden Daten, dient daher der Erhöhung der internationalen Konkurrenzfähigkeit und der Sicherung von Unabhängigkeit von Forschung und Wirtschaft in

|¹⁰⁴ Ebd.

Hinblick auf ökonomische, normative, gesellschafts- und sicherheitspolitische Aspekte. Gezielte europäische Vernetzungsinitiativen von Forschenden, wie beispielsweise ELLIS oder CLAIRE |¹⁰⁵ für die Bereiche Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz, sind daher aus Sicht des Wissenschaftsrats zu begrüßen.

Schließlich gilt es auch, den Blick über die Informatik hinaus zu richten. Das Beispiel des automatisierten Fahrens hat die Notwendigkeit zur **Interdisziplinarität** verdeutlicht. Tatsächlich ist Informatik-Forschung schon von ihren Ursprüngen her stark interdisziplinär ausgerichtet und vielgefragter Partner in der Zusammenarbeit auf ganz verschiedenen Ebenen, von der Projektarbeit bis zur fachübergreifenden Etablierung neuer Bindestrich-Disziplinen. |¹⁰⁶ Unter dem Eindruck der stetigen Bedeutungszunahme der Informatik ermuntert der Wissenschaftsrat die Fachgemeinschaft dazu, interdisziplinäre Forschung in ihrer Diversität weiter zu betreiben und der gewandelten Rolle der Informatik in ihrer ganzen Bandbreite, von einer unterstützenden zu einer Disziplin mit Schlüssel-funktion, durch federführendes Engagement gerecht zu werden. Dazu gehört auch, Forschungsfelder wie zum Beispiel Quantencomputing stärker aus der Informatik heraus zu besetzen, etwa durch eine Intensivierung der Forschung im Bereich der Entwicklung generischer Algorithmen für Quantencomputing.

Ein besonderes Augenmerk sollte sie ferner darauf richten, große gesellschaftliche Herausforderungen gemeinsam mit anderen Disziplinen, aber auch Akteuren aus dem außerakademischen Raum anzugehen. Denn die Beiträge der Informatik zu Themen wie beispielsweise Nachhaltigkeit, veränderte Arbeits- und Lebenswelten oder der Bewältigung von Krisen und Katastrophen sind nicht zu unterschätzen.

Ferner ist es dem Wissenschaftsrat in diesem Zusammenhang ein Anliegen, auf die Nachteile sogenannter „Nebeninformatiken“, also an anderen Fachbereichen angesiedelte Informatik-Professuren wie zum Beispiel „Datenverarbeitung im

|¹⁰⁵ ELLIS (*European Lab for Learning & Intelligent Systems*) ist eine Netzwerk-Initiative für europäische Spitzenforschung im Bereich Maschinelles Lernen. Die Initiatoren verfolgen eine „*three-pillar strategy to foster European excellence in this highly competitive field: research programs and fellows, a competitive pan-European PhD program and a network of ELLIS units and ELLIS institutes*“. Darüber hinaus strebt ELLIS die Schaffung einer „*intergovernmental organization operating a set of fully fledged ELLIS institutes*“ an. Als Vorbilder werden EMBL (*European Molecular Biology Laboratory*) und das *Vector Institute* (Toronto) genannt (<https://ellis.eu/ellis-position-paper>). CLAIRE (*Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe*), „will die europäische Exzellenz in KI-Forschung und Innovation stärken“. Über „ein paneuropäisches Bündnis von Forschungslaboren für Künstliche Intelligenz in Europa“ wird „eine ‚Markenbekanntheit‘ ähnlich dem CERN“ angestrebt (<https://claire-ai.org/eine-europaische-vision-fur-die-ki/?lang=de>).

|¹⁰⁶ Vgl. auch Deutsche Forschungsgemeinschaft: Fachübergreifende Begutachtung: Strukturwirkung und Fördererfolg. Eine Exploration auf Basis von Neuanträgen in der DFG-Einzelförderung (2005 bis 2010), Bonn, November 2013 (zweite maßgeblich grafisch überarbeitete Fassung vom Februar 2018), https://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/geschaeftsstelle/publikationen/bericht_fachuebergreifende_begutachtung.pdf.

Maschinenbau“, hinzuweisen: Derlei Insellösungen können unter Umständen die Qualität und die Schlagkraft der informatischen Forschung mindern und den Austausch über neue Inhalte und Methoden des Faches bremsen. Deshalb sollte ein enger Bezug zum jeweiligen Fachbereich Informatik sichergestellt sein. Dies ist beispielsweise mittels einer Doppelmitgliedschaft an zwei Fakultäten realisierbar.

1.2 Maßnahmen im Wettbewerb um Köpfe

Vor dem Hintergrund des intensiven Wettbewerbs um Informatikerinnen und Informatiker empfiehlt der Wissenschaftsrat gezielte Maßnahmen, um exzellentes Personal für die akademische Forschung zu gewinnen und zu halten:

- _ Etablierung von Forschungs- und Innovationsökosystemen zur Schaffung eines exzellenten, innovativen und inspirierenden Arbeitsumfelds
- _ Erhöhung der Durchlässigkeit zum privaten Sektor sowie der Flexibilität und Offenheit für Beschäftigungsmodelle und Initiativen, die über den rein akademischen Raum hinausgehen – unter Berücksichtigung von Transparenz, klaren Regeln und Nachhaltigkeit der Maßnahmen
- _ Anstrengungen zur Rekrutierung von Personal aus dem Ausland
- _ Gezielte personenbezogene Förderung von Informatikerinnen und Informatikern auf verschiedenen Karrierestufen
- _ Besondere Förderung von Frauen

Die Informatik-Forschung ist einer besonderen Konkurrenzsituation ausgesetzt. Mit dem internationalen Wettbewerb um Inhalte mit anderen Forschungseinrichtungen und mit Unternehmen geht angesichts des eklatanten Engpasses an Fachkräften (vgl. A.VI) ein massiver Wettbewerb um Personal einher, der sich in den kommenden Jahren aller Voraussicht nach noch verschärfen wird. Die von manchen Unternehmen gezahlten Gehälter für Informatikerinnen und Informatiker erzeugen zunehmend Rekrutierungsprobleme für Hochschulen und öffentliche Forschungseinrichtungen. Der Wissenschaftsrat hält daher **besondere Anstrengungen, um exzellentes Personal für die akademische Forschung zu gewinnen und zu halten**, für den zentralen Hebel, um öffentliche Spitzenforschung im Bereich der Informatik in Deutschland zu gewährleisten.

Dies kann zum einen über die bereits angesprochene Etablierung sogenannter **Forschungs- und Innovationsökosysteme** mit thematischem Schwerpunkt an einzelnen Standorten geschehen: Die Konzentration von innovativem Potenzial und personeller Stärke wird weitere Spitzenkräfte anziehen. Auch für den exzellenten wissenschaftlichen Nachwuchs sind derlei regionale Cluster angesichts des Potenzials und der Vielfalt an Möglichkeiten attraktiv. Der Wissenschaftsrat erachtet es daher als sinnvoll, hier auch jeweils spezielle Graduiertenschulen einzubinden.

Ein wichtiger Faktor, um den akademischen Raum für Spitzenpersonal attraktiv zu halten, ist zum anderen eine erhöhte **Durchlässigkeit zum privaten Sektor**. Dieser bietet Bedingungen, die im öffentlichen Sektor nicht realisierbar sind, sei es beispielsweise in Hinblick auf den Zugang zu Daten, Infrastrukturen, bestimmten Team-Konstellationen oder auf Finanzierungsaspekte. Neben der Steigerung der Attraktivität von Stellen im Wissenschaftssystem – im Bereich des Spitzenpersonals, aber auch darüber hinaus – kann solche Durchlässigkeit gleichzeitig impulsgebende Wirkung entfalten und Wissenstransfer erleichtern. Zudem ist dies eine Frage der internationalen Konkurrenzfähigkeit: Es gilt hier auch in Deutschland umzusetzen, was im Ausland bereits gängige Praxis ist.

Konkret appelliert der Wissenschaftsrat an die Leitungen von Hochschulen und Forschungseinrichtungen, flexible, individuelle Lösungen zur **gemeinsamen Personalrekrutierung** von Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen zu ermöglichen beziehungsweise proaktiv zu befördern. Dabei kann es sich um die Einrichtung von Industry-on-Campus-Professuren handeln, die das Ziel der Integration von in der Industrie angestellten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in die Forschungs- und Lehraktivitäten von akademischen Einrichtungen verfolgen. Eine andere Variante sind *Shared Professorships*, bei denen neben der Professur ein weiteres hauptberufliches Dienstverhältnis mit einem Unternehmen besteht und die in der Regel anteilig von beiden Arbeitgebern finanziert werden. |¹⁰⁷ Eine gute Lösung wurde beispielsweise auch in Potsdam gefunden, indem die am privat finanzierten Hasso-Plattner-Institut tätigen Professorinnen und Professoren gemeinsam mit der Universität berufen werden und der Digital-Engineering-Fakultät der Universität Potsdam angehören. |¹⁰⁸

Gleichzeitig bedarf es einer **Flexibilisierung und Öffnung** in Hinblick auf Teilzeitengagements in der Industrie, Freisemester für Industrieaufenthalte, zeitweise Freistellungen für Aktivitäten beispielsweise im Zusammenhang mit Gründungsaktivitäten und Zuverdienstgrenzen. |¹⁰⁹ Auch sollte zu einer Rückkehr als Professorin bzw. Professor an die Universität, nachdem diese für eine forschende Vollzeitätigkeit in der Industrie verlassen wurde, ermutigt und selbiges durch die Schaffung attraktiver Bedingungen unterstützt werden.

Diese Maßnahmen erfordern **klare Regelungen und Transparenz** bezüglich der Bedingungen der Zusammenarbeit einschließlich der Rechte und Pflichten der Kooperationspartner (vgl. B.II). Die Standards wissenschaftlicher Integrität und forschungsethischer Praxis sind unbedingt zu gewährleisten. Gleichzeitig gilt es,

|¹⁰⁷ Vgl. Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Personalgewinnung und -entwicklung an Fachhochschulen, Köln 2016, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/5637-16.pdf>.

|¹⁰⁸ Vgl. <https://hpi.de>.

|¹⁰⁹ Vgl. Wissenschaftsrat: Anwendungsorientierung in der Forschung | Positionspapier (Drs. 8289-20), Berlin Januar 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf>.

die Nachhaltigkeit eines Engagements durch Unternehmen in den Blick zu nehmen.

Ferner empfiehlt der Wissenschaftsrat dringend, die **Anstrengungen zur Anwerbung von Personal aus dem Ausland** zu intensivieren. Das entsprechende Potenzial in der deutschen Informatik wird bislang nicht hinreichend ausgeschöpft (vgl. A.II.2). Ein Baustein ist hierbei, großen Wert auf die Bedingungen für international rekrutiertes Personal zu legen. Hier sind die Hochschulen und Forschungseinrichtungen gefordert, bürokratische Hürden abzubauen sowie Strukturen zu schaffen bzw. zu optimieren, die beispielsweise die institutionalisierte Begleitung ausländischer Forschender, die Schaffung eines internationalen Umfelds und insbesondere den lösungsorientierten Umgang mit Sprachbarrieren in Lehre und Verwaltung betreffen. Auch gilt es, Vorteile einer Tätigkeit in Deutschland in Hinblick auf soziale Sicherungssysteme und Lebensqualität deutlich zu machen. |¹¹⁰ Schließlich ist es vonnöten, zur Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit im internationalen Kontext ein Augenmerk auf den vergleichsweise hohen Betreuung- und Prüfungsaufwand an manchen Standorten zu richten, welcher Ressourcen von der Forschung abzieht und zu geringerer Attraktivität der zugehörigen Stellen führen kann (vgl. auch B.III.1).

Der Wissenschaftsrat hält es für sinnvoll, die Gewinnung von exzellenten Personen in Forschung und Lehre durch gezielte, auf Personen ausgerichtete **Fördermaßnahmen** zusätzlich zu unterstützen. Personeller Aufwuchs mit nachhaltiger Perspektive ist auch angesichts der massiv gestiegenen Studierendenzahlen, mit denen die Entwicklung auf Seiten der Professorinnen und Professoren nicht Schritt gehalten hat (vgl. A.II.2 mit Abbildung 5), insbesondere an Universitäten dringend erforderlich (vgl. auch B.III). Der Wissenschaftsrat erkennt an, dass gezielte personenbezogene Förderung aktuell im Bereich der Künstlichen Intelligenz, zum Teil auch allgemeiner unter dem Schlagwort Digitalisierung, zum Beispiel durch die Einrichtung neuer Professuren mittels Bundes- und Länderinitiativen oder die spezielle Förderlinie der DFG bereits praktiziert wird (vgl. A.IV.4). Auch in diesem Zusammenhang erachtet er es allerdings als notwendig, die Zugänglichkeit der reichhaltigen Initiativen für die verschiedenen Teilgebiete der Informatik kurzfristig sowie in näherer Zukunft hinsichtlich Förderlücken und neu hinzugekommener Bedarfe zu überprüfen sowie gegebenenfalls anzupassen.

Neben Spitzenforscherinnen und -forschern gilt es, dem **wissenschaftlichen Nachwuchs** besondere Aufmerksamkeit zu schenken, um den Bedarf an wissenschaftlichem Personal langfristig decken zu können und nachhaltigen Personal-aufbau zu betreiben. Dies ist in der aktuellen Situation, in welcher der starke Rückgang an Promotionen in jüngster Zeit (vgl. A.III) als Alarmsignal zu werten

|¹¹⁰ Vgl. Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Internationalisierung von Hochschulen, Köln 2018, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/7118-18.pdf>.

ist, von besonders großer Bedeutung: Ein Zusammenhang zur großen Nachfrage an Fachkräften außerhalb der Hochschulen und den damit verbundenen lukrativen Angeboten für Absolventinnen und Absolventen scheint auf der Hand zu liegen. Der Wissenschaftsrat empfiehlt daher die gezielte Anwerbung und Förderung von Doktorandinnen und Doktoranden aus dem In- und Ausland. Als vorbildhaft werden beispielsweise die verschiedenen Informatik-Themen gewidmeten Graduiertenkollegs an den Hochschulen sowie die zur Informatik bestehenden *International Max Planck Research Schools* angesehen. Ferner erscheint auch eine stärkere Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Fachhochschulen bzw. Dualen Hochschulen in Hinblick auf Informatik-Promotionen hilfreich. Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass in einem stark nachgefragten Bereich wie der Informatik die Ausschreibung von Stellen mit Tenure Track von großer Bedeutung ist, um durch planbarere und transparentere Karrierewege die Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit einer Tätigkeit im Wissenschaftssystem zu erhöhen. |¹¹¹

Sowohl auf der professoralen Ebene als auch auf der Ebene der wissenschaftlichen Mitarbeitenden und der Promovierenden gilt es, bei allen Maßnahmen großen Wert auf **Diversität** zu legen. Dies ist nicht nur im Sinne einer Ausschöpfung der verfügbaren Ressourcen mit Blick auf die Bedarfe des Arbeitsmarkts dringend geboten, sondern auch aufgrund der Diversität innewohnenden Innovationspotenzials sowie der Rolle, die Informatiksysteme und -produkte bei der Gestaltung der Gesellschaft spielen (vgl. auch B.III.1). Ein besonderes Augenmerk ist in diesem Zusammenhang auf die Rekrutierung und Förderung von **Informatikerinnen** zu richten. Diese sind aktuell durchweg noch stark unterrepräsentiert, Fortschritte konnten in den letzten Jahren nur in begrenztem Maß erzielt werden (vgl. A.II.2 und A.III). Vor diesem Hintergrund empfiehlt der Wissenschaftsrat den Forschungsförderern, spezielle Förderprogramme für Frauen aufzulegen beziehungsweise bestehende Ansätze auszubauen. Beispielhaft sei an dieser Stelle das Programm des BMBF zur Förderung von KI-Nachwuchswissenschaftlerinnen erwähnt. |¹¹² Auch die Bildung von Netzwerken an Hochschulen zur Unterstützung von Frauen ist zu begrüßen. Grundlagen hierfür sind bereits in Schule und Ausbildung zu legen (vgl. B.III.1).

|¹¹¹ Vgl. zum Thema Tenure Track Wissenschaftsrat: Empfehlungen zu Karrierezielen und -wegen an Universitäten, Köln 2014, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/4009-14.html>.

|¹¹² <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2502.html>.

Der Wissenschaftsrat schreibt der Forschung im Bereich Didaktik der Informatik eine wichtige Rolle beim dringend gebotenen Ausbau digitaler Bildung zu. Gleichzeitig sieht er sie dafür nicht ausreichend gerüstet. Vor diesem Hintergrund empfiehlt er

- _ den systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen,
- _ die Einrichtung mindestens einer Graduiertenschule, um qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs auszubilden und das Fachgebiet dauerhaft zu stärken,
- _ die Verankerung der Didaktik der Informatik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik (IPN) in Kiel sowie
- _ spezifische Förderprogramme für die Didaktik der Informatik im disziplinären und interdisziplinären Kontext.

Der Wissenschaftsrat sieht besonderen Unterstützungsbedarf für Forschung im Bereich der Didaktik der Informatik. Informatische Bildung ist ein zentraler Schlüssel, um den digitalen Wandel in der Gesellschaft und in der Wirtschaft erfolgreich, inklusiv und nachhaltig zu gestalten (vgl. ausführlich B.IV). Dazu ist eine starke Forschung im Bereich Didaktik der Informatik erforderlich. Ungeachtet punktueller Aktivitäten ist diese aus Sicht des Wissenschaftsrats aktuell unterentwickelt; insbesondere theoretische und empirische Forschungserkenntnisse im Bereich der informatischen Bildung sind bislang nur in sehr begrenztem Umfang vorhanden. Ferner wären Akzente in der Forschung sinnvoll, die sich dem Informatik-Studium selbst zuwenden. So könnte auch von dieser Seite ein Versuch zur Senkung der hohen Abbruchquoten unternommen werden.

Die Defizite in der Didaktik-Forschung sind nicht zuletzt personellen Engpässen geschuldet – die Anzahl der Professuren für Didaktik der Informatik wird von Fachleuten auf lediglich ca. 20–25 beziffert. |¹¹³ Aktuell gibt es bereits Bestrebungen zur Erhöhung dieser Zahl – so fördert beispielsweise die Carl-Zeiss-Stiftung die Einrichtung von fünf thematisch einschlägigen Stiftungsprofessuren in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz |¹¹⁴ –, allerdings betreffen die Engpässe auch den potenziell zu berufenden Personenkreis. Der Wissenschaftsrat sieht daher die Notwendigkeit, auf verschiedenen Ebenen anzusetzen: Zum einen empfiehlt er den Ländern einen **systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen**. Dies ist außer zur Stärkung der Forschung auch zur Ausbildung von Lehramtsstudierenden erforderlich (vgl. B.IV.1). Zum anderen empfiehlt der Wissen-

|¹¹³ Eine gesonderte Erfassung der Didaktik der Informatik durch das Statistische Bundesamt erfolgt nicht.

|¹¹⁴ <https://www.carl-zeiss-stiftung.de/german/weitere-foerderungen/professuren-informatik-und-didaktik.html>.

schaftsrat für die Aufbauphase die Einrichtung mindestens einer thematisch einschlägigen **Graduiertenschule**, um qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs auszubilden und das Fachgebiet dauerhaft zu stärken. Ein gezieltes Engagement durch die DFG – hier böte sich eine Erweiterung des Programms für die Informatik um diese Komponente an – oder im Bereich MINT aktiver Stiftungen würde der Wissenschaftsrat begrüßen.

Ferner setzt sich der Wissenschaftsrat dafür ein, am **Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und der Mathematik (IPN)** in Kiel die Didaktik der Informatik fest zu verankern. Das IPN ist ein national und international anerkanntes, interdisziplinär arbeitendes Zentrum naturwissenschaftlich-mathematischer Didaktik und Bildungsforschung. Eine Einbeziehung des MINT-Fachs Informatik erscheint nicht nur inhaltlich sinnvoll und konsequent, sondern würde auch der Forschung im Feld Didaktik der Informatik wichtige Impulse geben. Der Wissenschaftsrat unterstützt daher entsprechende Initiativen des Instituts in Richtung der Informatik nachdrücklich.

Schließlich wendet sich der Wissenschaftsrat an Bund und Länder mit der Empfehlung, spezifische **Förderprogramme** für die Didaktik der Informatik aufzulegen. Verschiedene Akzente im Bereich der theoretischen und empirischen Forschung, aber auch in Richtung der Entwicklung von Lehr- und Lernumgebungen sind dabei denkbar. Anreize zur interdisziplinären Zusammenarbeit, beispielsweise mit der Psychologie, der Medienpädagogik und insbesondere auch anderen Fachdidaktiken, könnten die Vernetzung der Didaktik der Informatik befördern.

1.4 Soziotechnische Aspekte der Informatikforschung

Informatiksysteme und -produkte prägen zunehmend die Gesellschaft. Daher muss die Informatik-Forschung immer öfter auch deren ethische, rechtliche, soziale und politische Implikationen einbeziehen. Zu diesem Zweck empfiehlt der Wissenschaftsrat:

- _ Maßnahmen zur Verbesserung von Vernetzung und Verankerung der entsprechenden Forschungsfelder innerhalb der Informatik
- _ Verstärkte Kooperation – aus der Informatik heraus – mit den Sozial-, den Rechts- und den Geisteswissenschaften durch Ausbau der Forschung und der Forschungsförderung sowie der Professuren an der Schnittstelle

Ein weiteres Feld, dem aus Sicht des Wissenschaftsrats besondere Aufmerksamkeit zukommen muss, ist mit den Schlagworten „Informatik und Gesellschaft“ beschrieben. Informatik gestaltet soziotechnische Systeme; die individuellen und gesellschaftlichen Auswirkungen ihrer Design-Entscheidungen sind von großer Tragweite. Eine zentrale Rolle spielt die erfolgreiche Nutzbarmachung von Technologien im Zusammenspiel von Mensch und Technik. Darüber hinaus sind Fragen des Schutzes der Privatheit, der in algorithmischen Entscheidungssystemen

verankerten Werte oder des Gebrauchs autonomer Waffen nur einige wenige Punkte, die sich mit informatischen Systemen und Produkten verbinden und doch die Bandbreite dieses Themenfeldes spiegeln. Auch die ökologische Nachhaltigkeit informatischer Produkte ist in diesem Zusammenhang zu nennen. Informatikerinnen und Informatiker müssen vor diesem Hintergrund für ihre Forschung zum einen über eine hohe Reflexionskompetenz hinsichtlich der Folgen des eigenen Tuns verfügen und zum anderen einen Blick für den gesellschaftlichen Kontext ihrer Forschung haben.

Dies erfordert eine besondere Berücksichtigung in der Ausbildung aller angehenden Informatikerinnen und Informatiker, um die entsprechenden Grundlagen zu legen (vgl. B.III.2). In der Forschungspraxis erachtet es der Wissenschaftsrat erstens für sinnvoll, innerhalb der Informatik Fortschritte zu erzielen: So gibt es hier bereits verschiedene ältere und jüngere Forschungsfelder, Strömungen und Ansätze, die sich gezielt soziotechnischer Aspekte der Informatik annehmen – sei es aus ethischer, gesellschaftlicher oder individueller (Nutzer-)Sicht. Zu nennen sind hier beispielsweise Requirements oder Usability Engineering, Human Machine Interface, Virtual/Augmented Reality, Human Computer Interaction, Sozioinformatik, Informatik und Gesellschaft, Ethik in der Informatik, erklärbare KI oder Datenprivatheit. Der Wissenschaftsrat rät angesichts der hohen gesellschaftlichen Relevanz informatischer Systeme und Produkte dazu, diese Ansätze in ihrer Diversität zu stärken und gleichzeitig die Zusammenarbeit der dazu Forschenden untereinander sowie mit anderen Bereichen der Informatik zu erhöhen, um mehr Schlagkraft und eine festere Verankerung in der Disziplin zu erreichen. Hierzu empfiehlt der Wissenschaftsrat gezielte Initiativen von Fachgesellschaften und Fachgemeinschaft, zum Beispiel in Gestalt einer konzeptionellen und strategischen Auseinandersetzung und Vernetzung der verschiedenen Gruppen von Forschenden über das Format der Perspektiven-Workshops auf Schloss Dagstuhl. Der Wissenschaftsrat ermuntert die Forschenden ferner dazu, entsprechende Förderformate wie zum Beispiel Schwerpunktprogramme der DFG für Fragestellungen zu soziotechnischen Aspekten der Informatik zu nutzen. Gleichzeitig gilt es, auch in weniger spezifische Forschungsprojekte die entsprechende Expertise einzubinden. Ein Weg dazu kann auch über entsprechende Schwerpunktsetzungen bei Neuausschreibungen von Professuren führen, zum Beispiel in den Bereichen Software Engineering, Künstliche Intelligenz oder des Designs von Algorithmen.

Zweitens können soziotechnische Aspekte informatischer Systeme vielfach nur in **interdisziplinärer Zusammenarbeit** erforscht werden. So sieht der Wissenschaftsrat insbesondere eine verstärkte Kooperation – aus der Informatik heraus – mit den Sozial-, den Rechts- und den Geisteswissenschaften als vielversprechend und wichtig an. Dabei ist eine Verankerung in der Informatik notwendig, um für die drängenden gesellschaftlichen Herausforderungen technisch optimale Informatik-Lösungen, welche die ethischen, rechtlichen, sozialen und politi-

schen Implikationen adäquat berücksichtigen, gewährleisten zu können. Wichtige Schritte sind in jüngerer Vergangenheit gegangen worden, um die gesellschaftlichen Auswirkungen des digitalen Wandels wissenschaftlich zu untersuchen. Dazu gehört die Gründung des Weizenbaum-Instituts für die vernetzte Gesellschaft als interdisziplinäre und grundlagenorientierte Forschungseinrichtung, aber auch die Einrichtung der Förderlinie „Künstliche Intelligenz – Ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft von morgen“ der Volkswagen-Stiftung oder die interdisziplinäre Konferenzreihe der *Association of Computing Machinery*, „*Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*“ (ACM FAccT), können als Good-Practice-Beispiele gelten. | ¹¹⁵ Der Wissenschaftsrat möchte die Forschungsförderer zur Konzeption weiterer entsprechender Programme und Initiativen ermutigen, in denen Informatikerinnen und Informatiker mit Vertreterinnen und Vertretern anderer Disziplinen zusammenarbeiten. Es ist dabei der Tatsache Rechnung zu tragen, dass stark interdisziplinäre Projekte bereits vor der Antragstellung längere Vorbereitungsphasen zur Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses und einer gemeinsamen Sprache benötigen und die Begutachtung der zugehörigen Projektanträge an besondere Herausforderungen geknüpft ist. Der Wissenschaftsrat empfiehlt den Forschungsförderern, dies bei der Konzeption entsprechender Programme zu berücksichtigen. | ¹¹⁶ In diesem Zusammenhang erscheinen auch einschlägige Graduiertenkollegs als geeignete Formate zur Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit. Zudem empfiehlt der Wissenschaftsrat den Hochschulen, als ein wichtiges Instrument zur Konsolidierung und Ausweitung einer informatischen Forschung, welche die soziotechnischen Aspekte von Informatiksystemen und -produkten berücksichtigt, **zusätzliche Lehrstühle an der Schnittstelle** zu den angesprochenen Disziplinen einzurichten, beispielsweise für Ethik in der IT, Recht in der IT oder Sozioinformatik. Ihre Ansiedlung innerhalb der Fachbereiche für Informatik kann ihnen eine wichtige Funktion bezüglich der Verankerung in der Fachkultur zukommen lassen sowie dazu beitragen, die informatisch-technische Seite an diesen Fragestellungen adäquat zur Geltung zu bringen.

| ¹¹⁵ Vgl. <https://weizenbaum-institut.de/>; <https://www.volkswagenstiftung.de/unsere-foerderung/unsere-foerderungangebot-im-ueberblick/kuenstliche-intelligenz-ihre-auswirkungen-auf-die-gesellschaft-von-morgen>; <https://facctconference.org/index.html>.

| ¹¹⁶ Vgl. Wissenschaftsrat: Wissenschaft im Spannungsfeld von Disziplinarität und Interdisziplinarität | Positionspapier (Drs. 8694-20), Köln 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8694-20.pdf>; Wissenschaftsrat: Zum Wandel in den Wissenschaften durch datenintensive Forschung | Positionspapier (Drs. 8667-20), Köln Oktober 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8667-20.pdf>.

Aus der akademischen Informatik werden wichtige Beiträge zu Innovationen geleistet. Unter Verweis auf die Notwendigkeit, die besondere Kürze der Innovationszyklen in der Informatik ebenso zu beachten wie Standards wissenschaftlicher Integrität und Transparenz, empfiehlt der Wissenschaftsrat zur besseren Ausschöpfung des innovativen Potenzials

- _ die längerfristige Förderung von Open-Source-Software und -Prototypen mit liberaler Lizenzierung,
- _ thematische Wettbewerbe,
- _ Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich des Personals sowie die Etablierung von Forschungs- und Innovationsökosystemen (vgl. B.I.2),
- _ weitere Formen der Zusammenarbeit mit Unternehmen sowie
- _ die Unterstützung und Förderung von Gründungen und unternehmerischer Tätigkeit von wissenschaftlichem Personal.

Informatikprodukte und -systeme spielen eine wesentliche Rolle für die Position des Innovationsstandorts Deutschland im internationalen Wettbewerb. Auch die akademische Informatik leistet hierfür wichtige Beiträge und wird ihrer Verantwortung vielfach durch ihre Offenheit für Anwendungsorientierung in der Forschung gerecht. |¹¹⁷ In der Fachkultur gibt es vielversprechende Ansätze, deren weitere Stärkung der Wissenschaftsrat als sinnvoll erachtet. Dies gilt erstens für die verbreitete Praxis, wissenschaftliche Aufsätze gemeinsam mit Artefakten beziehungsweise Prototypen zu veröffentlichen. Freie, quelloffene Software kann einfach und schnell angepasst sowie verbessert werden und gilt deshalb in besonderem Maße als innovationsoffen. Ein freier Zugang kann Software zudem bekannt machen und ihre Popularität befördern, ohne dass dies zwangsläufig wirtschaftliche Wertschöpfung verhindert, wie etwa die Beispiele von *Apache Spark* und *Apache Flink* (entwickelt an der *University of California* bzw. an der TU Berlin) zeigen. So ist *Apache Spark* – unter der Apache-Lizenz frei verfügbar – mittlerweile eines der meist genutzten Softwarepakete zur Datenanalyse und zum Maschinellen Lernen, dient aber gleichzeitig dem aus demselben Projekt hervorgegangenen Start-up Databricks als Grundlage. Open Source mit liberaler Lizenzierung erscheint für die Informatik im Besonderen geeignet, weil sie den kurzen Zyklen und niedrigen Entwicklungsaufwänden ihrer Innovationen Rechnung trägt. Vor diesem Hintergrund begrüßt der Wissenschaftsrat bereits existierende einschlä-

|¹¹⁷ Zum Begriff der Anwendungsorientierung vgl. Wissenschaftsrat: Anwendungsorientierung in der Forschung | Positionspapier (Drs. 8289-20), Berlin Januar 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf>.

gige Fördermaßnahmen, wie zum Beispiel Software-Sprint oder BaSys |¹¹⁸, und empfiehlt gleichzeitig den Forschungsförderern, diese Praxis durch das Setzen zusätzlicher Anreize für die Generierung von **Open-Source-Software und -Prototypen** in bestehenden Programmen allgemein stärker zu unterstützen. Zudem weist er darauf hin, dass es auch Ressourcen für eine langfristige Pflege und Wartung dieser Produkte bedarf. |¹¹⁹

Des Weiteren erscheint auch der Weg, Forschung über thematische **Wettbewerbe** weiterzuentwickeln, als unterstützenswerte Form der Förderung von Innovationspotenzial in der Informatik. Ein internationales Vorbild sind hier die Wettbewerbe der US-amerikanischen *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA); für die Zukunft setzt der Wissenschaftsrat in Deutschland Hoffnungen auf die Bundesagentur für Sprunginnovationen SPRIN-D. |¹²⁰ Auf einer anderen Ebene setzen sogenannte Hackathons an, Veranstaltungen zur kollaborativen Entwicklung von Soft- und Hardware, die häufig als Wettbewerbe organisiert sind und in jünger Vergangenheit auch von der Bundesregierung initiiert wurden. |¹²¹ Der Wissenschaftsrat rät Politik und der Fachgemeinschaft der Informatikerinnen und Informatiker, in dieser Richtung weiter aktiv zu bleiben.

Darüber hinaus sieht der Wissenschaftsrat weiteres Potenzial für Verbesserungen. Grundlegenden Erfolg verspricht er sich von einer **engeren Zusammenarbeit mit der Wirtschaft**. Zwei dafür im Falle der Informatik besonders aussichtsreiche Felder wurden bereits im Zusammenhang mit Fragen der Profilierung und Vernetzung sowie der Personalgewinnung thematisiert (vgl. B.I.1 und B.I.2): Zum einen ist dies die **Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich des Personals**, die der Wissenschaftsrat für alle Karrierestufen empfiehlt. Sie ist nicht nur für die Attraktivität von Stellen im Wissenschaftssystem von Belang, sondern kann gleichzeitig der wechselseitigen Befruchtung der beiden Sphären und so der Stärkung der Innovationskraft dienen. Dies gilt insbesondere für die Informatik mit ihren kurzen Innovationszyklen, die einen Transfer über Köpfe statt etwa über Patente erfolgsversprechender machen. Ähnlich positiv wirken sich aus Sicht des Wissenschaftsrats zum anderen **Forschungs- und Innovationsökosysteme** aus: Durch die räumliche Nähe und Vernetzung verschiedener wissenschaftlicher Einrichtungen und Firmen von Großunternehmen bis

|¹¹⁸ Vgl. <https://www.softwaresysteme.pt-dlr.de/de/software-sprint.php> und <https://www.softwaresysteme.pt-dlr.de/de/basys-4-0.php>.

|¹¹⁹ Vgl. dazu Wissenschaftsrat: Zum Wandel in den Wissenschaften durch datenintensive Forschung | Positionspapier (Drs. 8667-20), Köln Oktober 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8667-20.pdf>.

|¹²⁰ <https://www.darpa.mil/> und <https://sprind.org/>.

|¹²¹ <https://wirvsvirus.org/>.

hin zu Start-ups, unter Mitwirkung von Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft, gewinnt ein Standort an Stärke und innovativem Potenzial.

Der Wissenschaftsrat begrüßt jedoch auch **weitere Formen der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft** von unterschiedlicher Intensität und Dauer. So hat er an anderer Stelle bereits dazu aufgefordert, sowohl niedrigschwellig regelmäßige Begegnung und offenen Austausch zu fördern als auch nachhaltige Kooperationen zu ermöglichen. Auch sollten die Leitungen von Forschungseinrichtungen und Hochschulen längerfristig strategische Partnerschaften als ein wesentliches Instrument ihrer Entwicklungsplanung berücksichtigen. |¹²² Besonders sei an dieser Stelle auf das Potenzial der Fachhochschulen hingewiesen, gerade auch kleine und mittlere Unternehmen für eine Zusammenarbeit zu gewinnen, das zum wechselseitigen Gewinn ausgeschöpft werden kann. Erwähnt seien auch die guten diesbezüglichen Erfolge der Dualen Hochschulen im Bereich Informatik, für die Industriepartner systemimmanent sind.

Unter bestimmten Umständen erscheint es sinnvoll, die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft durch spezifische Förderformate zu unterstützen. Ein Good-Practice-Beispiel ist das Programm „Software Campus“, mit dem BMBF und Industriepartner gemeinsam Forschungsprojekte von Master- und Promotionsstudierenden fördern und diesen zusätzliches Training im Bereich der Methoden-, Sozial- und Führungskompetenzen anbieten. |¹²³ Auch eine spezifische Unterstützung von Einrichtungen an der Schnittstelle zum privaten Sektor (vgl. A.IV.2), welche sich in besonderer Weise dem Transfer widmen, wird als sinnvoll erachtet – auch dies besonders im Falle der Informatik, weil wiederum angesichts der dynamischen Entwicklung ein Transfer über Köpfe ermöglicht wird.

Neben einer engeren Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auf personeller wie institutioneller Ebene sieht der Wissenschaftsrat einen wichtigen Baustein zur Förderung des der Informatik innewohnenden Innovationspotenzials in der Unterstützung und Förderung von **Gründungen**. Über Gründungen können disruptive Technologien und Geschäftsmodelle den Weg aus der Wissenschaft auf den Markt finden. Auch sie stellen so eine Form des Transfers über Köpfe dar, wie er für die Informatik besonders geeignet erscheint. Gleichzeitig bieten Gründungen im Bereich der Informatik den Vorteil, dass sie vergleichsweise geringe Investitionskosten und Bedarfe an Infrastrukturen mit sich bringen – Vorteile, die im internationalen Vergleich noch nicht hinreichend ge-

|¹²² Vgl. Wissenschaftsrat: Anwendungsorientierung in der Forschung | Positionspapier (Drs. 8289-20), Berlin Januar 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf>.

|¹²³ Vgl. <https://softwarecampus.de/aktuelles/>.

nutzt werden. Vor allem das EXIST-Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, |¹²⁴ aber auch weitere Förderprogramme bieten Informatikerinnen und Informatikern bereits wertvolle Unterstützung, aus Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen heraus zu gründen. Wichtig ist, Studierenden wie wissenschaftlichem Personal eine **gründungsfreundliche Umgebung** an den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu bieten. Dies ist zunächst durch Gründungszentren, Inkubatoren, *Maker Spaces* und den Einsatz von Talentscouts möglich, die infrastrukturelle, ideelle und materielle Unterstützung anbieten. Auch Gründungswettbewerbe oder entsprechende Weiterbildungsangebote für den wissenschaftlichen Nachwuchs können von Bedeutung sein. Insgesamt ist hier in den letzten Jahren viel in Bewegung geraten. Der Wissenschaftsrat ermutigt die Einrichtungen, diesen Weg weiter zu gehen und dabei auf den Bereich Informatik/IT besonderen Wert zu legen. Gegebenenfalls können Zusammenschlüsse für virtuelle Gründerzentren, die gemeinsam Infrastrukturen bereitstellen, einzelne Hochschulen entlasten und gleichzeitig mehr Flexibilität ermöglichen.

Ferner hält der Wissenschaftsrat es für zentral, wissenschaftlichem Personal **Anreize zur Beteiligung am Gründungsgeschehen** zu bieten. So sollte es ermöglicht werden, neben der Professur auch unternehmerisch tätig zu sein, ohne dass dieses der Reputation abträglich ist und Interessenskonflikte im Zusammenhang mit Forschung und Lehre provoziert. Dazu bedarf es eines klaren, gründungs- und kooperationsfreundlichen Regelwerks an den jeweiligen Einrichtungen. Ferner ist die Anerkennung von Ausgründungen und unternehmerischer Tätigkeit beispielsweise im Kontext von Berufungsverhandlungen anzustreben. |¹²⁵ Schließlich setzt sich der Wissenschaftsrat dafür ein, dass auch in der akademischen **Lehre** Wert auf die Vermittlung von Wissen und Kompetenzen rund um das Thema Unternehmensgründung gelegt wird (vgl. dazu B.III.2).

Dem Wissenschaftsrat ist bewusst, dass vertiefte Beziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auch Fragen aufwerfen, insbesondere in Hinblick auf die Wissenschaftsfreiheit sowie Eigentumsrechte. Insgesamt ist daher stets darauf

|¹²⁴ Ziel von EXIST ist es, das Gründungsklima an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu verbessern. Darüber hinaus sollen die Anzahl und der Erfolg technologieorientierter und wissenschaftsbasierter Unternehmensgründungen erhöht werden, vgl. <https://www.exist.de/DE/Programm/Ueber-Exist/inhalt.html>.

|¹²⁵ Vgl. Achleitner, A.-K. et al.: Innovationskraft in Deutschland verbessern: Ökosystem für Wachstumsfinanzierung stärken, acatech Studie, München 2019. <https://www.acatech.de/publikation/innovationskraft-in-deutschland-verbessern/>. Vgl. darüber hinaus auch den erweiterten Kriterienkatalog zur Bewertung von Anwendungsorientierung in der Forschung in Wissenschaftsrat: Anwendungsorientierung in der Forschung | Positionspapier (Drs. 8289-20), Berlin Januar 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf>.

zu achten, dass zwar einerseits Innovation nicht durch zu enge Restriktionen in Hinblick auf Schutzrechte gehemmt wird, andererseits aber ein Engagement aus dem außerakademischen Raum den Interessen der akademischen Einrichtung langfristig entspricht und ihre Handlungsspielräume vergrößert, nicht beschränkt. Ferner ist es dem Wissenschaftsrat ein Anliegen, auch im Kontext der Perspektiven der Informatik daran zu erinnern, dass in jeder Zusammenarbeit die Eigenlogik von Forschung sowie die Standards wissenschaftlicher Integrität und forschungsethischer Praxis respektiert werden müssen. | ¹²⁶ Klare **Regelungen und Transparenz** hinsichtlich der Bedingungen einer Kooperation, auch gegenüber einer breiteren Öffentlichkeit, sind essenziell, um die Rechte wissenschaftlicher Einrichtungen zu sichern und das Vertrauen in die Wissenschaft nicht zu gefährden. In diesem Zusammenhang ermutigt der Wissenschaftsrat die Gesellschaft für Informatik, Musterlösungen zum Beispiel für den Rechtstransfer zwischen Forschenden, Hochschulen und Industrie zu erarbeiten, um diesen Prämissen Rechnung zu tragen und gleichzeitig innovationshemmende Effekte angesichts der kurzen Zyklen in der Informatik zu minimieren. Die einzelnen Kooperierenden und Hochschulen fordert der Wissenschaftsrat dazu auf, großen Wert auf klare Regelungen sowie die Kriterien der Transparenz und der Nachhaltigkeit der Zusammenarbeit zu legen.

B.III STUDIUM DER INFORMATIK

III.1 Zugewinn an Absolventinnen und Absolventen

In Deutschland besteht wie überall auf der Welt dringender Bedarf, mehr Absolventinnen und Absolventen für den inner- wie außerakademischen Arbeitsmarkt auszubilden. Vor diesem Hintergrund empfiehlt der Wissenschaftsrat:

- _ Die zusätzliche Gewinnung von Studierenden durch schulische Bildung und Aktivitäten aus den Hochschulen, ein breites Studienangebot sowie Angebote für Berufstätige und Quereinsteigerinnen und -einsteiger
- _ Intensivierung der Anstrengungen zur Gewinnung ausländischer Studierender
- _ Maßnahmen zur Senkung der Abbruchquoten, insbesondere durch das Schließen von Kompetenzlücken in der Studieneingangsphase
- _ Forschung und Durchführung von Studien zum Thema Studienabbruch
- _ Eine Strategie der Länder zum bedarfsgerechten Ausbau der Informatik-Studienplätze mit besonderem Augenmerk auf Auslastung und Streuung der Informatik-Studiengänge

| ¹²⁶ Vgl. Wissenschaftsrat: Anwendungsorientierung in der Forschung | Positionspapier (Drs. 8289-20), Berlin Januar 2020, S. 46, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8289-20.pdf>.

– Eine Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Curricula und der Curricularwerte für die Informatik in Hinblick auf eine verstärkte Berücksichtigung von Kleingruppen-, Projekt- und Laborarbeit

Informatikerinnen und Informatiker sind auf dem Arbeitsmarkt extrem nachgefragte Fachkräfte. Aktuell fehlen zuvorderst Software-Entwicklerinnen und -Entwickler, aber auch Expertinnen und Experten in der IT-Anwendungsberatung sowie in den Bereichen Data Science und IT-Sicherheit (vgl. A.V). Auch innerhalb des Wissenschaftssystems wird ihre Expertise vielfach benötigt. Zur Deckung dieses Bedarfs ist der seit Jahren kontinuierliche Anstieg der Studierendenzahlen nicht ausreichend. Daher ist der Wissenschaftsrat der Überzeugung, dass es massiver Anstrengungen bedarf, um **mehr Absolventinnen und Absolventen der Informatik** hervorzubringen. Auch im europäischen Vergleich besteht hier für Deutschland Aufholbedarf (vgl. A.II.1.e).

Der Wissenschaftsrat sieht vor diesem Hintergrund die dringende Notwendigkeit, den **Pool potenzieller Studierender der Informatik besser auszuschöpfen**. Als wichtigster Schlüssel hierzu wird eine informatische **Vorbildung im schulischen Kontext** angesehen (vgl. ausführlich B.IV.1). Die vielfältigen Angebote, die Fachgesellschaften, Verbünde und einzelne Hochschulen bereits ergreifen, um **Schülerinnen und Schüler für die Informatik zu begeistern** und die Bedeutung der Disziplin für alle Lebensbereiche deutlich werden zu lassen, können schulische Bildung nicht ersetzen. Dennoch begreift der Wissenschaftsrat diese Angebote als wichtige Beiträge, die er ausdrücklich würdigen möchte. Sie wirken als ein wichtiges Bindeglied zwischen Schule und Hochschule. Beispielhaft erwähnt seien die Bundeswettbewerbe für Informatik und der „Turing-Bus“ der Gesellschaft für Informatik, ein mobiles Bildungsangebot rund um Themen der Künstlichen Intelligenz für Schulen im ländlichen Raum. Auch zahlreiche Initiativen im Rahmen des BMBF-geförderten Nationalen Pakts für Frauen in MINT-Berufen „Komm, mach MINT“ von Experimentiertagen über Workshops bis hin zum Schnupperstudium fallen in diesen Kontext. Der Wissenschaftsrat möchte möglichst viele Lehrende zu derartigen Aktivitäten ermutigen sowie Hochschulen und Förderer zu deren Unterstützung anregen.

Einige dieser Aktivitäten haben das Ziel, die **Diversität** unter den Informatik-Studierenden zu erhöhen. Dies ist dem Wissenschaftsrat ein wichtiges Anliegen, um ein breiteres Spektrum an Personen anzusprechen und so mehr Menschen für ein Studium der Informatik zu gewinnen. Dies ist von Relevanz mit Blick auf die Situation auf dem Arbeitsmarkt ebenso wie auf die Teilhabe an gesellschaftlich einflussreichen Aufgaben und hat weitreichende Konsequenzen: Diversität birgt Innovationspotenzial und hat konkreten Einfluss auf die Gestaltung der Gesellschaft durch Informatiksysteme und Produkte, sei es beispielsweise in Hinblick auf nutzerspezifische Anforderungen in der Mensch-Computer-Interaktion oder den Einsatz von Algorithmen. Auch direkt an den Hochschulen können aus Sicht

des Wissenschaftsrats Beiträge zur Erhöhung der Diversität geleistet werden. Erstens empfiehlt er hierzu ein **breites Studienangebot**, das verschiedenen Interessen und Bedürfnissen gerecht wird, ohne sich dabei in Beliebigkeit und Überspezialisierung zu verlieren (vgl. auch B.III.2). So sollte beispielsweise berücksichtigt werden, dass die Kombination der Informatik mit bestimmten anderen Fächern beziehungsweise Themen (Medien, Medizin, Biologie) offenkundig die Attraktivität der Disziplin für Frauen erhöhen kann (vgl. A.II.1.b). Zweitens gilt es zu bedenken, dass nicht zuletzt angesichts der aussichtsreichen Lage auf dem Arbeitsmarkt die Informatik auch für **Berufstätige** (zum Beispiel in diesem Bereich beruflich Ausgebildete) und **Quereinsteigerinnen und Quereinsteiger** mit anderen fachlichen Hochschulabschlüssen von besonderem Interesse sein kann – dies umso mehr, als die Informatik ohnehin zu den Feldern mit einer hohen sozialen Durchlässigkeit gehört (vgl. A.II.1.b). Auch führt die Situation auf dem Arbeitsmarkt dazu, dass Studierende vielfach bereits für eine umfangreiche Tätigkeit als Werkstudierende gewonnen werden, für die zeitliche Flexibilität im Studienverlauf vonnöten sein kann. Es müssen daher ausreichend Angebote bereitstehen, die diesen Szenarien Rechnung tragen und zum Beispiel ein berufsbegleitendes oder Teilzeitstudium ermöglichen.

Besonders anzusprechen sind zudem **ausländische Studierende**. Ihre Zahl liegt im Studienbereich Informatik zwar bereits höher als über alle Studienbereiche hinweg (vgl. A.II.1.b), dennoch ist hier aus Sicht des Wissenschaftsrats weiteres Potenzial vorhanden. Dies gilt insbesondere auch für den Bachelorbereich. In diesem Sinne empfiehlt der Wissenschaftsrat den Hochschulen, das englischsprachige Studienangebot im Bereich Informatik weiter auszubauen und Strategien zur gezielten Anwerbung ausländischer Studierender zu entwickeln. Gleichzeitig ist es – um eine spätere Integration in den deutschen Arbeitsmarkt zu unterstützen – dringend geboten, ein Gesamtkonzept für das Studium dieser Studierenden zu etablieren, das einen erfolgreichen Abschluss sowie eine spätere Integration in den deutschen Arbeitsmarkt unterstützt. Dazu gehören Sprachkurse, Eingangskurse zum Kompetenzangleich wie zur Landeskunde sowie Angebote zur Begleitung und Vernetzung. |¹²⁷

Neben den Maßnahmen zur verbesserten Ausschöpfung des Pools potenzieller Studierender der Informatik hält es der Wissenschaftsrat zudem für dringend angeraten, auf dem Weg zu mehr Absolventinnen und Absolventen **unter Wahrung des Qualitätsanspruchs mehr Studierende zu einem erfolgreichen Studi-**

|¹²⁷ Vgl. Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Internationalisierung von Hochschulen, Köln 2018, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/7118-18.pdf>, und Wissenschaftsrat: Empfehlungen zur Gewinnung, Integration und Qualifizierung internationaler Studierender. Dritter Teil der Empfehlungen zur Qualifizierung von Fachkräften vor dem Hintergrund des demographischen Wandels (Drs. 5437-16), Kiel Juli 2016, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/5437-16.pdf>.

enabschluss zu führen. Dem stehen aktuell die hohen Studienabbruchquoten im Studienbereich Informatik (vgl. A.II.1.d) entgegen. Auch in diesem Kontext weist der Wissenschaftsrat daher auf die hohe Relevanz schulischer Bildung im Bereich Informatik (vgl. B.IV.1) hin: Sie kann frühzeitig wichtige Grundkenntnisse anlegen und realistische Vorstellungen von einem Informatik-Studium vermitteln. Darüber hinaus rät der Wissenschaftsrat den Hochschulen zur **Erprobung und Nutzung möglichst vieler Instrumente gegen den Studienabbruch.** | ¹²⁸ Als besonders geeignet erscheint im Falle der Informatik, der Studieneingangsphase erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen und durch gezielte Maßnahmen Kompetenzausgleich (sowohl im Bereich der Informatik als auch der Mathematik) zu erreichen, da die Vorkenntnisse bei den Studienanfängerinnen und -anfängern vielfach als ungenügend wahrgenommen werden und durch große Unterschiede gekennzeichnet sind (vgl. A.V). Hierbei kann es sich um Vor- und Unterstützungskurse handeln, aber auch um die Möglichkeit eines Vorschaltjahrs zwischen Schule und Fachstudium, wie es beispielsweise die TU Berlin als Orientierungsstudium für verschiedene MINT-Fächer anbietet. | ¹²⁹ Darüber hinaus sollten auch die Maßnahmen zur persönlichen Begleitung und Beratung der Studierenden, insbesondere der weiblichen, ausgeweitet werden. Schließlich können freiwillige Eingangs- und Eignungstests (*self assessment*) ein sinnvolles Mittel sein, um potenziellen Studierenden eine Möglichkeit zur Überprüfung ihrer Studienwahl zu bieten, aber auch um frühzeitig Defizite zu erkennen, die so gezielter bearbeitet werden können.

Um hierzu langfristig ein evidenzbasiertes Handeln zu ermöglichen, empfiehlt der Wissenschaftsrat begleitende Forschung durch die Didaktik der Informatik im interdisziplinären Verbund sowie die Durchführung von **Studien zum Thema Studienabbruch in der Informatik** durch die Gesellschaft für Informatik, den Fakultätentag und den Fachbereichstag Informatik.

| ¹²⁸ Laut einer Studie des Centrums für Hochschulentwicklung (CHE) wird im Studienbereich Informatik bereits recht häufig versucht, mit Vor- und Brückenkurse gegenzusteuern; individuelle Begleitung und Mentoring, aber auch Eingangstests sind deutlich weniger verbreitet. Vgl. Hil, L.; Key, O.: Orientierung und Unterstützung zum Studieneingang. Umsetzungsstand an deutschen Hochschulen, CHE Arbeitspapier Nr. 226, September 2019, http://www.che.de/downloads/CHE_AP_226_Studieneingang.pdf. Vgl. auch die Good-Practice-Beispiele bei Key, O. et al.: Modellansätze ausgewählter Hochschulen zur Neugestaltung der Studieneingangsphase. Fachgutachten hrsg. v. der Hochschulrektorenkonferenz, März 2018, https://www.hrk-nexus.de/fileadmin/redaktion/hrk-nexus/07-Downloads/07-02-Publikationen/CHE_07032018_final.pdf. Im Rahmen des Qualitätspakts Lehre wurden und werden zudem zahlreiche Projekte zum Thema Studieneingangsphase gefördert, vgl. die Projektdatenbank <https://www.qualitaetspakt-lehre.de/de/projekte-im-qualitaetspakt-lehre-suchen-und-finden.php>. Zudem befasst sich eine Arbeitsgruppe des Wissenschaftsrats auf fachübergreifender Ebene aktuell mit dem Thema „Rahmenbedingungen für Lehr- und Studienqualität“ und in diesem Zusammenhang auch mit der Studieneingangsphase; Ergebnisse werden voraussichtlich 2021 vorliegen.

| ¹²⁹ <https://www.mintgruen.tu-berlin.de/startseite/>.

Im Zusammenhang mit allen Maßnahmen zur Erhöhung der Zahl der Absolventinnen und Absolventen erachtet es der Wissenschaftsrat auch als essenziell, auf die **Bedingungen des Studiums** zu blicken. So könnte ein möglicher Schlüssel für die hohen Abbruchquoten darin begründet liegen, dass mit der gestiegenen Anzahl an Studierenden das Wachstum auf Seiten der Professorinnen und Professoren sowie der wissenschaftlichen Mitarbeitenden bei Weitem nicht Schritt gehalten hat (vgl. A.II.2 mit Abbildung 5). Dies gilt besonders deutlich für die Professorinnen und Professoren an Universitäten. In dieser Situation steht zu befürchten, dass die Möglichkeit individueller Begleitung und Förderung leidet, wenn an manchen Standorten mit einer sehr hohen Zahl an Studienanfängerinnen und -anfängern umzugehen ist. Da hier gleichzeitig Rückwirkungen auf die Möglichkeiten der Personalrekrutierung existieren, wenn angesichts der Belastung durch hohe Studierenden- und Doktorandenzahlen an manchen Standorten die Attraktivität von Stellen sinkt (vgl. B.I.2), erscheint ein substanzieller Ressourceneinsatz dringend geboten.

Vor diesem Hintergrund und da davon auszugehen ist, dass der Aufwuchs bei den Studierenden nicht als temporär anzusehen ist, rät der Wissenschaftsrat den Hochschulen, im Falle einer Überlast das Gespräch mit dem jeweiligen Land zu suchen, und bittet die Länder, die **Zahl der Studienplätze an diesen Standorten bedarfsgerecht auszubauen**. Solange dies nicht der Fall ist, ist die Einführung eines Numerus Clausus in Erwägung zu ziehen, um Überlast zu vermeiden: Auch wenn der Wissenschaftsrat es in Hinblick auf die Bedarfe auf dem Arbeitsmarkt für notwendig hält, grundsätzlich allen Interessierten ein Studium der Informatik zu ermöglichen, sollte ein Defizit bei der Betreuung und eine lokal weit überdurchschnittliche Belastung für die Lehrenden nicht in Kauf genommen werden, sondern davon ausgegangen werden, dass sich Interessierte im Falle einer Numerus Clausus-Hürde auch an weniger ausgelastete Hochschulen wenden würden. Dazu erachtet es der Wissenschaftsrat auch als sinnvoll, Informatik-Studiengänge an den wenigen Universitäten mit breitem Profil zu etablieren, an denen dies bis jetzt nicht der Fall ist, und sie an solchen Standorten, an denen die Informatik bisher eine eher randständige Rolle einnimmt, auszubauen. Dies trägt der beschriebenen Bedeutung der Informatik als Querschnittsdisziplin Rechnung und kann dazu beitragen, eine Konzentration der Studierenden auf wenige große Standorte zu verringern. Gleichzeitig sollte Informatik an weiteren **Fachhochschulen** in einem ähnlichen Umfang aufgebaut werden, um auch hier potenziellen Studierenden ein entsprechendes Angebot bieten zu können und die als angemessen bewertete Balance zwischen den Hochschultypen in Bezug auf die Informatik zu erhalten. Der Wissenschaftsrat ersucht die Länder zu diesem Zweck, gemeinsam mit den Hochschulen eine **ganzheitliche Strategie für ihre Standorte mit besonderem Augenmerk auf Auslastung und Streuung der Informatik-Studiengänge zu entwickeln** und die Hochschulen im Sinne der genannten Ziele zu unterstützen. In diesem Zusammenhang empfiehlt der Wissen-

schaftsrat ferner eine **Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Curricula und der Curricularwerte** für die Informatik in Hinblick auf eine verstärkte Berücksichtigung von Kleingruppen-, Projekt- und Laborarbeit, welche der inhaltlichen Entwicklung des Fachs ebenso entspräche wie der Notwendigkeit zu einer besseren Betreuung angesichts der hohen Abbruchquoten.

III.2 Studienangebot und Inhalte

Der Wissenschaftsrat befürwortet angesichts der Situation auf dem Arbeitsmarkt ein breites Studienangebot im Studienbereich Informatik, wobei Spezialisierungen und das Forschungsprofil der Einrichtung möglichst korrespondieren sollten. Auch eigene Studiengänge an der Schnittstelle von Informatik und Gesellschaft sollten dazu gehören. Ein besonderer zusätzlicher Bedarf wird im Bereich Data Science und Lehramt Informatik gesehen. In Hinblick auf die Studieninhalte empfiehlt der Wissenschaftsrat Folgendes:

- _ Berücksichtigung von Dynamik und Geschwindigkeit in der Entwicklung der Disziplin auch in den Curricula
- _ Einbeziehung von Input in die Lehrprozesse aus der Praxis
- _ Ein verpflichtendes Grundlagenmodul zur Vermittlung von Reflexionskompetenzen in Bezug auf gesellschaftliche, ökonomische und ökologische sowie ethische und rechtliche Aspekte von Informatiksystemen
- _ Vermittlung von Perspektiven, Methoden und Erkenntnissen jenseits der eigenen Disziplin
- _ Fachübergreifende Projektarbeit
- _ Angebot einer Entrepreneurship-Ausbildung

Auch bei einer weiteren Erhöhung der Zahl der Studierenden muss gesichert werden, dass die Ausbildung qualitativ hochwertig bleibt, sich entsprechend den Veränderungen in der Disziplin kontinuierlich weiterentwickelt und den Anforderungen des Markts gerecht wird. Der Wissenschaftsrat begrüßt grundsätzlich ein **breites Angebot im Studienbereich Informatik**, das verschiedenen Interessen und Bedürfnissen bezüglich inhaltlicher Schwerpunktsetzung wie Formaten gerecht wird, um möglichst viele Studieninteressierte für das Fach zu gewinnen (vgl. B.III.1). | ¹³⁰ Es ist dabei anzustreben, dass Spezialisierungen in der Lehre und

| ¹³⁰ Angesichts der Situation auf dem Arbeitsmarkt hält der Wissenschaftsrat die von ihm an anderer Stelle deutlich gemachte kritische Position gegenüber einer hohen Ausdifferenzierung und Spezialisierung der Studiengänge im Bachelorbereich (vgl. Wissenschaftsrat: Empfehlungen zum Verhältnis von Hochschulbildung und Arbeitsmarkt. Zweiter Teil der Empfehlungen zur Qualifizierung von Fachkräften vor dem Hintergrund des demographischen Wandels (Drs. 4925-15), Bielefeld Oktober 2015, S. 98, <http://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/4925-15.pdf>) im konkreten Fall der Informatik für von nachgeordneter Bedeutung: Eine Gefahr, den Berufseinstieg und die berufliche Entwicklung zu erschweren, ist bei Beachtung der Vermittlung bestimmter Grundlagen hier nicht gegeben.

das Forschungsprofil der Einrichtung beziehungsweise des Fachbereichs korrespondieren. Den Fachhochschulen empfiehlt der Wissenschaftsrat, ihr spezifisches, anwendungsorientiertes Profil im Studienangebot für die Informatik deutlicher als bisher zu konturieren.

Besonderen Bedarf zur Ausweitung des bestehenden Studienangebots sieht der Wissenschaftsrat angesichts der Situation auf dem Arbeitsmarkt für interdisziplinäre Angebote im Bereich **Data Science**. Über die notwendigen Inhalte haben sich jüngst ausführlich die Gesellschaft für Informatik und in knapper Form auch die Gesellschaft für Statistik geäußert. |¹³¹ Zentral erscheint es aus Sicht des Wissenschaftsrats an dieser Stelle, gemeinsame Konzepte zu entwickeln, wie solche Studiengänge auch strukturell-organisatorisch gemeinschaftlich aufgebaut und in echter Interdisziplinarität verantwortet werden.

Ein weiterer Bereich, der einen Ausbau des bestehenden Angebots erfordert, ist das **Informatik-Studium auf Lehramt** (vgl. dazu B.IV.1).

Zur Gestaltung der Studiengänge in ihrer Verschiedenartigkeit bieten die Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik eine gute Orientierung bezüglich der erforderlichen Kompetenzen und möglichen Strukturen (vgl. Fußnote 21). Auf einige Punkte möchte der Wissenschaftsrat allerdings besondere Aufmerksamkeit lenken:

- _ Angesichts der **Dynamik und Geschwindigkeit**, in welcher sich die Informatik entwickelt und verändert, gilt es, die Curricula häufiger als in anderen Fächern zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Im Zuge dieser Prüfung ist auch der Abschied von Tradition gewordenen Inhalten zu reflektieren und als Chance zu begreifen, ohne auf der anderen Seite die grundlegenden Bereiche der Informatik zu vernachlässigen. Einzelne Module sollten so offen gestaltet werden, dass hier flexibel und kurzfristig auf neue Entwicklungen reagiert werden kann. Gegebenenfalls ist dies über ein breites Angebot an Wahlmodulen zu realisieren, die in kürzeren Abständen und mit geringerem Aufwand angepasst werden können als ganze Curricula.
- _ Der Wissenschaftsrat begrüßt es, über bezahlte Lehrbeauftragte aus Unternehmen zusätzlich **Input aus der Praxis** einzuholen. Diese dürfen nicht als Ersatz für fehlendes Personal betrachtet werden, sondern müssen gezielt für die Vermittlung spezifischen Schnittstellenwissens eingesetzt werden. Lehraufträge sind auch ein geeigneter Weg zur Integration von Start-ups, deren Interesse an solch einer Tätigkeit mit Blick auf Personalrekrutierung groß ist, in die Lehre.

| ¹³¹ Gesellschaft für Informatik (GI) e.V.: Data Science: Lern- und Ausbildungsinhalte. Arbeitspapier, Dezember 2019, https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/GI_Arbeitspapier_Data-Science_2019-12_01.pdf; Deutsche Statistische Gesellschaft (DStatG): Die Rolle der Statistik für Big Data, Data Literacy, Machine Learning, KI, Analytics und Data Science. Positionspapier, Dezember 2019, <https://dstatg.de/positionspapier-die-rolle-der-statistik-fuer-big-data-data-literacy-machine-learning-ki-analytics-und-data-science>.

Der Bezug zur Praxis wie die Attraktivität des Studiums können zudem erhöht und verbessert werden, indem durch Kooperationen mit Praxispartnerinnen und -partnern **Zugang zu realen Problemstellungen** ermöglicht wird, an denen die Studierenden arbeiten können.

- _ Der Wissenschaftsrat erachtet es als unabdingbar, dass Studierende **Kompetenzen in Bezug auf gesellschaftliche, ökonomische und ökologische sowie ethische und rechtliche Aspekte von Informatiksystemen** erwerben. Zukünftig sollen nach Vorstellung des Wissenschaftsrats keine Studierenden der Informatik mehr die Hochschule verlassen, ohne sich vertieft mit diesen Themen auseinandergesetzt zu haben. Der Wissenschaftsrat empfiehlt daher ein entsprechendes **verpflichtendes Grundlagenmodul** im Studium der Informatik. Nur so können die Studierenden von Beginn an für die individuellen und gesellschaftlichen Auswirkungen ihrer Ergebnisse und ihre hohe soziale Gestaltungsmacht als Informatikerinnen und Informatiker sensibilisiert werden sowie entsprechende Kompetenzen zur Reflexion ihrer Rolle und ihres Tuns erwerben.
- _ **Auch eigene Studiengänge an der Schnittstelle von Informatik und Gesellschaft** werden in diesem Zusammenhang in gewissem Umfang als sinnvoll erachtet, zum Beispiel in Kooperation mit der Soziologie oder der Rechtswissenschaft. Der Wissenschaftsrat sieht steigenden Bedarf an Spezialistinnen und Spezialisten, die zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und anderen Teilen der Gesellschaft vermitteln können. Er regt an, eine entsprechende Schwerpunktsetzung im Rahmen von Profilbildungsprozessen an den Hochschulen in Erwägung zu ziehen.
- _ Der Wissenschaftsrat hält es für wichtig, dass Studierende der Informatik auch mit anderen **Perspektiven, Methoden und Erkenntnissen jenseits ihrer eigenen Disziplin** konfrontiert werden. Der Blick von einer anderen Warte auf die eigene Fachkultur bietet Chancen zur Horizonterweiterung wie zur Reflexion von deren Spezifika und Grenzen. |¹³² Auch sind daraus gewonnene Schnittstellenkompetenzen im späteren Berufsleben von zentraler Bedeutung. Diese können auf verschiedenen Wegen erworben werden, die jeweils ihren eigenen Wert haben – sei es über ein Studienangebot, das die Wahl von Haupt- und Nebenfach erlaubt, aber auch durch interdisziplinäre Studiengänge. Besondere Erfolge lassen sich zudem durch interdisziplinäre Lehrveranstaltungen, die von wissenschaftlichem Personal unterschiedlicher Fachrichtungen in gemeinsamer Verantwortung getragen werden (**Team-Teaching**) erzielen. Sie können zudem den zusätzlichen Effekt haben, Studierende anderer Fächer für Informa-

| ¹³² Vgl. Wissenschaftsrat: Wissenschaft im Spannungsfeld von Disziplinarität und Interdisziplinarität | Positionspapier (Drs. 8694-20), Köln 2020, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8694-20.pdf>.

tik-Themen zu sensibilisieren und gegebenenfalls für informatiknahe Tätigkeiten in ihrem späteren Berufsleben zu qualifizieren. Vor diesem Hintergrund erscheint der Einsatz zusätzlicher Ressourcen für Team-Teaching auch in der speziellen Situation der Informatik gerechtfertigt. |¹³³

- _ Studierende der Informatik können zudem aus Sicht des Wissenschaftsrats stark von **fächerübergreifender Projektarbeit** profitieren. Sie führt sie näher an ihren späteren Arbeitsalltag heran und vermittelt wichtige Kompetenzen wie etwa im Bereich der Teamfähigkeit und Agilität. Als ein möglicher Weg sei die Methodik der menschenzentrierten Gestaltung erwähnt, die sich insbesondere im interdisziplinären Schnittbereich aus Informatik, Design und Psychologie etabliert hat. Studierende können mithilfe derartiger Prozesse im Rahmen von Lehrveranstaltungen in multi-disziplinären Teams nutzer- und bedarfsorientiert an realen Aufträgen aus der Praxis arbeiten. Dergleichen wird beispielsweise über den Ansatz des Design Thinking am Hasso-Plattner-Institut in Potsdam verfolgt und angewandt. |¹³⁴ Derlei Projektformate können gemeinsam mit flankierenden Angeboten auch im Sinne einer **Entrepreneurship-Ausbildung** genutzt werden, um Studierenden der Informatik bereits früh die Option der Unternehmensgründung nahe zu bringen und das nötige Know-how zu vermitteln.

B.IV INFORMATISCHE BILDUNG

IV.1 Schulische Bildung

Der Wissenschaftsrat sieht informatische Bildung als zentralen Schlüssel an, um den digitalen Wandel in der Gesellschaft erfolgreich, inklusiv und nachhaltig zu gestalten. Vor diesem Hintergrund ermutigt er die Länder,

- _ die schnelle und flächendeckende Einführung informatischer Bildung in den Schulen noch stärker zu priorisieren, als dies bisher vorgesehen ist.

Um die Hochschulen zur Ausbildung und Begleitung für den schulischen Bereich zu rüsten, empfiehlt der Wissenschaftsrat

- _ den systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen sowie mindestens eine Graduiertenschule für Didaktik der Informatik (vgl. B.I.3) und

|¹³³ Vgl. ebd.

|¹³⁴ <https://hpi.de/school-of-design-thinking.html>.

– die Ausweitung der Zahl der möglichen Studienorte für Lehramtsstudierende der Informatik.

Eine Teilhabe an politischen, kulturellen und ökonomischen Prozessen innerhalb der Gesellschaft wird in Zukunft vermehrt voraussetzen, dass Kompetenz im Umgang mit und zur Analyse, Reflektion und Gestaltung von digitalen Artefakten vorhanden ist. |¹³⁵ Diese digitale Mündigkeit wiederum ist die Voraussetzung für eine funktionierende Demokratie wie für eine starke Wirtschaft. In diesem Sinne sieht der Wissenschaftsrat informatische Bildung als zentralen Schlüssel an, um den digitalen Wandel in der Gesellschaft erfolgreich, inklusiv und nachhaltig zu gestalten. Aktuell deuten verschiedene Studien darauf hin, dass die Ist-Situation nur als unzureichend bezeichnet werden kann (vgl. A.V).

Zwar beobachtet der Wissenschaftsrat einen recht weitgehenden Konsens in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft darüber, dass eine Ausweitung der Vermittlung informatischen Wissens und informatischer Kompetenzen in der Schule vonnöten ist – konkret haben beispielsweise immer mehr Landesregierungen zuletzt beschlossen, in kleinen Schritten zukünftig verpflichtenden Informatik-Unterricht einzuführen (vgl. A.V). Zweifel sind angebracht, ob die Geschwindigkeit dieser positiven Entwicklung ausreicht angesichts der Tatsache, dass Deutschland noch weit entfernt ist von einer flächendeckenden und kontinuierlichen Vermittlung informatischer Bildung an alle Schülerinnen und Schüler. Auch im europäischen Vergleich besteht Nachholbedarf. Neben dem übergeordneten Ziel einer digitalen Mündigkeit aller Bürgerinnen und Bürger hält der Wissenschaftsrat schulische informatische Bildung aber auch vor dem Hintergrund der Notwendigkeit, mehr Absolventinnen und Absolventen von Informatik-Studiengängen hervorzubringen, für dringend erforderlich: Über Informatik-Unterricht in der Schule können bei Schülerinnen und Schülern frühzeitig Begeisterung für das Fach geweckt und ein diverserer Kreis an Interessierten für ein Studium gewonnen werden. Auch kann die schulische Bildung einen Beitrag zur Senkung der Studienabbruchsquoten im Studienbereich Informatik leisten, indem frühzeitig Grundkenntnisse und realistische Vorstellungen von einem Informatik-Studium vermittelt werden (vgl. B.III.1). **Der Wissenschaftsrat ermutigt die Länder, die schnelle und flächendeckende Einführung informatischer Bildung in den Schulen noch stärker zu priorisieren, als dies bisher vorgesehen ist.** |¹³⁶

|¹³⁵ Vgl. Brinda, T. et al.: *Frankfurt-Dreieck* zur Bildung in der digital vernetzten Welt. Ein interdisziplinäres Modell, 2019, http://gfmedienwissenschaft.de/sites/gfm/files/file/2019-07/Frankfurt-Dreieck%20zur%20Bildung%20in%20der%20digitalen%20Welt_final.pdf.

|¹³⁶ Der Wissenschaftsrat begrüßt in diesem Zusammenhang den Beschluss der Bundesregierung zur Erweiterung des Katalogs der förderfähigen Investitionen auf die Ausbildung und Finanzierung von Administratoren an den Schulen, wenn die Länder im Gegenzug die digitale Weiterbildung der Lehrkräfte verstärken. Vgl.

Der aktuelle und zukünftige Ausbau des Informatikunterrichts an den Schulen sowie die integrative Vermittlung entsprechender Inhalte hat **Konsequenzen für die Universitäten** – in Hinblick auf die Ausbildung von Lehrkräften sowie auf die benötigte Forschung im Bereich der Didaktik der Informatik. Der Wissenschaftsrat hält eine Auseinandersetzung damit für dringend geboten, um informatische Bildung erfolgreich in den Schulen umsetzen zu können.

Auf die defizitäre Situation im Bereich der Didaktik der Informatik wurde aus der Perspektive der Forschung bereits eingegangen (vgl. B.I.3). Es besteht jedoch nicht nur ein dringender Bedarf an zusätzlicher Forschung, sondern auch an Kräften, die für die Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern im Fach Informatik und für die Vermittlung von Informatik-Kompetenzen an alle Studierenden mit dem Abschlussziel Lehramt zuständig sind. Angesichts der aktuell geringen Zahlen an Absolventinnen und Absolventen sowie Studierenden mit dem Abschlussziel Lehramt (vgl. A.II.1.a) gilt dies umso mehr in Hinblick auf eine Ausweitung des Informatik-Unterrichts. |¹³⁷

Vor diesem Hintergrund empfiehlt der Wissenschaftsrat zum einen den Ländern einen **systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen**. Ein solcher Ausbau wäre die Grundlage für die Ausbildung von deutlich mehr Informatik-Lehrerinnen und -Lehrern, von deren Bedarf für die Zukunft ausgegangen werden muss. Darüber hinaus werden zur kurzfristigen Deckung des Bedarfs Kapazitäten benötigt, um die Weiterbildung beziehungsweise Nachqualifikation von Lehrkräften anderer Fächer zu leisten. Dies gilt auch für die Vermittlung von Elementen informatischer Bildung an alle Lehramtsstudierende – beispielsweise über ein entsprechendes Basismodul. Darüber hinaus würde der Ausbau der Professuren der Didaktik der Informatik mehr Forschung ermöglichen (vgl. B.I.3) sowie die Qualität der Lehramtsstudiengänge Informatik steigern, die aktuell vielfach von anderen Lehrstühlen mitbetreut werden.

Gleichzeit empfiehlt der Wissenschaftsrat eine **Ausweitung der Zahl der möglichen Studienorte** für Lehramtsstudierende der Informatik. Dies kann dazu bei-

Konjunktur- und Zukunftspaket der Bundesregierung vom 3. Juni 2020, https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile.

|¹³⁷ Berechnungen gehen davon aus, dass für die Einführung eines Pflichtfachs Informatik von der Grundschule bis zur Sekundarstufe II, wie etwa in Großbritannien bereits etabliert, rund 24 Tsd. zusätzliche Informatiklehrer benötigt würden. Auch nur die Einführung eines Wahlfachs Programmieren für die Klassen 8, 9 und 10 in der Sekundarstufe I sowie der Sekundarstufe II im Umfang von jeweils zwei Wochenstunden würde bereits zu einem zusätzlichen Bedarf von 4 000 Lehrkräften führen, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V. (Hrsg.): Höhere Chancen durch höhere Bildung? Jahresbericht 2017/18 – Halbzeitbilanz 2010 bis 2015. Hochschul-Bildungs-Report 2020 in Kooperation mit McKinsey & Company, Essen 2017, S. 85–86, <https://www.stifterverband.org/download/file/5047>.

tragen, dass zusätzliche Personen für dieses Studium gewonnen werden können, indem mehr Kombinationsmöglichkeiten der Informatik mit anderen Studienfächern möglich werden oder weniger Mobilität bei der Wahl des Studienorts erforderlich ist.

Um den für den angedachten Aufwuchs auf der Ebene der Professuren benötigten wissenschaftlichen Nachwuchs zu gewinnen, empfiehlt der Wissenschaftsrat zudem für die Aufbauphase die Einrichtung mindestens einer **Graduiertenschule** für Didaktik der Informatik (vgl. B.I.3).

IV.2 Weiterbildung und Lehrexport

Der Wissenschaftsrat sieht die gesellschaftliche und wirtschaftliche Notwendigkeit zu einem Engagement der Informatik im Bereich Weiterbildung und Lehre für andere Disziplinen. Er empfiehlt den Hochschulen sowohl spezifische Kurse für ein gut vorgebildetes Fachpublikum als auch zeitlich und örtlich flexible Studiengänge verstärkt anzubieten. Ferner ist ein umfangreicher Lehrexport vonnöten, um fachfremden Studierenden, die dies für ihre eigenen Disziplinen brauchen, Informatikmethoden zu vermitteln. Dies muss in Hinblick auf den Ressourcenbedarf berücksichtigt werden.

Der Wissenschaftsrat hält es für notwendig, dass sich Hochschulen auch im Bereich informatischer Weiterbildung verstärkt engagieren. Sie können damit einen wichtigen Beitrag zur Qualifikation zusätzlicher Fachkräfte, aber auch zur Sicherung der Qualität von Weiterbildungsangeboten auf dem Markt leisten.

Der Wissenschaftsrat hält ein Engagement vor allem auf zwei Ebenen für gewinnbringend: So sollten die Hochschulen zum einen **spezifische Kurse** für ein gut vorgebildetes Fachpublikum anbieten, um neue Technologien und Methoden schnell in die Industrie zu vermitteln. Zum anderen sollte das Angebot an **zeitlich und örtlich flexiblen Studiengängen** ausgebaut werden, um eine berufs begleitende Weiterqualifikation zu ermöglichen (vgl. B.III.1). Für diesen Ausbau hält der Wissenschaftsrat im Falle der Informatik insbesondere auch die Fachhochschulen geeignet. Neben Bachelor- und Masterstudiengängen sollten sie auch weiterbildende Studienmöglichkeiten ohne Hochschulabschluss anbieten, etwa Zertifikatskurse oder modulare Studienmodelle, die nach dem Baukastenprinzip auch zu einem Teil eines Studiengangs kombinierbar sein sollten. |¹³⁸ In beiden Fällen ist die Arbeit mit digitalen Formaten zu begrüßen. Der Wissen-

|¹³⁸ Vgl. Wissenschaftsrat: Empfehlungen zu hochschulischer Weiterbildung als Teil des lebenslangen Lernens. Vierter Teil der Empfehlungen zur Qualifizierung von Fachkräften vor dem Hintergrund des demographischen Wandels (Drs. 75 15-19), Berlin Januar 2019, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/2019/0418-19.pdf>.

schaftsrat hat bereits an anderer Stelle darauf hingewiesen, dass der zusätzliche Aufwand von flexiblen Studienformaten (grundständig und weiterbildend) bei der Anrechnung auf das Lehrdeputat und bei der Arbeitsorganisation (z. B. durch Bereitstellung von unterstützendem Personal) berücksichtigt werden sollte. |¹³⁹

Darüber hinaus hält der Wissenschaftsrat auch ein Engagement der Informatik an Hochschulen für die **informatische Bildung der Studierenden anderer Fächer** vonnöten. Dies ist vor dem Hintergrund der Überzeugung zu sehen, dass die Informatik in eine Rolle an den Hochschulen hineinwächst, die derjenigen der Mathematik ähnlich ist. Informatisches Denken und informatische Konzepte sind für immer mehr Disziplinen von Relevanz und müssen aus der Informatik heraus gelehrt werden. Der Wissenschaftsrat ist sich der Herausforderung bewusst, die der dafür notwendige **Ressourcenbedarf** für das Fach bedeutet. Vor diesem Hintergrund ist es ihm wichtig herauszustellen, dass an den Hochschulen keine informatische Grundbildung, wie sie dem schulischen Kontext vorbehalten ist beziehungsweise sein müsste, stattfinden kann und sollte, sondern der Fokus auf der Lehre für die Studierenden, die Informatikmethoden für ihre eigenen Disziplinen brauchen, liegen muss. Zudem gilt es, diesen Bedarf bei der Ressourcenplanung für die Informatik einzubeziehen. Die Art der Durchführung im größeren – interdisziplinären – Kontext einer Data Literacy Education (vgl. A.V) sollte dabei in Erwägung gezogen werden, da dadurch die Effizienz gegebenenfalls erhöht und Synergieeffekte erzielt werden können.

B.V KOMMUNIKATION

Der Wissenschaftsrat begrüßt es nachdrücklich, wenn Informatikerinnen und Informatiker eine aktive Rolle im Austausch mit der Gesellschaft, den Medien, der Politik und der Verwaltung wahrnehmen, und fordert die Fachgemeinschaft zu entsprechendem Engagement auf.

Der Wissenschaftsrat sieht die akademische Informatik gegenüber der Gesellschaft in der Verantwortung, das Verständnis informatischer Systeme zu verbessern und damit breiten Teilen der Bevölkerung eine rationale Grundlage für das persönliche Agieren in IT-sensitiven Fragen zu ermöglichen sowie die aktive Teilnahme am politischen Gestaltungsprozess zur Rolle von Informationstechnologien für die Gesellschaft zu befördern. Dies gilt umso mehr, als die öffentliche Debatte zum Thema aktuell vielfach von Unsicherheit, Ängsten und mangelndem Wissen geprägt ist (vgl. A.V). Auch ist die allgemeine Wahrnehmung informatischer Systeme stark davon beeinflusst, wie Menschen die Produkte großer

|¹³⁹ Ebd., S. 12; vgl. darin auch zum Thema Finanzierung von Weiterbildung.

Konzerne der IT-Branche in ihrem Alltag erleben und wie diese Konzerne ihr eigenes Tun darstellen. Auf der anderen Seite kann auch die akademische Informatik von einem verstärkten Austausch mit verschiedenen Teilen der Gesellschaft profitieren. |¹⁴⁰

In diesem Sinne begrüßt es der Wissenschaftsrat nachdrücklich, wenn Informatikerinnen und Informatiker ihre **Akteursrolle im Austausch mit der Gesellschaft, den Medien, der Politik und der Verwaltung annehmen** und füllen. Sehr gut gelingt dies bereits der Gesellschaft für Informatik und einzelnen Vertreterinnen und Vertretern des Fachs, eine Intensivierung in der Breite scheint jedoch darüber hinaus angeraten. So können Informatikerinnen und Informatiker beispielsweise im Rahmen von Veranstaltungen oder Publikationen für ein breites oder ein ausgewähltes Publikum (zum Beispiel aus dem Bereich Verwaltung) eine ausgewogene Sicht in oft überhitzte Debatten – zum Beispiel im Zusammenhang mit den Themen Künstliche Intelligenz oder Datenschutz – einbringen oder bei missbräuchlichem Einsatz von Technologien einschreiten. Dies kann auch der Verbesserung des Bilds von der Informatik, das vielfach unter dem Schlagwort „Nerd-Image“ charakterisiert wird, zugutekommen.

Im selben Sinne wird auch eine Intensivierung der Zusammenarbeit mit Politik, Verwaltung, Nichtregierungsorganisationen und anderen Akteuren im öffentlichen Raum empfohlen. Informatikerinnen und Informatikern stehen dabei deutlich mehr Möglichkeiten für deren Unterstützung über zahlreiche Gremien und Beratungsanfragen offen als Angehörigen vieler anderer Disziplinen – diese Chancen sollten ergriffen und genutzt werden sowie ein entsprechendes Engagement von den Hochschulen gefördert werden, zum Beispiel durch Coaching-Angebote im Kommunikationsbereich. Die Grundlegung eines entsprechenden Selbstverständnisses und entsprechender Kompetenzen bereits in der Ausbildung wird befürwortet.

|¹⁴⁰ Vgl. Wissenschaftsrat: Wissens- und Technologietransfer als Gegenstand institutioneller Strategien | Positionspapier (Drs. 5665-16), Weimar Oktober 2016, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/5665-16.pdf>.

C. Fazit

Die immer noch junge Disziplin Informatik zieht aktuell nicht nur mehr Studierende an als die meisten anderen Studienbereiche, sondern demonstriert auch große Forschungsstärke und erweist sich für zahlreiche andere Wissenschaften als unverzichtbar. Sie ist von zentraler Bedeutung für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung. Diese Situation führt sie aber auch vor große Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund hat der Wissenschaftsrat über 30 Jahre nach den ersten Empfehlungen zum Thema erneut auf die Perspektiven der Informatik in Deutschland geblickt. Dabei hat er drei Hauptpunkte identifiziert, die für diese von besonderer Bedeutung sind:

Erstens ist für die Informatik eine hohe **Dynamik** prägend. Dies gilt zum einen innerhalb der Disziplin: Angesichts des technischen Fortschritts und ihrer Jugend wandelt sie sich schneller als die meisten anderen Fachrichtungen, differenziert sich aus, geht neue Verbindungen mit anderen Wissenschaftsbereichen ein und ist somit nicht stabil in einen Kanon von Teilfächern gegliedert. Gleichzeitig spielen Informatikprodukte und -systeme eine wesentliche Rolle für die Position des Innovationsstandorts Deutschland in einem internationalen Wettbewerb, der wiederum von hoher Dynamik und kurzen Innovationszyklen geprägt ist. Um in diesem Kontext eine internationale Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen zu können, ist auch von der akademischen Informatik ein hohes Maß an Flexibilität und eine Bündelung von Kräften gefordert. Der Wissenschaftsrat hält hier zuvorderst die Etablierung von regionalen Forschungs- und Innovationsökosystemen sowie eine erhöhte Durchlässigkeit zum privaten Sektor auf der Ebene des Personals, aber auch bezüglich Kooperationen und Gründungsaktivitäten aus den wissenschaftlichen Einrichtungen heraus, für erfolgversprechend. Auch im Bereich der Lehre ist den verschiedenen Dynamiken, denen das Fach ausgesetzt ist, Rechnung zu tragen. Zugleich empfiehlt der Wissenschaftsrat eine ausgewogene Förderung aller grundlegenden Bereiche der Informatik, denn nur im Zusammenspiel der verschiedenen Teilbereiche kann sich das innovative Potenzial der Informatik entfalten, und nur von dieser Basis aus kann die Disziplin langfristig und nachhaltig weiterentwickelt werden. Aus dieser Stärke heraus ist auch die interdisziplinäre Zusammenarbeit, die zur Bewältigung zahlreicher großer gesellschaftlicher Herausforderungen geboten ist, fortzuführen und auszubauen.

Zweitens ist die Informatik gekennzeichnet von der **Durchdringung aller Lebensbereiche mit informatischen Systemen und Produkten**. Informatik gestaltet Gesellschaft. Dies ist zuletzt durch die Corona-Krise besonders augenscheinlich geworden. Der Wissenschaftsrat sieht daher informatische Bildung als zentralen Schlüssel an, um den digitalen Wandel in der Gesellschaft erfolgreich, inklusiv und nachhaltig zu gestalten. Daraus ergeben sich Konsequenzen auf verschiedenen Ebenen: Zum einen muss die Möglichkeit zur Teilhabe an diesen Prozessen in möglichst großem Umfang und unter Beachtung von Diversität gewährleistet werden. Dies erfordert zuvorderst einen Ausbau des Informatikunterrichts an den Schulen und die Schaffung der Bedingungen dafür an den Universitäten: Der Wissenschaftsrat empfiehlt dazu den Ausbau und Förderung der Didaktik der Informatik, auch auf der Ebene des wissenschaftlichen Nachwuchses, sowie die Ausweitung der Zahl der möglichen Studienorte für Lehramtsstudierende der Informatik. Zum anderen muss Informatik-Forschung ethische, rechtliche und soziale Implikationen einbeziehen. Dazu gilt es, entsprechende Forschungsfelder innerhalb der Informatik zu stärken sowie vermehrt Kooperationen – aus der Informatik heraus – mit den Sozial-, den Rechts- und den Geisteswissenschaften einzugehen. Auch eine Integration soziotechnischer Aspekte in die Ausbildung der Studierenden ist erforderlich.

Der dritte und alles dominierende Faktor ist die **Personalknappheit**: Die Bedarfe des Arbeitsmarktes sind immens und auch innerhalb des Wissenschaftssystems ist die Situation an verschiedenen Stellen von Engpässen und der Konkurrenz mit der Wirtschaft gekennzeichnet. Die Anforderungen daran, was aus der Informatik heraus zu leisten ist, wachsen analog mit ihrer Bedeutung für andere Disziplinen, die Gesellschaft und Wirtschaft. Es hat für den Wissenschaftsrat daher oberste Priorität, diesbezüglich auf allen Ebenen des Systems zu reagieren: bei den Studierenden, dem wissenschaftlichen Nachwuchs und dem wissenschaftlichen Personal. Zur Gewinnung von mehr Absolventinnen und Absolventen empfiehlt der Wissenschaftsrat zum einen Maßnahmen zur Rekrutierung zusätzlicher Studierender für die Informatik, wobei er wiederum ein besonderes Augenmerk auf das Potenzial von Diversität richtet. Zum anderen hält er es für dringend erforderlich, mehr Studierende zu einem erfolgreichen Studienabschluss zu führen. Dazu empfiehlt der Wissenschaftsrat Maßnahmen zur Senkung der Abbruchquoten sowie einen bedarfsgerechten Ausbau der Informatik-Studienplätze. Nur dadurch und durch den damit verbundenen personellen Aufwuchs kann eine adäquate Betreuung der Studierenden überall gewährleistet werden. Gleichmaßen ist auch auf die Rekrutierung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses großen Wert zu legen. Schließlich gilt es, möglichst attraktive Bedingungen für Spitzenforscherinnen und -forscher aus dem In- und Ausland zu bieten. Diese sind wiederum eng verbunden mit der Schaffung angemessener Betreuungsverhältnisse auch an den stark nachgefragten Studienorten, eines exzellenten, innovativen und inspirierenden Arbeitsumfelds im Rahmen eines For-

schungs- und Innovationsökosystems oder der Flexibilität und Offenheit für über das Wissenschaftssystem hinausgehende Beschäftigungsmodelle, womit sich der Kreis zu anderen Akzenten der Empfehlungen schließt.

Insgesamt ist sich der Wissenschaftsrat bewusst, dass die Umsetzung seiner Empfehlungen gerade vor dem Hintergrund der Personalknappheit eine große Herausforderung darstellt und zum Teil nur langfristig Erfolge zeitigen kann. Er sieht die Informatik damit jedoch auf einem guten Weg, ihre bisherige beachtliche Entwicklung fortzusetzen und ihrer Bedeutung als Schlüsseldisziplin innerhalb wie außerhalb des akademischen Raums zukünftig noch besser gerecht werden zu können.

Anhang

acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
ACM	<i>Association of Computing Machinery</i>
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CHE	Centrum für Hochschulentwicklung
CISPA	Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit, Saarbrücken
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DZHW	Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation
ERC	<i>European Research Council</i> (Europäischer Forschungsrat)
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EXIST	Existenzgründungen aus der Wissenschaft, Förderprogramm des BMWi
FIT	Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik, Sankt Augustin
FOKUS	Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme, Berlin
FZI	Forschungszentrum Informatik, Karlsruhe
GEPRIS	DFG-Datenbank (Geförderte Projekte Informationssystem) mit laufenden und abgeschlossenen Forschungsvorhaben
GI	Gesellschaft für Informatik e. V.
GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
HAW	Hochschulen für Angewandte Wissenschaften
HIDA	<i>Helmholtz Information & Data Science Academy</i>

HPI	Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam
HRK	Hochschulrektorenkonferenz
IAIS	Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme, Sankt Augustin
IAV	Industrie-Automation Vertriebs-GmbH
ICDL	<i>International Certificate for Digital Literacy</i>
ICILS	<i>International Computer and Information Literacy Study</i>
IESE	Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering, Kaiserslautern
IKS	Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme, München
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KMK	Kultusministerkonferenz
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik
MOOCs	<i>Massive Open Online Courses</i>
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
SAP	Softwarekonzern, Walldorf
TU	Technische Universität
TUM	Technische Universität München
ÜRF	Überregionale Forschungsprogramm Informatik
US, USA	<i>United States of America</i> (Vereinigte Staaten von Amerika)
VZÄ	Vollzeitäquivalente
WR	Wissenschaftsrat
WS	Wintersemester

Abbildung 1:	Verteilung der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern und Hochschulart im Wintersemester (WS) 2018/2019 in Prozent	18
Abbildung 2:	Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	19
Abbildung 3:	Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Geschlecht WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	20
Abbildung 4:	Anteil der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2018/2019 in Prozent	21
Abbildung 5:	Zuwachsrate der Studierenden (ohne Promovierende) sowie der Professorinnen und Professoren im Studienbereich Informatik 2009–2018 in Prozent	27
Abbildung 6:	Anzahl der Professorinnen und Professoren (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Geschlecht 2009–2018	28
Abbildung 7:	Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach angestrebter Prüfungsgruppe im WS 2018/2019	93
Abbildung 8:	Anzahl der bestandenen Prüfungen im Studienbereich Informatik 2018	94

Tabelle 1:	Anzahl der Hochschulen mit Studierenden im Studienbereich Informatik (WS 2018/2019) sowie mit Professorinnen und Professoren im Lehr- und Forschungsbereich Informatik (2018)	88
Tabelle 2:	Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern, Hochschulart und -trägerschaft WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	89
Tabelle 3:	Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern und Geschlecht sowie im Vergleich mit allen Studienbereichen WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	91
Tabelle 4:	Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach angestrebter Prüfungsgruppe im WS 2018/2019	93
Tabelle 5:	Anzahl der bestandenen Prüfungen im Studienbereich Informatik 2018	94
Tabelle 6:	Anzahl der Studierenden nach Abschlussart Lehramt mit Informatik insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	95
Tabelle 7:	Anzahl der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	96
Tabelle 8:	Anzahl der ausländischen Studierenden nach Geschlecht in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019	100
Tabelle 9:	Entwicklung der Professorinnen und Professoren (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart 2009–2018	102
Tabelle 10:	Entwicklung der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart 2009–2018	103
Tabelle 11:	Anzahl der Professorinnen und Professoren (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik sowie im Vergleich nach Geschlecht und Hochschulart 2009–2018	104
Tabelle 12:	Anzahl des ausländischen wissenschaftlichen Personals in Informatik und allen Lehr- und Forschungsbereichen 2009–2018	105
Tabelle 13:	Anzahl der Promotionen im Studienbereich Informatik sowie Habilitationen nach Geschlecht und im Vergleich 2009–2018	106

Tabelle 14:	Promotionsintensität an Universitäten im Studienbereich Informatik und im Vergleich 2016–2018	107
Tabelle 15:	Drittmittel im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart sowie im Vergleich 2009–2018	108
Tabelle 16:	Drittmittel im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart sowie im Vergleich 2009–2018, preisbereinigt (Index: 2015 = 100)	109
Tabelle 17:	Drittmittelquote im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart sowie im Vergleich 2009–2018 in Tsd. Euro, preisbereinigt (Index: 2015 = 100)	110
Tabelle 18:	Anzahl der ERC Grants in <i>Computer Science and Informatics</i> 2014–2018	111

Tabelle 1: Anzahl der Hochschulen mit Studierenden im Studienbereich Informatik (WS 2018/2019) sowie mit Professorinnen und Professoren im Lehr- und Forschungsbereich Informatik (2018)

Trägerschaft	Hochschulart	Anzahl der Hochschulen insgesamt	Anzahl der Hochschulen mit Studierenden WS 2018/2019	Anzahl der Hochschulen mit Professorinnen und Professoren 2018
Öffentlich	Universitäten	72	72	68
	Fachhochschulen allgemein	91	91	74
	Verwaltungsfachhochschulen	2	1	1
	Summe	165	164	143
Privat	Universitäten	3	3	2
	Fachhochschulen	36	29	16
	Summe	39	32	18
Kirchlich	Universitäten	1	1	
	Summe	1	1	
Hochschulen insgesamt		205	197	161

* Berücksichtigt werden die Professorinnen und Professoren nach organisatorischer Zuordnung und nicht nach fachlicher.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestände 40001 und 60002, Stand 07.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 2:

Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach
Studienfächern, Hochschulart und -trägerschaft WS 2009/2010
bis WS 2018/2019, Teil 1 | 2

Hochschulart	Studienfächer	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019	Anteil der Fächer WS 2018/2019 in Prozent	
Öffentliche Hochschulen	Bioinformatik	1 725	1 710	1 765	1 745	1 750	1 785	1 865	1 970	2 185	2 270	1,9	
	Computer- und Kommunikationstechniken	450	455	430	520	600	910	1 405	1 510	1 770	1 660	1,4	
	Informatik	43 925	45 105	49 560	54 005	58 460	62 750	68 495	73 965	77 480	81 360	66,5	
	Ingenieurinformatik/ Technische Informatik	4 585	3 725	4 045	4 390	4 840	5 370	6 080	6 515	7 015	7 470	6,1	
	Medieninformatik	3 245	3 440	3 860	4 170	4 515	4 965	5 125	5 195	5 280	5 190	4,2	
	Medizinische Informatik	315	305	400	515	595	590	645	665	670	740	0,6	
	Wirtschaftsinformatik	11 740	12 680	14 735	16 720	18 705	19 755	20 765	21 610	22 960	23 670	19,3	
	Insgesamt	65 990	67 415	74 800	82 065	89 465	96 120	104 370	111 430	117 355	122 360	100	
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)												
		Bioinformatik	145	205	235	255	300	305	385	430	455	460	0,5
	Computer- und Kommunikationstechniken	3 025	2 830	2 875	3 015	3 105	3 560	3 775	3 790	4 040	4 130	4,6	
	Informatik	21 350	22 140	24 130	26 140	27 730	29 870	31 600	33 450	34 590	36 490	40,4	
	Ingenieurinformatik/ Technische Informatik	5 470	4 365	4 610	4 605	4 365	4 525	4 585	5 115	5 510	5 790	6,4	
	Medieninformatik	7 665	8 480	9 125	9 735	10 485	10 900	11 165	11 825	12 685	12 445	13,8	
	Medizinische Informatik	1 125	1 330	1 575	1 810	1 905	2 000	2 130	2 205	2 250	2 370	2,6	
	Wirtschaftsinformatik	18 115	19 495	21 655	23 580	25 070	25 915	26 595	27 315	27 715	28 610	31,7	
	Insgesamt	56 895	58 850	64 205	69 140	72 970	77 070	80 240	84 130	87 245	90 290	100	
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)													
Private Hochschulen	Bioinformatik	10	10	10	10	10	-	5	10	15	5	1,0	
	Informatik	150	135	135	150	135	110	115	145	150	170	33,7	
	Wirtschaftsinformatik	85	95	105	130	205	240	275	305	300	330	65,3	
	Insgesamt	245	240	255	290	350	350	390	460	465	505	100	
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)												
		Computer- und Kommunikationstechniken	25	20	20	15	5	0	0	0	10	15	0,1
		Informatik	2 065	2 165	2 260	1 970	1 930	2 175	2 320	2 545	2 770	3 175	22,7
		Ingenieurinformatik/ Technische Informatik	350	310	290	290	325	345	400	535	615	640	4,6
		Medieninformatik	365	420	460	475	490	610	650	695	680	640	4,6
		Wirtschaftsinformatik	4 065	4 315	4 875	5 290	5 670	6 430	6 885	7 550	8 520	9 495	66,0
	Insgesamt	6 870	7 230	7 905	8 040	8 415	9 565	10 255	11 330	12 595	13 965	100	
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)													
	Computer- und Kommunikationstechniken	100	105	115	117	122	139	149	165	183	203		

Tabelle 2:

Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern, Hochschulart und -trägerschaft WS 2008/2009 bis WS 2017/2018, Teil 2 | 2

Hochschulart	Studienfächer	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019	Anteil der Fächer WS 2018/2019 in Prozent	
Kirchliche Hochschulen	Informatik	15	10	10	5	10	10	20	5	15	10	100	
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	67	67	33	67	67	133	33	100	67		
Hochschulen insgesamt	Bioinformatik	1.735	1.720	1.775	1.755	1.760	1.785	1.870	1.980	2.200	2.275	1,9	
	Computer- und Kommunikationstechniken	450	455	430	520	600	910	1.405	1.405	1.510	1.770	1.660	1,4
	Informatik	44.090	45.255	49.705	54.160	58.605	62.875	68.625	74.115	77.645	81.535	66,4	
	Ingenieurinformatik / Technische Informatik	4.585	3.725	4.045	4.390	4.840	5.370	6.080	6.515	7.015	7.470	6,1	
	Medieninformatik	3.245	3.440	3.860	4.170	4.515	4.965	5.125	5.195	5.280	5.190	4,2	
	Medizinische Informatik	315	305	400	515	595	645	645	665	670	740	0,6	
	Wirtschaftsinformatik	11.830	12.775	14.845	16.850	18.910	19.995	21.040	21.915	23.255	24.000	19,5	
	Insgesamt	66.250	67.665	75.060	82.360	89.830	96.485	104.785	111.895	117.835	122.870	100	
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	102	113	124	136	146	158	169	178	185		
	Fachhochschulen	Bioinformatik	145	205	235	255	300	305	385	430	455	460	0,4
Computer- und Kommunikationstechniken		3.045	2.850	2.895	3.025	3.110	3.560	3.775	3.790	4.050	4.145	4,0	
Informatik		23.415	24.305	26.390	28.115	29.660	32.045	33.920	35.995	37.360	39.665	38,0	
Ingenieurinformatik / Technische Informatik		5.820	4.680	4.900	4.895	4.690	4.870	4.990	5.650	6.125	6.425	6,2	
Medieninformatik		8.035	8.900	9.585	10.210	10.980	11.510	11.815	12.520	13.365	13.085	12,6	
Medizinische Informatik		1.125	1.330	1.575	1.810	1.905	2.000	2.130	2.205	2.250	2.370	2,3	
Wirtschaftsinformatik		22.180	23.810	26.530	28.870	30.740	32.345	33.480	34.865	36.235	38.105	36,5	
Insgesamt		63.765	66.085	72.115	77.180	81.385	86.635	90.495	95.460	99.845	104.255	100	
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)		100	104	113	121	128	136	142	150	157	163		

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Siehe auch Abbildung 1 und Abbildung 2.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 10.02.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 3:

Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern und Geschlecht sowie im Vergleich mit allen Studienbereichen WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 1 | 2

Studienfächer	WS										Verteilung im WS 2018/2019 in Prozent	
	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019		
Informatik												
insgesamt	67 505	69 560	76 100	82 275	88 265	94 915	102 545	110 110	115 005	121 200	53,4	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	103,0	112,7	121,9	130,8	140,6	151,9	163,1	170,4	179,5		
davon weiblich in Prozent	12,7	12,8	13,3	14,3	15,3	16,5	17,4	18,1	18,4	18,6		
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	101,1	104,9	112,8	120,8	129,7	137,0	142,8	144,6	147,0		
Wirtschafts- informatik												
insgesamt	34 010	36 585	41 375	45 720	49 650	52 340	54 520	56 785	59 495	62 105	27,3	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	107,6	121,7	134,4	146,0	153,9	160,3	167,0	174,9	182,6		
davon weiblich in Prozent	17,6	18,1	18,7	19,5	20,0	20,1	20,4	20,8	21,0	21,4		
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	103,1	106,3	111,1	114,1	114,3	116,0	118,5	119,3	121,7		
Medien- informatik												
insgesamt	11 275	12 340	13 445	14 380	15 495	16 475	16 940	17 715	18 645	18 280	8,0	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	109,4	119,2	127,5	137,4	146,1	150,2	157,1	165,4	162,1		
davon weiblich in Prozent	25,9	26,1	26,9	27,9	28,9	30,0	30,6	31,9	32,3	32,8		
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	100,8	103,8	107,5	111,5	115,8	118,1	123,0	124,6	126,7		
Ingenieur- informatik/ Technische Informatik												
insgesamt	10 405	8 405	8 945	9 285	9 530	10 240	11 070	12 170	13 140	13 895	6,1	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	80,8	86,0	89,2	91,6	98,4	106,4	117,0	126,3	133,5		
davon weiblich in Prozent	8,9	9,5	10,0	11,1	12,3	12,7	14,0	14,4	14,4	14,4		
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	105,8	111,9	124,7	137,9	142,0	156,7	161,3	161,4	160,6		
Computer- und Kommunikations- techniken												
insgesamt	3 495	3 305	3 330	3 545	3 710	4 470	5 180	5 300	5 820	5 805	2,6	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	94,6	95,3	101,4	106,2	127,9	148,2	151,6	166,5	166,1		
davon weiblich in Prozent	17,3	19,1	20,7	19,2	19,7	16,7	16,2	17,3	18,1	19,2		
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	110,1	119,7	110,8	113,7	96,3	93,7	99,7	104,7	111,0		

Tabelle 3:

Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach Studienfächern und Geschlecht sowie im Vergleich mit allen Studienbereichen WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 2 | 2

Studienfächer	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019	Verteilung im WS 2018/2019 in Prozent
Medizinische Informatik											
insgesamt	1 440	1 635	1 975	2 325	2 500	2 590	2 775	2 870	2 920	3 105	1,4
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	113,5	137,2	161,5	173,6	179,9	192,7	199,3	202,8	215,6	
davon weiblich in Prozent	37,5	37,9	35,7	38,9	42,0	43,2	44,3	44,9	45,0	45,2	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	101,1	95,2	103,8	112,0	115,3	118,2	119,9	120,1	120,7	
Bioinformatik											
insgesamt	1 880	1 925	2 010	2 010	2 060	2 090	2 255	2 410	2 660	2 735	1,2
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	102,4	106,9	106,9	109,6	111,2	119,9	128,2	141,5	145,5	
davon weiblich in Prozent	32,2	32,7	34,3	33,8	35,4	35,6	37,3	38,0	39,7	40,8	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	101,7	106,7	105,1	110,1	110,8	115,8	118,0	123,2	126,7	
Studienbereich Informatik insgesamt	130 015	133 750	147 175	159 540	171 215	183 115	195 280	207 355	217 680	227 125	100
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	102,9	113,2	122,7	131,7	140,8	150,2	159,5	167,4	174,7	
davon weiblich in Prozent	15,7	16,2	16,8	17,8	18,7	19,5	20,2	20,8	21,1	21,4	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	103,3	107,0	113,5	119,2	124,0	128,7	132,7	134,4	135,9	
Zum Vergleich: Alle Studienbereiche insgesamt	2 121 180	2 217 295	2 380 975	2 499 410	2 616 880	2 698 910	2 757 800	2 807 010	2 844 980	2 868 220	7,9
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	104,5	112,2	117,8	123,4	127,2	130,0	132,3	134,1	135,2	Prozent davon sind Studierende der Informatik
davon weiblich in Prozent	47,8	47,8	47,3	47,4	47,6	47,8	48,0	48,2	48,5	48,9	
Veränderungen zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100)	100	99,9	98,8	99,1	99,5	99,9	100,3	100,8	101,4	102,2	

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Siehe auch Abbildung 1 und Abbildung 2.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 04.05.2020); eigene Berechnungen

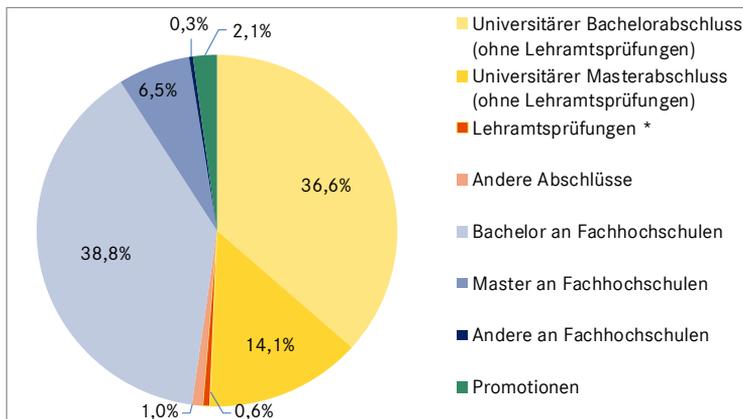
Tabelle 4: Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach angestrebter Prüfungsgruppe im WS 2018/2019

Anzahl der Studierenden nach Abschlussart WS 2018/2019	In Prozent	
Universitärer Abschluss	118 614	
davon:		
Bachelorabschluss (ohne Lehramtsprüfungen)	83 030	36,6
Masterabschluss (ohne Lehramtsprüfungen)	31 974	14,1
Lehramtsprüfungen *	1 425	0,6
davon:		
Bachelorabschluss	591	
Masterabschluss	120	
Sonstige Lehramtsprüfungen	714	
Andere Abschlüsse	2 185	1,0
Fachhochschulabschluss	103 661	
davon:		
Bachelorabschluss	88 137	38,8
Masterabschluss	14 742	6,5
Andere Abschlüsse	782	0,3
Promotionen	4 849	2,1
insgesamt	227 124	100

* Erfasst sind hier nur Lehramtsstudierende (einschl. Bachelor- und Masterstudierenden) mit Informatik als erstem Studienfach.

Quellen: Statistisches Bundesamt: Studierende an Hochschulen Wintersemester 2018/2019. Bildung und Kultur, Fachserie 11 Reihe 4.1, 2019, Tab. 12, S. 42–49; eigene Berechnungen

Abbildung 7: Anzahl der Studierenden im Studienbereich Informatik nach angestrebter Prüfungsgruppe im WS 2018/2019



* Erfasst sind hier nur Lehramtsstudierende (einschl. Bachelor- und Masterstudierenden) mit Informatik als erstem Studienfach.

Quellen: Statistisches Bundesamt: Studierende an Hochschulen Wintersemester 2018/2019. Bildung und Kultur, Fachserie 11 Reihe 4.1, 2019, Tab. 12, S. 42–49; eigene Berechnungen

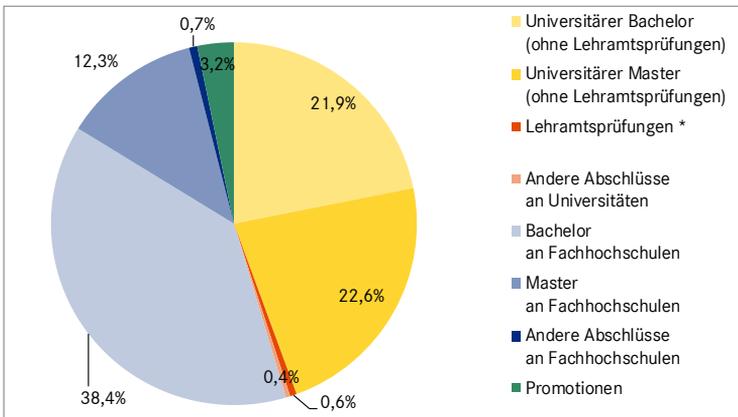
Tabelle 5: Anzahl der bestandenen Prüfungen im Studienbereich Informatik 2018

Anzahl der bestandenen Prüfungen 2018	In Prozent	
Universitärer Abschluss	12 308	
davon:		
Bachelorabschluss (ohne Lehramtsprüfungen)	5 923	21,9
Masterabschluss (ohne Lehramtsprüfungen)	6 121	22,6
Lehramtsprüfungen *	159	0,6
Andere Abschlüsse	105	0,4
Fachhochschulabschluss	13 923	
davon:		
Bachelorabschluss	10 402	38,4
Masterabschluss	3 323	12,3
Andere Abschlüsse	198	0,7
Promotionen	873	3,2
insgesamt	27 104	100

* Erfasst sind hier nur Lehramtsabsolventinnen und -absolventen (einschl. Bachelor- und Masterstudierenden) mit Informatik als erstem Studienfach.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 3301, Stand 05.05.2020); eigene Berechnungen

Abbildung 8: Anzahl der bestandenen Prüfungen im Studienbereich Informatik 2018



* Erfasst sind hier nur Lehramtsabsolventinnen und -absolventen (einschl. Bachelor- und Masterstudierenden) mit Informatik als erstem Studienfach.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 3301, Stand 05.05.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 6:

**Anzahl der Studierenden nach Abschlussart Lehramt mit
Informatik insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019**

Anzahl der Studierenden nach Abschlussart Lehramt mit Informatik	WS									
	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Als erstes Fach	1 030	1 170	1 145	1 190	1 145	1 180	1 195	1 250	1 310	1 425
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	114	111	116	111	115	116	121	127	138
davon weiblich in Prozent	26,7	25,6	27,1	25,6	24,5	26,7	28,0	28,4	28,2	28,1
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	96	101	96	92	100	105	106	106	105
Als zweites Fach	1 380	1 545	1 750	1 880	1 875	1 935	1 945	2 045	2 245	2 250
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	112	127	136	136	140	141	148	163	163
davon weiblich in Prozent	26,4	26,5	26,6	29,3	27,7	27,9	27,5	27,6	26,1	26,2
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	100	100	111	105	106	104	104	99	99
Als drittes Fach	665	760	840	780	755	685	600	495	415	370
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	114	126	117	114	103	90	74	62	56
davon weiblich in Prozent	42,1	43,4	39,9	38,5	35,1	29,9	27,5	24,2	24,1	20,3
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	103	95	91	83	71	65	58	57	48
Anzahl insgesamt	3 075	3 475	3 735	3 850	3 775	3 800	3 740	3 790	3 970	4 045
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	113	121	125	123	124	122	123	129	132
davon weiblich in Prozent	29,9	29,9	29,7	30,0	28,2	27,9	27,7	27,4	26,6	26,3
Veränderung zum Basisjahr (WS 2009/2010 = 100) in Prozent	100	100	99	100	94	93	92	92	89	88

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 32101, 40601, Stand 11.02.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 7:

Anzahl der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 1|4

Abschlussart	Herkunft	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019
Informatik											
Alle Abschlüsse	Deutsche und ausländische Studierende insgesamt	130 015	133 750	147 175	159 540	171 215	183 115	195 280	207 355	217 680	227 125
	darunter ausländische Studierende	18 480	18 360	19 395	21 250	23 270	25 705	29 025	32 020	34 800	38 770
	Anteil an allen Studierenden in Prozent	14,2	13,7	13,2	13,3	13,6	14,0	14,9	15,4	16,0	17,1
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	96,6	92,7	93,7	95,6	98,8	104,6	108,6	112,5	120,1
Bachelor (ohne Lehramt)	Bachelorstudierende insgesamt	81 220	90 145	105 300	117 260	127 975	137 885	146 810	156 145	164 585	171 165
	darunter ausländische Studierende	9 455	10 125	11 170	12 470	13 750	15 145	16 885	18 615	20 280	22 670
	Anteil an allen Bachelorstudierenden in Prozent	11,6	11,2	10,6	10,6	10,7	11,0	11,5	11,9	12,3	13,2
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	96,5	91,1	91,4	92,3	94,4	98,8	102,4	105,8	113,8
darunter sind:											
Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	4 455	4 460	4 655	5 075	5 550	6 240	7 110	8 025	9 440	11 520
	Anteil an allen Bachelorstudierenden in Prozent	5,5	4,9	4,4	4,3	4,3	4,5	4,8	5,1	5,7	6,7
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	90,2	80,6	78,9	79,1	82,5	88,3	93,7	104,6	122,7

Tabelle 7:

Anzahl der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 2 | 4

Abschlussart	Herkunft	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019
	Masterstudierende insgesamt	11 660	15 390	19 170	23 725	28 135	32 335	36 825	40 555	43 540	46 715
	darunter										
	ausländische Studierende	3 035	3 585	4 335	5 295	6 460	7 705	9 325	10 670	12 065	13 565
	Anteil an allen Masterstudierenden in Prozent	26,0	23,3	22,6	22,3	23,0	23,8	25,3	26,3	27,7	29,0
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	89,5	86,9	85,7	88,2	91,5	97,3	101,1	106,5	111,6
Master (ohne Lehramt)	darunter sind:										
	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	2 260	2 675	3 260	4 045	5 005	6 060	7 510	8 740	10 120	11 550
	Anteil an allen Masterstudierenden in Prozent	19,4	17,4	17,0	17,0	17,8	18,7	20,4	21,6	23,2	24,7
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	89,7	87,7	88,0	91,8	96,7	105,2	111,2	119,9	127,6
	Promovierende insgesamt	3 810	4 055	4 260	4 405	4 610	4 710	4 790	4 865	4 865	4 850
	darunter										
	ausländische Promovierende	920	980	1 060	1 175	1 300	1 400	1 475	1 510	1 485	1 470
	Anteil an allen Promovierenden in Prozent	24,1	24,2	24,9	26,7	28,2	29,7	30,8	31,0	30,5	30,3
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	100,1	103,	110,5	116,8	123,1	127,5	128,5	126,4	125,5
Promovierende	darunter sind:										
	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	680	730	790	885	990	1 080	1 160	1 190	1 200	1 220
	Anteil an allen Promovierenden in Prozent	17,8	18,0	18,5	20,1	21,5	22,9	24,2	24,5	24,7	25,2
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	100,9	103,9	112,6	120,3	128,5	135,7	137,1	138,2	140,9

Anzahl der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 3|4

Abschlussart	Herkunft	WS 2009/2010		WS 2010/2011		WS 2011/2012		WS 2012/2013		WS 2013/2014		WS 2014/2015		WS 2015/2016		WS 2016/2017		WS 2017/2018		WS 2018/2019	
		2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Studienbereiche insgesamt																					
Deutsche und ausländische Studierende insgesamt		2 121 180	2 217 295	2 380 975	2 499 410	2 616 880	2 698 910	2 757 800	2 807 010	2 844 980	2 868 220										
darunter																					
ausländische Studierende		244 775	252 030	265 290	282 200	301 350	321 570	340 305	358 895	374 585	394 665										
Anteil an allen Studierenden in Prozent		11,5	11,4	11,1	11,3	11,5	11,9	12,3	12,8	13,2	13,8										
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)		100	98,5	96,6	97,8	99,8	103,3	106,9	110,8	114,1	119,2										
Bachelor-Studierende insgesamt		942 260	1 105 210	1 285 250	1 405 425	1 503 330	1 565 160	1 603 650	1 635 010	1 652 630	1 659 555										
darunter																					
ausländische Studierende		85 425	97 370	109 675	121 180	131 265	141 595	151 490	161 960	169 505	178 020										
Anteil an allen Bachelor-studierenden in Prozent		9,1	8,8	8,5	8,6	8,7	9,0	9,4	9,9	10,3	10,7										
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)		100	97,2	94,1	95,1	96,3	99,8	104,2	109,3	113,1	118,3										
darunter sind:																					
Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU		36 915	40 605	44 430	48 530	51 900	56 840	62 410	67 560	74 750	83 460										
Anteil an allen Bachelor-studierenden in Prozent		3,9	3,7	3,5	3,5	3,5	3,6	3,9	4,1	4,5	5,0										
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)		100	93,8	88,2	88,1	88,1	92,7	99,3	105,5	115,5	128,4										

Tabelle 7:

Anzahl der ausländischen Studierenden nach Abschlussart in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 4|4

Abschlussart	Herkunft	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019
	Masterstudierende insgesamt	133 375	189 095	253 865	320 215	385 945	437 770	478 260	507 475	526 615	539 255
	darunter										
	ausländische Studierende	33 195	41 815	51 790	62 855	74 905	86 330	96 085	105 380	114 555	125 290
	Anteil an allen Masterstudierenden in Prozent	24,9	22,1	20,4	19,6	19,4	19,7	20,1	20,8	21,8	23,2
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	88,8	82,	78,9	78,0	79,2	80,7	83,4	87,4	93,4
Master (ohne Lehramt)	darunter sind:										
	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	24 070	29 945	36 710	44 235	52 670	61 190	69 285	77 205	86 045	96 185
	Anteil an allen Masterstudierenden in Prozent	18,0	15,8	14,5	13,8	13,6	14,0	14,5	15,2	16,3	17,8
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	87,7	80,1	76,5	75,6	77,5	80,3	84,3	90,5	98,8
	Promovierende insgesamt	97 995	104 045	108 245	110 660	111 395	111 425	110 365	110 065	109 630	109 720
	darunter										
	ausländische Promovierende	21 160	22 785	23 855	24 960	25 930	26 630	27 080	27 780	27 715	28 460
	Anteil an allen Promovierenden in Prozent	21,6	21,9	22,0	22,6	23,3	23,9	24,5	25,2	25,3	25,9
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	101,4	102,1	104,5	107,8	110,7	113,6	116,9	117,1	120,1
Promovierende	darunter sind:										
	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	15 075	16 465	17 265	18 125	18 655	19 240	19 575	20 270	20 305	21 095
	Anteil an allen Promovierenden in Prozent	15,4	15,8	15,9	16,4	16,7	17,3	17,7	18,4	18,5	19,2
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	102,9	103,7	106,5	108,9	112,2	115,3	119,7	120,4	125,0

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Siehe auch Abbildung 4.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 27.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 8:

Anzahl der ausländischen Studierenden nach Geschlecht in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 1 | 2

Abschlussart	Herkunft	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019	
Informatik	Deutsche und ausländische Studierende insgesamt	130 015	133 750	147 175	159 540	171 215	183 115	195 280	207 355	217 680	227 125	
	darunter weibliche Studierende insgesamt	20 430	21 710	24 740	28 445	32 075	35 680	39 480	43 225	45 960	48 515	
	Anteil der weiblichen Studierenden insgesamt in Prozent	15,7	16,2	16,8	17,8	18,7	19,5	20,2	20,8	21,1	21,4	
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	103	107	113	119	124	129	133	134	136	
	darunter ausländische Studierende	18 480	18 360	19 395	21 250	23 270	25 705	29 025	32 020	34 800	38 770	
	darunter weibliche Studierende	4 880	4 960	5 460	6 130	6 795	7 630	8 785	9 685	10 415	11 455	
	Anteil der weiblichen ausländischen Studierenden in Prozent	26,4	27,0	28,2	28,8	29,2	29,7	30,3	30,2	29,9	29,5	
	Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	102	107	109	111	112	115	115	113	112	
	darunter sind:											
	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	10 325	9 950	10 275	11 280	12 490	14 160	16 520	18 630	21 295	24 875	
darunter weibliche Studierende	2 820	2 785	3 030	3 335	3 750	4 300	5 090	5 750	6 535	7 535		
Anteil der weiblichen Bildungsausländer Nicht-EU in Prozent	27,3	28,0	29,5	29,6	30,0	30,4	30,8	30,9	30,7	30,3		
Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)	100	102	108	108	110	111	113	113	112	111		

Tabelle 8:

Anzahl der ausländischen Studierenden nach Geschlecht in den Studienbereichen Informatik sowie insgesamt WS 2009/2010 bis WS 2018/2019, Teil 2 | 2

Abschlussart	Herkunft	WS 2009/2010	WS 2010/2011	WS 2011/2012	WS 2012/2013	WS 2013/2014	WS 2014/2015	WS 2015/2016	WS 2016/2017	WS 2017/2018	WS 2018/2019
Studienbereiche insgesamt											
Deutsche und ausländische Studierende insgesamt											
		2 121 180	2 217 295	2 380 975	2 499 410	2 616 880	2 698 910	2 757 800	2 807 010	2 844 980	2 868 220
	darunter	1 014 730	1 059 810	1 125 600	1 185 390	1 245 240	1 290 375	1 323 675	1 353 385	1 380 335	1 402 245
	weibliche Studierende insgesamt										
	Anteil der weiblichen Studierenden insgesamt in Prozent	47,8	47,8	47,3	47,4	47,6	47,8	48,0	48,2	48,5	48,9
	<i>Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)</i>	100	100	99	99	99	100	100	101	101	102
	darunter										
	ausländische Studierende	244 775	252 030	265 290	282 200	301 350	321 570	340 305	358 895	374 585	394 665
	darunter	122 420	125 635	132 120	140 080	148 675	158 065	166 380	174 435	180 040	186 970
Alle Abschlüsse	Anteil der weiblichen ausländischen Studierenden in Prozent	50,0	49,8	49,8	49,6	49,3	49,2	48,9	48,6	48,1	47,4
	<i>Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)</i>	100	100	100	99	99	98	98	97	96	95
	darunter sind:										
	Bildungsausländerinnen und -ausländer Nicht-EU	124 970	127 895	133 760	142 440	153 035	166 370	179 510	192 765	208 750	228 890
	darunter	58 660	60 320	63 280	66 785	70 805	76 130	81 220	86 560	92 050	98 860
	weibliche Studierende										
	Anteil der weiblichen Bildungs-ausländer Nicht-EU in Prozent	46,9	47,2	47,3	46,9	46,3	45,8	45,2	44,9	44,1	43,2
	<i>Veränderung zum Basisjahr in Prozent (WS 2009/2010 = 100)</i>	100	100	101	100	99	97	96	96	94	92

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 40001, Stand 27.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 9: Entwicklung der Professorinnen und Professoren (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart 2009–2018

Hochschulart		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lehr- und Forschungsbereich Informatik an den Hochschulen insgesamt											
Universitäten	insgesamt	905	935	970	960	990	990	1 005	1 020	1 040	1 045
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	103	107	106	109	109	111	113	115	115
Fachhochschulen	insgesamt	1 250	1 260	1 310	1 390	1 420	1 445	1 555	1 510	1 570	1 555
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	101	105	111	114	116	124	121	126	124
Hochschulen insgesamt	insgesamt	2 155	2 195	2 285	2 350	2 410	2 435	2 565	2 530	2 610	2 600
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	102	106	109	112	113	119	117	121	121
Alle Lehr- und Forschungsbereiche der Hochschulen insgesamt											
Universitäten	insgesamt	24 355	24 935	25 680	25 975	26 580	26 775	26 925	27 080	27 380	27 555
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	102	105	107	109	110	111	111	112	113
Fachhochschulen	insgesamt	15 810	16 530	17 240	17 890	18 435	18 975	19 415	19 755	20 190	20 555
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	105	109	113	117	120	123	125	128	130
Hochschulen insgesamt	insgesamt	40 165	41 460	42 925	43 860	45 015	45 750	46 345	46 835	47 570	48 110
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	103	107	109	112	114	115	117	118	120

Die Anzahl der Professorinnen und Professoren bezieht sich auf die organisatorische Zuordnung und nicht auf die fachliche.

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Siehe auch Abbildung 6.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 60002, Stand 06.04.2020; eigene Berechnungen)

Tabelle 10: Entwicklung der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart 2009–2018

Hochschulart		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lehr- und Forschungsbereich Informatik an den Hochschulen insgesamt											
Universitäten	insgesamt	5 280	5 575	5 625	5 705	5 830	5 695	5 840	6 000	6 200	6 350
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	106	107	108	110	108	111	114	117	120
Fachhochschulen	insgesamt	415	560	650	700	760	805	845	865	990	1 100
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	135	157	169	183	194	204	208	239	265
Hochschulen insgesamt	insgesamt	5 695	6 130	6 275	6 410	6 590	6 500	6 685	6 865	7 190	7 450
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	108	110	113	116	114	117	121	126	131
Alle Lehr- und Forschungsbereiche der Hochschulen insgesamt											
Universitäten	insgesamt	140 255	149 030	153 610	157 925	163 935	165 885	167 675	170 045	174 925	178 980
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	106	110	113	117	118	120	121	125	128
Fachhochschulen	insgesamt	5 875	7 470	8 480	9 800	10 765	11 645	11 980	12 085	13 120	14 480
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	127	144	167	183	198	204	206	223	246
Hochschulen insgesamt	insgesamt	146 125	156 495	162 090	167 720	174 700	177 530	179 650	182 130	188 045	193 455
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	107	111	115	120	121	123	125	129	132

Die Anzahl der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bezieht sich auf die organisatorische Zuordnung und nicht auf die fachliche.

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 60002, Stand 06.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 11: Anzahl der Professorinnen und Professoren (Kopfzahlen) im Lehr- und Forschungsbereich Informatik sowie im Vergleich nach Geschlecht und Hochschulart 2009–2018

Hochschulart		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lehr- und Forschungsbereich Informatik an Hochschulen insgesamt											
	insgesamt	905	935	970	960	990	990	1 005	1 020	1 040	1 045
Universitäten	davon weiblich in Prozent	9,4	9,6	10,3	10,4	10,6	11,1	11,4	11,8	12,0	11,5
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	102	110	111	113	118	122	125	128	122
	insgesamt	1 250	1 260	1 310	1 390	1 420	1 445	1 555	1 510	1 570	1 555
Fachhochschulen	davon weiblich in Prozent	12,0	12,7	13,0	13,7	13,7	13,8	13,2	12,6	13,1	13,2
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	106	108	114	114	115	110	105	109	110
Lehr- und Forschungsbereich Informatik an Hochschulen insgesamt	insgesamt	2 155	2 195	2 285	2 350	2 410	2 435	2 565	2 530	2 610	2 600
	davon weiblich in Prozent	10,9	11,4	11,6	12,3	12,4	12,7	12,5	12,3	12,6	12,5
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	104	106	113	114	117	114	112	116	115
Alle Lehr- und Forschungsbereiche an Hochschulen insgesamt											
	insgesamt	24 355	24 935	25 680	25 975	26 580	26 775	26 925	27 080	27 380	27 555
Universitäten	davon weiblich in Prozent	18,4	19,4	20,4	21,0	21,9	22,6	23,4	24,1	24,8	25,5
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	106	111	114	119	123	127	131	135	139
	insgesamt	15 810	16 530	17 240	17 890	18 435	18 975	19 415	19 755	20 190	20 555
Fachhochschulen	davon weiblich in Prozent	17,9	18,8	19,1	19,6	20,4	21,1	21,9	22,4	23,1	23,7
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	105	107	110	114	118	122	125	129	133
Alle Lehr- und Forschungsbereiche an Hochschulen insgesamt	insgesamt	40 165	41 460	42 925	43 860	45 015	45 750	46 345	46 835	47 570	48 110
	davon weiblich in Prozent	18,2	19,2	19,9	20,4	21,3	22,0	22,7	23,4	24,0	24,7
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	105	109	112	117	121	125	129	132	136

Die Anzahl der Professorinnen und Professoren bezieht sich auf die organisatorische Zuordnung und nicht auf die fachliche.

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Siehe auch Abbildung 6.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 60002, Stand 06.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 12: Anzahl des ausländischen wissenschaftlichen Personals in Informatik und allen Lehr- und Forschungsbereichen 2009–2018

Personalgruppe	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Informatik											
	Insgesamt	2 155	2 195	2 285	2 350	2 410	2 435	2 565	2 530	2 610	2 600
	darunter ausländische Professorinnen und Professoren	80	100	105	105	105	110	115	125	130	135
Professorinnen und Professoren	Anteil in Prozent	3,7	4,6	4,6	4,5	4,4	4,5	4,5	4,9	5,0	5,2
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	123	124	120	117	122	121	133	134	140
	davon kommen aus dem: EU-Ausland	60	70	80	80	75	75	80	85	90	100
	Nicht-EU-Ausland	20	30	30	30	30	35	35	40	40	35
	<hr/>										
	Insgesamt	5 695	6 130	6 275	6 410	6 590	6 500	6 685	6 865	7 190	7 450
	darunter ausländische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	720	810	830	895	1 060	1 095	1 190	1 275	1 350	1 440
Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	Anteil in Prozent	12,6	13,2	13,2	14,0	16,1	16,8	17,8	18,6	18,8	19,3
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	105	105	110	127	133	141	147	149	153
	davon kommen aus dem: EU-Ausland	265	300	305	325	395	405	420	435	430	420
	Nicht-EU-Ausland	455	510	520	570	670	690	770	840	920	1 020
	<hr/>										
Alle Lehr- und Forschungsbereiche											
	Insgesamt	40 165	41 460	42 925	43 860	45 015	45 750	46 345	46 835	47 570	48 110
	darunter ausländische Professorinnen und Professoren	2 240	2 450	2 600	2 775	2 885	3 000	3 095	3 180	3 245	3 415
Professorinnen und Professoren	Anteil in Prozent	5,6	5,9	6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,8	6,8	7,1
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	106	109	113	115	118	120	122	122	127
	davon kommen aus dem: EU-Ausland	1 355	1 490	1 590	1 705	1 800	1 865	1 955	2 030	2 065	2 200
	Nicht-EU-Ausland	890	960	1 010	1 070	1 080	1 130	1 140	1 150	1 180	1 215
	<hr/>										
	Insgesamt	146 125	156 495	162 090	167 720	174 700	177 530	179 650	182 130	188 045	193 455
	darunter ausländische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	16 435	18 230	19 225	20 005	21 810	23 080	24 200	25 585	27 525	29 645
Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	Anteil in Prozent	11,2	11,6	11,9	11,9	12,5	13,0	13,5	14,0	14,6	15,3
	Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent	100	104	105	106	111	116	120	125	130	136
	davon kommen aus dem: EU-Ausland	7 275	8 055	8 425	8 780	9 845	10 470	10 950	11 405	11 975	12 370
	Nicht-EU-Ausland	9 165	10 175	10 800	11 225	11 965	12 610	13 250	14 180	15 550	17 275

Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Das Personal wurde nach organisatorischer Zuordnung erfasst und nicht nach fachlicher.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 60202, Stand 29.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 13: Anzahl der Promotionen im Studienbereich Informatik sowie Habilitationen nach Geschlecht und im Vergleich 2009–2018

Studienbereich		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Promotionen											
	insgesamt	719	832	902	885	941	994	1 103	1 021	973	873
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>115,7</i>	<i>125,5</i>	<i>123,1</i>	<i>130,9</i>	<i>138,2</i>	<i>153,4</i>	<i>142,0</i>	<i>135,3</i>	<i>121,4</i>
Informatik	davon weiblich	103	113	114	158	133	148	152	150	152	141
	<i>Anteil weiblich in Prozent</i>	<i>14,3</i>	<i>13,6</i>	<i>12,6</i>	<i>17,9</i>	<i>14,1</i>	<i>14,9</i>	<i>13,8</i>	<i>14,7</i>	<i>15,6</i>	<i>16,2</i>
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>94,8</i>	<i>88,2</i>	<i>124,6</i>	<i>98,7</i>	<i>103,9</i>	<i>96,2</i>	<i>102,6</i>	<i>109,0</i>	<i>112,7</i>
	insgesamt	25 084	25 629	26 981	26 807	27 707	28 147	29 218	29 303	28 404	27 838
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>102,2</i>	<i>107,6</i>	<i>106,9</i>	<i>110,5</i>	<i>112,2</i>	<i>116,5</i>	<i>116,8</i>	<i>113,2</i>	<i>111,0</i>
Studienbereiche insgesamt	davon weiblich	11 067	11 301	12 105	12 179	12 256	12 798	13 052	13 248	12 713	12 577
	<i>Anteil weiblich in Prozent</i>	<i>44,1</i>	<i>44,1</i>	<i>44,9</i>	<i>45,4</i>	<i>44,2</i>	<i>45,5</i>	<i>44,7</i>	<i>45,2</i>	<i>44,8</i>	<i>45,2</i>
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>99,9</i>	<i>101,7</i>	<i>103,0</i>	<i>100,3</i>	<i>103,1</i>	<i>101,2</i>	<i>102,5</i>	<i>101,4</i>	<i>102,4</i>
Habilitationen *											
	insgesamt	44	44	21	31	27	32	23	31	27	21
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>100,0</i>	<i>47,7</i>	<i>70,5</i>	<i>61,4</i>	<i>72,7</i>	<i>52,3</i>	<i>70,5</i>	<i>61,4</i>	<i>47,7</i>
Informatik	davon weiblich	6	4	1	1	1	6	2	-	2	2
	<i>Anteil weiblich in Prozent</i>	<i>13,6</i>	<i>9,1</i>	<i>4,8</i>	<i>3,2</i>	<i>3,7</i>	<i>18,8</i>	<i>8,7</i>	<i>-</i>	<i>7,4</i>	<i>9,5</i>
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>66,7</i>	<i>34,9</i>	<i>23,7</i>	<i>27,2</i>	<i>137,5</i>	<i>63,8</i>	<i>-</i>	<i>54,3</i>	<i>69,8</i>
	insgesamt	1 820	1 755	1 563	1 646	1 567	1 627	1 627	1 581	1 586	1 529
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>96,4</i>	<i>85,9</i>	<i>90,4</i>	<i>86,1</i>	<i>89,4</i>	<i>89,4</i>	<i>86,9</i>	<i>87,1</i>	<i>84,0</i>
Studienbereiche insgesamt	davon weiblich	433	437	398	444	429	453	462	481	464	483
	<i>Anteil weiblich in Prozent</i>	<i>23,8</i>	<i>24,9</i>	<i>25,5</i>	<i>27,0</i>	<i>27,4</i>	<i>27,8</i>	<i>28,4</i>	<i>30,4</i>	<i>29,3</i>	<i>31,6</i>
	<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	<i>100</i>	<i>104,7</i>	<i>107,0</i>	<i>113,4</i>	<i>115,1</i>	<i>117,0</i>	<i>119,4</i>	<i>127,9</i>	<i>123,0</i>	<i>132,8</i>

* Die Habilitationen beziehen sich auf die fachliche Zuordnung zur Informatik.

Quellen: Statistisches Bundesamt – Prüfungen nach DZHW: ICEland (Datenbestand 3301, Stand 29.04.2020), Habilitationen nach Sonderauswertung (Stand: 30.04.2020); eigene Berechnungen

Studienbereiche	Universitäten					
	Abgeschlossene Promotionen Mittelwert Promotionen 2016–2018	Absolventen (ausgewählter Abschlussarten *)		Promotionsintensität		
		Mittelwert Absolventen (inkl. Lehramt) 2012–2014	Mittelwert Absolventen (ohne Lehramt) 2012–2014	Anteil der Promotionen im Mittel 2016–2018 am Mittelwert der Absolventen (inkl. Lehramt) 2012–2014 in Prozent	Anteil der Promotionen im Mittel 2016–2018 am Mittelwert der Absolventen (ohne Lehramt) 2012–2014 in Prozent	
Informatik	956	4 967	4 873	19,2	19,6	
<i>davon weiblich in Prozent</i>	<i>15,5</i>	<i>15,2</i>	<i>15,1</i>	<i>19,5</i>	<i>20,1</i>	
Mathematik	647	4 111	2 311	15,7	28,0	
<i>davon weiblich in Prozent</i>	<i>26,7</i>	<i>48,3</i>	<i>36,3</i>	<i>8,7</i>	<i>20,6</i>	
Elektrotechnik und Informationstechnik	820	3 234	3 199	25,4	25,6	
<i>davon weiblich in Prozent</i>	<i>13,0</i>	<i>11,2</i>	<i>11,2</i>	<i>29,4</i>	<i>29,9</i>	
Studienbereiche insgesamt **	21 235	122 947	101 812	17,3	20,9	
<i>davon weiblich in Prozent</i>	<i>40,3</i>	<i>52,6</i>	<i>49,1</i>	<i>13,2</i>	<i>17,1</i>	

* Darin enthalten sind Diplom U und entsprechende, Master (inkl. Lehramt Master), Lehramt Sekundarbereich II, Lehramt Berufsschulen sowie Sonstige Abschlüsse.

** Ohne die Fächergruppe Humanmedizin/Gesundheitswissenschaften (einschließlich Zahnmedizin), da hier eine Promotion üblicherweise in den Studienverlauf eingebunden und im gleichen Jahr des Studienabschlusses angenommen wird. Künstlerische Abschlüsse wurden bei den Studienbereichen insgesamt ebenfalls nicht berücksichtigt, da diese in den ausgewählten Fächern nicht vorkommen.

Quellen: Statistisches Bundesamt – Abschlüsse und Promotionen nach DZHW: ICEland (Datenbestand 3301, Stand 30.04.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 15: **Drittmittel im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart sowie im Vergleich 2009–2018**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	in Mio. Euro									
Alle Hochschulen										
Informatik	220,84	268,77	283,31	268,62	297,57	275,26	295,37	305,03	301,42	325,82
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	122	128	122	135	125	134	138	136	148
Universitäten										
Alle Lehr- und Forschungsbereiche	5 047,98	5 552,70	5 959,05	6 303,24	6 609,97	6 748,43	6 861,97	6 919,29	7 266,17	7 659,68
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	110	118	125	131	134	136	137	144	152
Informatik	12,82	16,14	19,93	21,83	24,23	28,63	30,17	36,64	37,85	45,65
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	126	156	170	189	223	235	286	295	356
Fachhochschulen										
Alle Lehr- und Forschungsbereiche	299,39	353,49	411,48	454,06	511,87	574,85	572,93	575,26	614,94	667,56
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	118	137	152	171	192	191	192	205	223
Informatik	233,66	284,91	303,24	290,45	321,79	303,89	325,54	341,67	339,27	371,47
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	122	130	124	138	130	139	146	145	159
Alle Hochschulen insgesamt										
Alle Lehr- und Forschungsbereiche einschließlich Verwaltungsfachhochschulen	5 348,14	5 907,94	6 372,35	6 759,81	7 124,91	7 327,26	7 438,12	7 498,67	7 886,13	8 334,27
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	110	119	126	133	137	139	140	147	156

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestand 4004, Stand 27.05.2020); eigene Berechnungen

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
in Mio. Euro										
Alle Hochschulen										
Informatik	243,51	292,97	304,50	283,80	305,76	276,84	295,37	303,42	295,51	313,65
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	120	125	117	126	114	121	125	121	129
Universitäten										
<i>Alle Lehr- und Forschungsbereiche</i>	5 566,19	6 052,65	6 404,82	6 659,52	6 791,99	6 787,12	6 861,97	6 882,81	7 123,70	7 373,59
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	109	115	120	122	122	123	124	128	132
Informatik	14,13	17,59	21,42	23,06	24,90	28,80	30,17	36,45	37,11	43,94
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	124	152	163	176	204	213	258	263	311
Fachhochschulen										
<i>Alle Lehr- und Forschungsbereiche</i>	330,12	385,31	442,26	479,72	525,97	578,14	572,93	572,22	602,88	642,63
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	117	134	145	159	175	174	173	183	195
Informatik	257,64	310,56	325,93	306,86	330,66	305,63	325,54	339,87	332,62	357,60
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	121	127	119	128	119	126	132	129	139
Alle Hochschulen insgesamt										
<i>Alle Lehr- und Forschungsbereiche einschließlich Verwaltungsfachhochschulen</i>	5 897,16	6 439,88	6 849,05	7 141,90	7 321,12	7 369,26	7 438,12	7 459,14	7 731,50	8 022,97
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	109	116	121	124	125	126	126	131	136

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICLand (Datenbestand 4004, Stand 27.05.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 17: Drittmittelquote im Lehr- und Forschungsbereich Informatik nach Hochschulart sowie im Vergleich 2009–2018 in Tsd. Euro, preisbereinigt (Index: 2015 = 100)

Lehr- und Forschungs- bereiche	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
in Tausend Euro										
Drittmittel in Tausend Euro	243 510	292 969	304 503	283 804	305 760	276 837	295 366	303 420	295 510	313 652
Professorinnen und Professoren	905	935	970	960	990	990	1 005	1 020	1 040	1 045
Drittmittelquote in Tausend Euro	269	313	314	296	309	280	294	297	284	300
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	116	117	110	115	104	109	111	106	112
Universitäten										
Drittmittel in Tausend Euro	5 566 191	6 052 651	6 404 825	6 659 520	6 791 991	6 787 115	6 861 973	6 882 815	7 123 697	7 373 588
Professorinnen und Professoren	24 355	24 935	25 680	25 975	26 580	26 775	26 925	27 080	27 380	27 555
Drittmittelquote in Tausend Euro	229	243	249	256	256	253	255	254	260	268
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	106	109	112	112	111	112	111	114	117
Drittmittel in Tausend Euro	14 133	17 589	21 422	23 059	24 897	28 796	30 169	36 450	37 111	43 944
Professorinnen und Professoren	1 245	1 255	1 310	1 385	1 420	1 440	1 555	1 510	1 570	1 550
Drittmittelquote in Tausend Euro	11	14	16	17	18	20	19	24	24	28
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	123	144	147	154	176	171	213	208	250
Fachhoch- schulen										
Drittmittel in Tausend Euro	330 120	385 314	442 261	479 724	525 965	578 142	572 932	572 225	602 881	642 630
Professorinnen und Professoren	15 460	16 180	16 880	17 535	18 050	18 575	19 000	19 305	19 700	20 020
Drittmittelquote in Tausend Euro	21	24	26	27	29	31	30	30	31	32
<i>Veränderung zum Basisjahr (2009 = 100) in Prozent</i>	100	112	123	128	136	146	141	139	143	150

Die Anzahl der Professorinnen und Professoren bezieht sich auf die organisatorische Zuordnung und nicht auf die fachliche. Aus Datenschutzgründen wurde vom DZHW beim Personal jede absolute Zahl in der letzten Stelle auf null oder fünf gerundet ausgegeben.

Quellen: Statistisches Bundesamt nach DZHW: ICEland (Datenbestände 4004 und 60002, Stand 27.05.2020); eigene Berechnungen

Tabelle 18: Anzahl der ERC Grants in *Computer Science and Informatics* 2014–2018

Land *	Starting Grants (StG)	Consolidator Grants (CoG)	Advanced Grants (AdG)	ERC Grants 2014–2018 Summe	ERC Grants 2014–2018 je 1 Mio. Einwohner
Israel	21	8	5	34	3,902
Luxemburg	-	-	2	2	3,337
Schweiz	6	6	3	15	1,772
Estland	-	1	1	2	1,520
Dänemark	2	3	3	8	1,387
Österreich	6	3	2	11	1,249
Finnland	4	1	-	5	0,907
Schweden	2	4	2	8	0,795
Belgien	3	2	4	9	0,791
Niederlande	8	-	2	10	0,584
Deutschland	20	17	10	47	0,568
Vereinigtes Königreich	16	11	8	35	0,530
Frankreich	18	10	7	35	0,521
Norwegen	1	1	-	2	0,379
Tschechische Republik	-	2	1	3	0,283
Spanien	3	8	2	13	0,279
Irland	-	1	-	1	0,208
Ungarn	1	1	-	2	0,204
Italien	3	4	5	12	0,198
Polen	2	2	-	4	0,105
Portugal	1	-	-	1	0,097
Rumänien	1	-	-	1	0,051
Summe von 22 Ländern	118	85	57	260	Mittelwert: 0,894

* Forschende, die in einem EU-Mitgliedstaat oder einem assoziierten Land (bei der Antragstellung einem EU-Staat gleichgestellt) gemäß *Horizon 2020* arbeiten, können einen ERC Grant beantragen. Bis Ende Januar 2020 gehörte das Vereinigte Königreich noch zur EU, die bis dahin aus 28 Ländern bestand. Zu den 16 assoziierten Ländern zählen Albanien, Armenien, Bosnien und Herzegowina, die Färöer-Inseln, Georgien, Island, Israel, Mazedonien (EJR), Moldau, Montenegro, Norwegen, Schweiz, Serbien, Türkei, Tunesien und die Ukraine (vgl. <https://www.horizont2020.de/einstieg-international.htm>).

ERC Grants in *Computer Science and Informatics* haben auch Forschende vor 2014 in Griechenland (ein Consolidator und fünf Starting Grants) und Lettland (ein Advanced Grant) erhalten.

Quellen: ERC – European Research Council (<https://erc.europa.eu/projects-figures/statistics>, Abruf 09.01.2020); *World Development Indicators*, Weltbank, nach Statistischem Bundesamt, Stand 20.11.2018 ([https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_Bevoelkerung.html?view=main\[Print\]](https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_Bevoelkerung.html?view=main[Print])); eigene Berechnungen