Organ der Gesellschaft für Informatik e.V.
und mit ihr assoziierter Organisationen

Band 45 • Heft 6 • Dezember 2022

Informatik Spektrum

„Steal Now, Decrypt Later". Post-Quantum-Kryptografie & KI

Die Zerstörung der Agilität

Task Mining. Definition und der Einsatz im Unternehmen

Springer

Informatik Spektrum Organ der Gesellschaft für Informatik e. V. und mit ihr assoziierter Organisationen

AEROSOLAUSBREITUNG IM VIRTUELLEN KLASSENZIMMER

Der Einsatz von Luftfiltern in Klassenzimmern zur Bekämpfung der COVID-19-Pandemie war und ist ein viel diskutiertes Thema. Mit Hilfe komplexer Strömungssimulationen untersucht das E.ON Energy Research Center der RWTH Aachen die Ausbreitung von Aerosolen in einem typischen Klassenzimmer, um wissenschaftliche Erkenntnisse über die Wirksamkeit solcher Luftfilter zu gewinnen. Die im Bild gezeigte Visualisierung in der AixCAVE des RWTH IT Centers ermöglicht eine gezielte Analyse der zeitlichen und räumlichen Dynamik der Aerosolkonzentration für jede Person im Raum. Die Virtuelle Realität erweist sich hier für die Wissenschaftler als wirkungsvolles Instrument und macht darüber hinaus das potenzielle Risiko einer Aerosolausbreitung in geschlossenen Räumen mit vielen Menschen auch für Laien intuitiv erfahrbar.

Contact: Torsten Wolfgang Kuhlen, Visual Computing Institut, RWTH Aachen University (kuhlen@vr.rwth-aachen.de)

Autoren:
Marcel Krüger, krueger@vr.rwth-aachen.de (1)
Simon Oehrl, oehrl@vr.rwth-aachen.de (1)
Philipp Ostmann, philipp.ostmann@eonerc.rwth-aachen.de (2)
Ali C. Demiralp, demiralp@vr.rwth-aachen.de (1)
Dirk Müller, dmueller@eonerc.rwth-aachen.de (2)
Torsten W. Kuhlen, kuhlen@vr.rwth-aachen.de (1)

1) Visual Computing Institut, RWTH Aachen University
2) RWTH Aachen University, E.ON Energy Research Center, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

Informatik Spektrum
Band 45 | Heft 6 | Dezember 2022
Organ der Gesellschaft für Informatik e. V. und mit ihr assoziierter Organisationen

EDITORIAL

Christine Regitz · Thomas Ludwig · Peter Pagel
347 **Editorial**

HAUPTBEITRÄGE

Marco Barenkamp
349 **„Steal Now, Decrypt Later". Post-Quantum-Kryptografie & KI**

Wolfgang Bibel
356 **Komputer kreiert Wissenschaft**

Dirk Wiesmann
366 **Die Zerstörung der Agilität**

Johannes Reich
372 **Verwirrende Informatik I – Systeme, Informationen, Berechenbarkeit und Daten**

Peter Mertens
381 **IT-gestützte Aus- und Weiterbildung im tertiären Bildungsbereich – Informatik und Wirtschaftsinformatik**

Lars Kornahrens · Sebastian Kritzler · Sassan Torabi-Goudarzi
389 **Task Mining. Definition und der Einsatz im Unternehmen**

René Theuerkauf · Stephan Daurer · Sayed Hoseini · Jens Kaufmann · Stephan Kühnel · Florian Schwade · Emal M. Alekozai · Uwe Neuhaus · Heiko Rohde · Michael Schulz
395 **Vorschlag eines morphologischen Kastens zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten**

KOLUMNE

Edy Portmann
402 **Der Megatechnische Pharao**

FORUM

Christina B. Class · Wolfgang Coy · Constanze Kurz · Otto Obert · Rainer Rehak · Carsten Trinitis · Stefan Ullrich · Debora Weber-Wulff
404 **13 Jahre Gewissensbits: Wir ziehen um!**

Ursula Sury
407 **Metaverse – parallele Welt(en)**

Rolf Windenberg
410 **Um etliche Ecken ged8. Gehirn-Jogging auf Basis der math.- und informatisch-orientierten Rechtschreibreform**

MITTEILUNGEN

412 **Mitteilungen der GI im Informatik Spektrum 6/2022**

Springer

Informatik Spektrum

Organ der Gesellschaft für Informatik e. V. und mit ihr assoziierter Organisationen

Hauptaufgabe dieser Zeitschrift ist die Weiterbildung aller Informatiker durch Veröffentlichung aktueller, praktisch verwertbarer Informationen über technische und wissenschaftliche Fortschritte aus allen Bereichen der Informatik und ihrer Anwendungen. Dies soll erreicht werden durch Veröffentlichung von Übersichtsartikeln und einführenden Darstellungen sowie Berichten über Projekte und Fallstudien, die zukünftige Trends aufzeigen.

Es sollen damit unter anderem jene Leser angesprochen werden, die sich in neue Sachgebiete der Informatik einarbeiten, sich weiterbilden, sich einen Überblick verschaffen wollen, denen aber das Studium der Originalliteratur zu zeitraubend oder die Beschaffung solcher Veröffentlichungen nicht möglich ist. Damit kommt als Leser nicht nur der ausgebildete Informatikspezialist in Betracht, sondern vor allem der Praktiker, der aus seiner Tagesarbeit heraus Anschluss an die wissenschaftliche Entwicklung der Informatik sucht, aber auch der Studierende an einer Fachhochschule oder Universität, der sich Einblick in Aufgaben und Probleme der Praxis verschaffen möchte.

Durch Auswahl der Autoren und der Themen sowie durch Einflussnahme auf Inhalt und Darstellung – die Beiträge werden von mehreren Herausgebern referiert – soll erreicht werden, dass möglichst jeder Beitrag dem größten Teil der Leser verständlich und lesenswert erscheint. So soll diese Zeitschrift das gesamte Spektrum der Informatik umfassen, aber nicht in getrennte Sparten mit verschiedenen Leserkreisen zerfallen. Da die Informatik eine sich auch weiterhin stark entwickelnde anwendungsorientierte Wissenschaft ist, die ihre eigenen wissenschaftlichen und theoretischen Grundlagen zu einem großen Teil selbst entwickeln muss, will die Zeitschrift sich an den Problemen der Praxis orientieren, ohne die Aufgabe zu vergessen, ein solides wissenschaftliches Fundament zu erarbeiten. Zur Anwendungsorientierung gehört auch die Beschäftigung mit den Problemen der Auswirkung der Informatikanwendungen auf den Einzelnen, den Staat und die Gesellschaft sowie mit Fragen der Informatik-Berufe einschließlich der Ausbildungsrichtlinien und der Bedarfsschätzungen.

Urheberrecht

Mit der Annahme eines Beitrags überträgt der Autor Springer (bzw. dem Eigentümer der Zeitschrift, sofern Springer nicht selbst Eigentümer ist) das ausschließliche Recht zur Vervielfältigung durch Druck, Nachdruck und beliebige sonstige Verfahren das Recht zur Übersetzung für alle Sprachen und Länder.

Die Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Eigentümers. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Jeder Autor, der Deutscher ist oder ständig in der Bundesrepublik Deutschland lebt oder Bürger Österreichs, der Schweiz oder eines Staates der Europäischen Gemeinschaft ist, kann unter bestimmten Voraussetzungen an der Ausschüttung der Bibliotheks- und Fotokopietantiemen teilnehmen. Nähere Einzelheiten können direkt von der Verwertungsgesellschaft WORT, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, eingeholt werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Vertrieb, Abonnement, Versand

Papierausgabe: ISSN 0170-6012
elektronische Ausgabe: ISSN 1432-122X
Erscheinungsweise: zweimonatlich

Den Bezugspreis können Sie beim Customer Service erfragen: customerservice@springernature.com. Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 30.9. eines Jahres abbestellt wird. Mitglieder der Gesellschaft für Informatik und der Schweizer Informatiker Gesellschaft erhalten die Zeitschrift im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

Bestellungen oder Rückfragen nimmt jede Buchhandlung oder der Verlag entgegen. SpringerNature, Kundenservice Zeitschriften, Tiergartenstr. 15, 69121 Heidelberg, Germany
Tel. +49-6221-345-0, Fax: +49-6221-345-4229,
e-mail: customerservice@springernature.com
Geschäftszeiten: Montag bis Freitag 8–20 h.

Bei Adressänderungen muss neben dem Titel der Zeitschrift die neue und die alte Adresse angegeben werden. Adressänderungen sollten mindestens 6 Wochen vor Gültigkeit gemeldet werden. Hinweis gemäß §4 Abs. 3 der Postdienst-Datenschutzverordnung: Bei Anschriftenänderung des Beziehers kann die Deutsche Post AG dem Verlag die neue Anschrift auch dann mitteilen, wenn kein Nachsendeauftrag gestellt ist. Hiergegen kann der Bezieher innerhalb von 14 Tagen nach Erscheinen dieses Heftes bei unserer Abonnementsbetreuung widersprechen.

Elektronische Version

springerlink.com

Hinweise für Autoren

http://springer.com/journal/00287

Hauptherausgeber

Prof. Dr. Dr. h. c.mult. Wilfried Brauer (1978–1998)
Prof. Dr. Dr. h. c. Arndt Bode,
Technische Universität München (1999–2019)
Prof. Dr. T. Ludwig,
Deutsches Klimarechenzentrum GmbH, Hamburg (seit 2019)

Herausgeber

Prof. Dr. S. Albers, TU München
Prof. A. Bernstein, Ph. D., Universität Zürich
Prof. Dr. Dr. h. c. Arndt Bode, Technische Universität München
Prof. Dr. T. Braun, Universität Bern
Prof. Dr. O. Deussen, Universität Konstanz
Prof. Dr. H. Federrath, Universität Hamburg
Prof. O. Günther, Ph. D., Universität Potsdam
Prof. Dr. D. Herrmann,
Otto-Friedrich-Universität Bamberg
Prof. Dr. W. Hesse, Universität Marburg
Dr. Agnes Koschmider, Universität Kiel
Dr.-Ing. C. Leng, Google
Prof. Dr. F. Mattern, ETH Zürich
Prof. Dr. Michael Meier, Uni Bonn,
Lehrstuhls für IT-Sicherheit
Prof. Dr. K.-R. Müller, TU Berlin
Prof. Dr. W. Nagel, TU Dresden
Prof. Dr. E. Portmann, Universität Fribourg
Prof. Dr. F. Puppe, Universität Würzburg
Prof. Dr. Kai Rannenberg, Uni Frankfurt,
Mobile Business & Multilateral Security
Prof. Dr. R.H. Reussner, Universität Karlsruhe
Prof. Dr. S. Rinderle-Ma, Universität Wien
Prof. Dr. O. Spaniol, RWTH Aachen
Dr. D. Taubner, München (bis 2020: msg systems ag)
Sven Tissot, Iteratec GmbH, Hamburg
Prof. Dr. Herbert Weber, TU Berlin

Impressum

Verlag:
Springer, Tiergartenstraße 17,
69121 Heidelberg

Redaktion:
Peter Pagel, Vanessa Keinert
Tel.: +49 611 787 8329
e-mail: Peter.Pagel@springer.com

Herstellung:
Sarah Kurila
e-mail: sarah.kurila@springernature.com

Redaktion GI-Mitteilungen:
Cornelia Winter
Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
Wissenschaftszentrum,
Ahrstraße 45, D-53175 Bonn,
Tel.: +49 228-302-145, Fax: +49 228-302-167,
Internet: http://www. gi.de,
e-mail: gs@gi.de

Wissenschaftliche Kommunikation:
Anzeigen: Eva Hanenberg
Abraham-Lincoln-Straße 46
65189 Wiesbaden
Tel.: +49 (0)611/78 78-226
Fax: +49 (0)611/78 78-430
eva.hanenberg@springer.com

Satz:
le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck:
Printforce,
The Netherlands

springer.com

Eigentümer und Copyright
© Springer-Verlag GmbH Deutschland,
ein Teil von Springer Nature, 2022

Informatik Spektrum (2022) :347–348
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01505-9

EDITORIAL

Editorial

Christine Regitz · Thomas Ludwig · Peter Pagel[1]

Angenommen: 17. Oktober 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Liebe Leserinnen und Leser,

gemeinsam mit der Gesellschaft für Informatik (GI) hat der Springer-Verlag im Jahr 1978 das Informatik Spektrum aus der Taufe gehoben. Seit dieser Zeit gab es viele Umbrüche und Veränderungen, aber vieles ist auch gleichgeblieben. Bereits seit Heft 2 gibt es das Aktuelle Schlagwort, in Heft 1 hat Rudolf Bayer Betrachtungen zum Thema Bundesdatenschutzgesetz angestellt und schon im zweiten Jahr haben wir über das Thema „Informatik in der Schule“ gesprochen. Schlägt man ein heutiges Informatik Spektrum auf, finden sich ganz ähnliche Themen. Das Spektrum war somit schon zu seinem Beginn am Puls der Zeit und begleitet die Entwicklungen unserer Disziplin unverändert intensiv. Sukzessive kamen neue Rubriken hinzu wie Pro & Contra, das Forum, die Gewissensbits und anderes. Wir freuen uns ganz besonders, dass wir in diesem Heft einen Beitrag zum Thema „IT-gestützt Ausbildung“ haben. Autor ist Prof. Peter Mertens, ein Mitherausgeber der ersten Stunde unseres Journals.

Informatik prägt heute unseren Alltag in weit größerem Ausmaß, als das Ende der 70er-Jahre der Fall war. Sei es im Beruflichen oder im Privaten – ohne den Einsatz von Software ist unser modernes Leben nicht vorstellbar. Infolge der steigenden Bedeutung haben sich immer mehr Unterdisziplinen der Informatik entwickelt. So viele, dass selbst Menschen die sich beruflich mit dem Thema beschäftigen, nicht mehr über alles Bescheid wissen, was in den unterschiedlichen Bereichen passiert. Eine wichtige Aufgabe des Informatik Spektrums, jetzt und in Zukunft, besteht darin, Informatikfachleuten Wissen und Themen anderer Fachbereiche der Informatik nahezubringen. Fachleute schreiben für interessierte Fachleute anderer informatischer Teildisziplinen. Die Zeitschrift ermöglicht so Blicke über den Tellerrand des eigenen Schwerpunkts – das ist nicht nur spannend, sondern kann auch dazu beitragen, das eigene Gebiet mit anderen Augen zu sehen. Offen machen für neu Perspektiven und Denkansätze.

Eine wichtige Kategorie sind die seit 2007 erscheinenden Themenhefte, die heute etwa die Hälfte aller Ausgaben ausmachen. Gastherausgeberinnen und -herausgeber betreuen ein ausgewähltes Thema und erstellen mit Autorinnen und Autoren ein gesamtes Heft unter dieser Überschrift. Seinen Ausgang fand das Konzept in einer damals noch Sonderteil genannten Ausgabe im Dezember 2007, also vor genau 15 Jahren. Dr. Dirk Taubner widmete das Heft dem Thema NetWeaver, einem Produkt der SAP AG. Dieser Praxisbezug zieht sich durch die jüngeren Ausgaben des Spektrums und wir sind glücklich über das ebenfalls von Herrn Taubner im Dezember 2021 herausgegebene Themenheft zur Gründung und Entwicklung von IT-Häusern.

Die Qualität des Informatik Spektrums hinsichtlich wissenschaftlicher und praxisbezogener Beiträge wird durch die Gruppe der Herausgeberinnen und Herausgeber gesichert, die dem Verlag und dem Journal oft jahrzehntelang treu verbunden sind.

Nun trennen sich die Wege von GI und dem Springer-Verlag. Die GI wird im Zuge ihrer breiteren Ausrichtung von einer rein wissenschaftlich orientierten Fachgesellschaft hin zu einer Vertretung für alle an der Informatik Interessierten auch im Publikationswesen neue Wege beschreiten und ein Mitgliedermagazin herausgeben. Der Springer-Verlag wird das Informatik Spektrum in bewährter Weise fortführen. Wir sind froh und stolz auf und über die Jahrzehnte der gemeinsamen, fruchtbaren Arbeit und werden einander bei anderen Publikationen auch in der Zukunft eng und konstruktiv verbunden bleiben.

Christine Regitz, Thomas Ludwig, Peter Pagel

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

✉ Peter Pagel
peter.pagel@springer.com

[1] Wiesbaden, Deutschland

© GI Kathrin Richter Trendsetter

Christine Regitz

Thomas Ludwig

Peter Pagel

Informatik Spektrum (2022) 45:349–355
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01474-z

HAUPTBEITRAG

„Steal Now, Decrypt Later“

Post-Quantum-Kryptografie & KI

Marco Barenkamp[1]

Angenommen: 10. Juni 2022 / Online publiziert: 21. Juli 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung
Gängige Verschlüsselungstechnologien können von herkömmlichen Computern nicht durchbrochen werden. Trotzdem werden heutzutage in großem Maße Daten abgegriffen und zunächst gespeichert, um sie in der Zukunft mithilfe von Quantencomputern zu entschlüsseln und gegebenenfalls missbräuchlich einzusetzen. In diesem Zusammenhang spricht man auch von der „Steal now, decrypt later“ (alternativ „Harvest now, decrypt later“)-Strategie. Experten gehen davon aus, dass dieser Zeitpunkt in 10–15 Jahren erreicht sein wird. Daher ist es bereits heute notwendig, auf diese Gefahr adäquat zu reagieren und einen Datenmissbrauch zu unterbinden.
Zum einen ist es daher wichtig, einen Datendiebstahl frühzeitig zu erkennen und adäquat darauf zu reagieren. Hierfür bieten sich unterschiedlichen Möglichkeiten, wie beispielsweise die Visualisierung von Datenströmen sowie die Detektion von Anomalien innerhalb eines Netzwerks mithilfe von künstlicher Intelligenz an. Zum anderen müssen neue, hybride Verschlüsselungsverfahren (weiter-)entwickelt werden, die sowohl vor einer Entschlüsselung durch Quantencomputer als auch vor einer Entschlüsselung durch herkömmliche Computer schützen.

Einleitung

Quantencomputer eröffnen der Menschheit neue Handlungsspielräume, die durch aktuelle Rechnerarchitekturen nicht umsetzbar sind. Durch die Einführung eines neuen Paradigmas in den Computerwissenschaften können Lösungen für komplexe und bisher unlösbare Rechenprobleme in kurzer Zeit gefunden werden, was positive Einflüsse auf die Entwicklungen in vielen Bereichen, wie beispielsweise künstliche Intelligenz (KI) und Bioinformatik, haben wird. Jedoch geht das Aufkommen leistungsstarker Quantencomputer auch mit einem erheblichen Sicherheitsrisiko einher, da viele der heutigen Verschlüsselungstechnologien auf mathematischen Problemen beruhen, die zwar von klassischen Computern kaum gelöst werden können, jedoch für Quantencomputer keine Schwierigkeit mehr darstellen [1].

Ihre hohe Rechengeschwindigkeit erlangen Quantencomputer dadurch, dass sie Informationen unter Ausnutzung bestimmter quantenphysikalischer Phänomene verarbeiten und somit in der Lage sind, nicht wie herkömmliche Computer sequenziell zu arbeiten, sondern die Berechnungen simultan durchgeführt werden. Während somit in der klassischen Computerarchitektur bei der Berechnung einer optimalen Wegstrecke (beispielsweise in der Logistik) jede erdenkliche Wegmöglichkeit im Kern nacheinander durchgerechnet wird, um sich anschließend für die beste bzw. kürzeste Strecke zu entscheiden, können mit dem Konzept der Quantencomputer alle dieser Wegmöglichkeiten gleichzeitig berechnet werden.

Zurzeit sind die verfügbaren Quantencomputer jedoch noch nicht ausreichend leistungsstark, um die heutigen Verschlüsselungsverfahren zu durchbrechen und Experten gehen davon aus, dass es noch mindestens 10 Jahre dauern wird, bis die mit konventioneller Verschlüsselungstechnik gesicherten Daten von Quantencomputern entschlüsselt werden können. Grundlage ist hierbei vor allem, dass bereits seit 1994 mit dem sogenannten Shor-Algorithmus bewiesen ist, dass in polynomieller Zeit gängige Konzepte aktueller Verschlüsselungskonzepte (die Primfaktorzerlegung sowie diskrete Logarithmen) mit Quantencomputer berechnen werden können [2].

Noch ist eine praktisch relevante Nutzung des Shor-Algorithmus auf Basis heutiger Quantencomputer nicht mög-

✉ Marco Barenkamp
marco.barenkamp@lmis.de

[1] Osnabrück, Deutschland

lich, wenn auch grundsätzlich diese unter Laborbedingungen sehr zuverlässig arbeiten können. Sie sind noch stets störanfällig, weswegen ihr Leistungspotenzial in einer solchen praktischen Nutzung noch nicht ausgeschöpft werden kann. Damit ein Quantencomputer seine volle Leistung erbringen kann, muss er beispielsweise nahe an den absoluten Nullpunkt heruntergekühlt werden, was zurzeit technisch nur schwer umsetzbar ist [3].

Jedoch werden im Bereich der Quantencomputer ständig technische Fortschritte realisiert, die ihre Störanfälligkeit senkt, weswegen die Leistungsfähigkeit kontinuierlich ansteigt. Das China Internet Information Center gab beispielsweise im Jahr 2021 eine Reihe bahnbrechender Fortschritte bekannt, die chinesischen Forschern zuletzt im Rahmen des Quantum Computing gelungen sind. So kann der neu entwickelte Quantencomputer „Zuchongzhi 2.1“ eines chinesischen Forschungsteams unter der Leitung von Pan Jianwei zum einen Berechnungen zehn Millionen Mal schneller durchführen als der leistungsfähigste existierende Supercomputer und verfügt zum anderen um eine Berechnungskomplexität, die eine Million Mal größer ist als die des Sycamore-Prozessors von Google. Weiterhin kann der neue lichtbasierte Quantencomputer „Jiuzhang 2.0“ ein umfangreiches Gauß-Boson-Sampling eine Quadrillion Mal schneller durchführen als der leistungsfähigste Supercomputer der Welt [4].

Indes ist bereits heute die Sicherheit von Informationen bedroht, die mit konventionellen Verfahren verschlüsselt sind. Hacker, Unternehmen oder auch Geheimdienste stehlen und speichern große Mengen verschlüsselter Daten mit der Absicht, diese in naher Zukunft mithilfe von Quantencomputern zu entschlüsseln, sobald diese die notwendige Leistung aufbringen. Diese Vorgehensweise wird in der Fachwelt als „Steal now, decrypt later“-Strategie bezeichnet [5]. Hiervon betroffen sind staatliche und personenbezogene Daten sowie Unternehmensdaten. Es ist offensichtlich, dass der Missbrauch dieser sensitiven Daten, auch wenn er erst in der Zukunft erfolgt, eine große Gefahr und ein enormes Schadenpotenzial in sich birgt und in jedem Fall durch die Computersicherheit verhindert werden muss [6].

Waren in der Vergangenheit Hacker noch hoch qualifizierte Programmierer mit hohem Verständnis für ausgefeilte Sicherheitsprotokolle, so ist dies heute nicht mehr der Fall. Schadsoftware kann nunmehr als Cloud-basierte, „ready-to-use“ Lösung konsumiert werden, sodass auch Nichtcomputerexperten die Anzahl der Hacker und damit der Angriffswahrscheinlichkeit erhöhen.

Daher ist es bereits heute von großer Bedeutung, sich mit den Gefahren für die IT-Sicherheit zu beschäftigen, die aus dem Aufkommen von Quantencomputern resultieren, sowie Möglichkeiten bereitzustellen, auch in Zukunft die Datensicherheit vollumfänglich gewährleisten zu können. Dies ist Anliegen des vorliegenden Papers.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst aufgezeigt, wie Quantencomputer funktionieren und warum sie bestimmte Berechnungen schneller als herkömmliche Computer durchführen können. Anschließend werden im dritten Abschnitt Handlungsempfehlungen präsentiert, die von Organisationen ergriffen werden können, um einen Diebstahl verschlüsselter Daten zu erkennen, der mit der Absicht ausgeführt wird, diese zunächst zu speichern und erst dann mutmaßlich missbräuchlich einzusetzen, sobald sie mithilfe von Quantencomputern entschlüsselt werden können. In diesem Zusammenhang werden 2 Ansätze betrachtet. Dabei handelt es sich zum einen um die Visualisierung von Datenflüssen und zum anderen um eine Detektion von Anomalien innerhalb eines Netzwerks, die mithilfe von KI durchgeführt werden kann. Daraufhin werden neue Verschlüsselungstechnologien und die damit einhergehenden Konzepte Post-Quanten-Verschlüsselung, Crypto-Agilität sowie Quantenkryptografie vorgestellt, um mit einem Fazit abzuschließen.

Funktionsweise von Quantencomputern

Wie bereits eingangs erwähnt, beruht die Funktionsweise eines Quantencomputers auf einem neuen Paradigma. Während ein konventioneller Computer auf Grundlage der Gesetze der klassischen Physik Berechnungen durchführt, arbeitet ein Quantencomputer auf Grundlage der Gesetze der Quantenphysik. Insbesondere unterscheidet sich die Art und Weise, wie Informationen gespeichert und verarbeitet werden grundlegend. Vor allem sind es drei Besonderheiten, die einen Quantencomputer von einem herkömmlichen Computer unterscheiden. Dabei handelt es sich um die Superposition, die Verschränkung und den sogenannten Beobachtereffekt. Diese drei Konzepte werden im Folgenden erläutert.

In einem klassischen Computer werden Informationen in Bits und in einem Quantencomputer werden Informationen in Quantenbits, auch Qubits genannt, gespeichert. Der grundlegende Unterschied zwischen einem Bit und einem Qubit besteht darin, dass ein Bit entweder eine Eins (wie

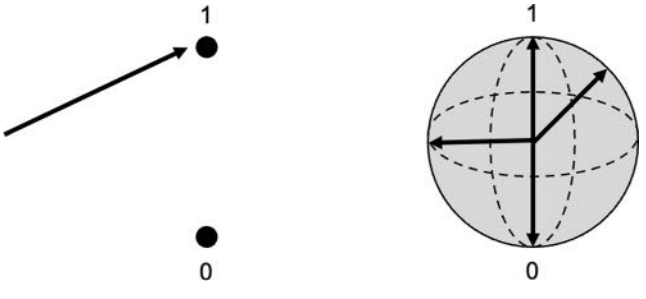


Abb. 1 Bit- und Qubit-Darstellung

in Abb. 1) oder eine Null enthält, während ein Qubit, ebenfalls wie in Abb. 1 zu sehen, gleichzeitig beide Zustände annehmen kann, d. h. es enthält zugleich eine Eins und eine Null.

Diese Eigenschaft der Qubits wird als Superposition bezeichnet und ist einer der Gründe für die schnelle Rechenleistung von Quantencomputern, denn dadurch sind sie in der Lage, Berechnungen parallel durchzuführen und nicht wie bei aktuellen Rechnerarchitekturen lediglich „quasiparallel“, also sequenziell. Daher sind dadurch bestimmte mathematische Probleme, die vor allem in der Kryptografie eingesetzt werden, wie beispielsweise Primzahlenzerlegung und diskrete Logarithmen, signifikant schneller zu lösen als auf klassischen Computern mit den besten zur Verfügung stehenden Algorithmen [7].

In einem konventionellen Computer können mit zwei Bits die Zahlen von Null bis Drei abgebildet werden. Dabei entspricht eine bestimmte Bitfolge genau einer Zahl. [0,0] steht für die Null, [0,1] steht für die Eins, [1,0] für die Zwei und [1,1] steht für die Drei. Jede dieser Bitfolgen entspricht somit immer genau einer Zahl. Dagegen können Qubits (theoretisch) gleichzeitig unendlich viele Zustände annehmen und somit zugleich unendlich viele Zahlen repräsentieren. Es ergibt sich bereits durch die Verwendung von Qubits, die lediglich die „zwei“ Zustände Null und Eins annehmen können, ein großer Vorteil gegenüber einem konventionellen Bit, da sich durch jedes weitere Qubit die Anzahl der gleichzeitig darstellbaren Zustände verdoppelt, wodurch die Rechengeschwindigkeit exponentiell steigt [8]. (Tab. 1).

Die heute gängigen Verschlüsselungstechnologien basieren auf sogenannten Einwegfunktionen. Dabei handelt es sich um mathematische Funktionen, die zwar schnell berechnet werden können, deren Umkehrung jedoch einen enormen Rechenaufwand erfordert. Hierzu zählen beispielsweise die Multiplikation von Primzahlen sowie die Berechnung bestimmter Exponentialfunktionen. So stellt die Multiplikation von vier Primzahlen, wie beispielsweise $2 \times 3 \times 5 \times 7 = 210$, für einen herkömmlichen Computer keinerlei Probleme dar und kann schnell durchgeführt werden, jedoch verursacht die Ermittlung der Primfaktoren der Zahl 210 dagegen sehr viel mehr Rechen- und

Tab. 1 Anzahl Zustände Qubits vs. Bits

n	Qubits (2^n)	Bits ($2n$)
2	4	4
3	8	6
4	16	8
5	32	10
6	64	12
...	...	...
16	65536	32

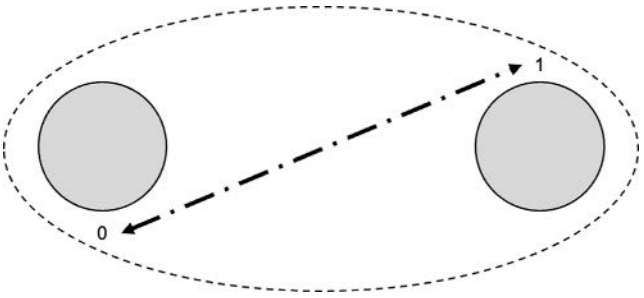


Abb. 2 Verschränkung

infolgedessen auch Zeitaufwand. Doch genau hier sind Quantencomputer besonders leistungsstark. Sie können die zur Verschlüsselung eingesetzten Einwegfunktionen in deutlich kürzerer Zeit umkehren und somit die gängigen Verschlüsselungsverfahren durchbrechen. Während beispielsweise die Umkehrung einer Primzahlmultiplikation (also eine Primzahlzerlegung) oder einer Exponentialfunktion (also ein diskreter Logarithmus) bei einer 2048 Bit Zahl mit einem klassischen Computer mehrere Millionen Jahre benötigt, kann dies mithilfe eines Quantencomputers innerhalb weniger Minuten durchgeführt werden [9].

Neben der Superposition besitzen Quanten zudem eine Eigenschaft, die als Quantenverschränkung bezeichnet wird und die ebenfalls auf quantenphysikalischen Gesetzen beruht. Diese Eigenschaft der Qubits verleiht dem Quantencomputer einen weiteren Vorteil in Bezug auf die Rechengeschwindigkeit im Vergleich zu klassischen Computern. Wenn Qubits miteinander verschränkt werden, bedeutet das, dass sie quasi miteinander verbunden sind (Abb. 2). Wird nun der Zustand eines Qubits auf beispielsweise 1 verändert, so ändert sich gleichzeitig der Zustand des anderen mit diesem Qubit verschränkten Qubits auf 0. Dieser Vorgang erfolgt ohne jede (zeitliche) Verzögerung. Oder anders formuliert: Das Messen des eines Qubits legt den Zustand des anderen verschränkten Qubits fest. Somit können Berechnungen in einem Quantencomputer in Überlichtgeschwindigkeit durchgeführt werden, was mithilfe eines klassischen Computers nicht möglich ist [8].

Die dritte Besonderheit der Quantencomputer wird Beobachtereffekt genannt. Wird ein Qubit als Lichtphoton

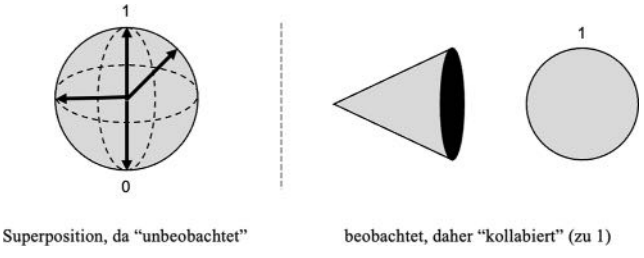


Abb. 3 Qubit unbeobachtet vs. beobachtet

übertragen, weist es die Besonderheit auf, dass es im Falle der Messung oder Beobachtung seines Zustandes einen der beiden Zustände Null oder Eins annimmt, d. h. es kollabiert in einen der beiden Zustände, die es zugleich repräsentiert. Somit beeinflusst der Beobachter durch die Messung den Zustand der Qubits und somit den Ausgang des Experiments [7]. (Abb. 3).

Diese Besonderheit der Qubits hat zwar keinen Einfluss auf die Rechengeschwindigkeit der Quantencomputer, doch sie hat einen großen Einfluss auf künftige Potenziale und neue Ansätze in der Kryptografie [10]. Hierbei macht man es sich zunutze, dass ein unerwünschtes Abgreifen von Informationen durch eine dritte Partei genau diesem Beobachtereffekt entspricht. Das bedeutet, sobald zwischen der Kommunikation von zwei Endpunkten ein Mitschnitt dieser (verschlüsselten) Informationen geschieht, die Qubits kollabierten und somit nicht in der erwarteten Art und Weise beim Empfänger eintreffen.

Erkennung von Datendiebstahl

Vorgestellt werden zwei mögliche Verfahren, die die Erkennung eines Diebstahls verschlüsselter Daten ermöglichen. Dabei handelt es sich um die Visualisierung von Datenströmen und die Detektion von Anomalien innerhalb eines Computernetzwerks mithilfe von KI.

Visualisierung von Datenflüssen

Während die Verarbeitung großer Datenmengen für einen Computer kein Problem darstellt, bereitet dies dem menschlichen Gehirn umso mehr Schwierigkeiten. Die Visualisierung von Daten ist ein wichtiges Werkzeug, um dem Menschen die Informationen, die in großen Datenmengen enthalten sind, so darzustellen, dass er sie zum einen verstehen und zum anderen darauf aufbauend die richtigen Rückschlüsse daraus ziehen und diese dann auch an andere Personen kommunizieren kann. Daher ist die Visualisierung von Daten heute aus der Business Intelligence nicht mehr wegzudenken [11].

Die Visualisierung von Daten mithilfe geeigneter Grafiken und Schaubilder kann auch auf die Datenströme innerhalb einer Organisation ausgeweitet werden. Auf diese Weise können diese Datenströme abgebildet und veranschaulicht werden. Dadurch wird der Anwender in die Lage versetzt, alle Datenströme schnell und leicht zu erkennen sowie die notwendigen Rückschlüsse daraus zu ziehen. Die Visualisierung von Datenströmen kann mithilfe moderner Softwarelösungen (beispielsweise ThousandEyes von Cisco o. ä.), vollautomatisch durchgeführt werden. Mithilfe eines solchen Werkzeugs kann eine umfassende Transparenz aller Datenströme und aller Schichten des Netzwerks erreicht und jederzeit sichergestellt werden. Dazu können eine Vielzahl an Datenpunkten und Kennzahlen des Netzwerks in Echtzeit analysiert und abgebildet werden. Die Abbildungen ermöglichen es dem Anwender, im Falle eines Fehlers sofort einzuschreiten und die notwendigen Schritte einzuleiten, um ein reibungsloses Funktionieren der Organisation und seines Netzwerks jederzeit zu gewährleisten. Die Visualisierung der Datenströme ermöglicht es dem Anwender, einen unbefugten Zugriff auf verschlüsselte Daten oder deren unerlaubten Abfluss zu erkennen. Daher ist der Einsatz moderner Technologien zur Visualisierung von Datenströmen ein sehr nützliches Werkzeug, um einen Diebstahl verschlüsselter Daten zu entdecken, der mit der Absicht durchgeführt wird, diese später mithilfe von Quantencomputern zu entschlüsseln, um sie daraufhin gegebenenfalls zu missbrauchen [12].

Detektion von Anomalien mithilfe von KI

Unter dem Begriff KI werden eine Reihe mathematischer Verfahren zusammengefasst, die es Computern erlauben, selbstständig und ohne das Eingreifen des Menschen aus Daten zu lernen. KI ermöglicht die Erkennung von Anomalien innerhalb eines Netzwerks, die auf einen Diebstahl verschlüsselter Daten hindeuten und kann somit gewinnbringend im Rahmen der Internetsicherheit eingesetzt werden. Ganz allgemein bezeichnet eine Anomalie eine Beobachtung innerhalb eines Datensatzes, die signifikant vom Durchschnitt aller Beobachtungen abweicht. Das Ziel der Anomalie-Erkennung besteht nun darin, ungewöhnliche Ausprägungen unterschiedlichster Kennzahlen des Systems zu erkennen, die auf Probleme innerhalb des Netzwerks, wie beispielsweise den Abfluss verschlüsselter Daten, hindeuten. Ein Beispiel für eine solche Kennzahl besteht in einer ungewöhnlich langen Rechenzeit der CPU bei einem bestimmten Vorgang [13].

Dazu lernt die KI selbstständig typische Muster, die üblicherweise innerhalb des Systems auftreten. Dazu zählen beispielsweise die Verhaltensmuster der Anwender, die durch die Verfahren der KI auch mit den Anwendungen des Process Minings kombiniert werden. Dazu werden die Prüfprotokolle eines Netzwerks auf ungewöhnliche Muster hin überprüft [20] und sie nehmen an Endpunkten eine Vielzahl von Daten in der Organisation auf, um eine Verhaltensgrundlinie zu ermitteln. Sollte es also zu einer statistisch signifikanten Abweichung von dieser Norm kommen, wird diese vom Algorithmus zur weiteren Untersuchung gekennzeichnet.

Sobald eine Abweichung von diesen typischen Verhaltensmustern stattfindet, kann diese von der KI identifiziert werden, wodurch der Diebstahl (verschlüsselter) Daten nicht nur erkannt, sondern sogar abgewendet werden kann. Bei der Erkennung einer Anomalie, die auf einen uner-

laubten Datenzugriff oder -abfluss hindeutet, kann die KI sofort die erforderlichen Sicherheitsprozeduren einleiten, um einen Diebstahl zu unterbinden oder das Sicherheitspersonal benachrichtigen [21].

Der Einsatz von KI im Rahmen der Erkennung eines Datendiebstahls bietet große Potenziale. KI ermöglicht die Erkennung von Anomalien innerhalb riesiger Datenmengen in Echtzeit, ohne dabei eine Vielzahl an Ressourcen zu benötigen. Die Erkennung von Anomalien kann zudem weitgehend automatisiert werden, sodass ein Mensch in der Regel gar nicht mehr einschreiten muss [13].

Es gibt bereits eine Vielzahl von Ansätzen, die eine Anomalie-Detektion mithilfe von KI ermöglichen. Diese Ansätze werden in Abhängigkeit der eingesetzten Lerntechnik fünf unterschiedlichen Bereichen zugeordnet. Dabei handelt es sich um das überwachte Lernen, das unüberwachte Lernen, das probabilistische Lernen, das Soft Computing und das kombinierte Lernen [14]. Im Folgenden wird jeweils ein Beispiel für jede der fünf Bereiche angeführt.

Zu den Verfahren aus dem Bereich des überwachten Lernens, mit deren Hilfe Anomalien im Rahmen der Internetsicherheit festgestellt werden können, sind beispielsweise Support Vector Machines [15]. Im Bereich des unüberwachten Lernens können beispielsweise Clustering-Verfahren eingesetzt werden, um Anomalien in Netzwerken erfolgreich festzustellen [16]. Aung & Oo beschreiben mehrere Verfahren aus dem Bereich des probabilistischen Lernens, mit deren Hilfe Anomalien im Datenstrom eines Netzwerks erfolgreich festgestellt werden können [17]. Verfahren aus dem Bereich des Soft Computing umfassen beispielsweise solche Verfahren, die auf dem mathematischen Konzept der unscharfen Logik beruhen. Ein solches Verfahren wird von Hamamoto et al. beschrieben [18]. Verfahren des kombinierten Lernens umfassen, wie der Name schon vermuten lässt, diejenigen Verfahren, welche mehrere Lerntechniken miteinander kombinieren. Ein solches Verfahren, welches erfolgreich in der Anomalie-Erkennung im Rahmen der Internetsicherheit eingesetzt werden kann, wird von Pham et al. [19] beschrieben.

Neue kryptografische Ansätze

Das Aufkommen des Quantencomputers führt zu großen Umbrüchen in der IT-Sicherheit. Es werden neue Verschlüsselungstechnologien benötigt, die von Quantencomputern nicht entschlüsselt werden können. In diesem Zusammenhang spricht man auch von Post-Quanten-Verschlüsselung. Die Fähigkeit, konventionelle durch quantensichere Verschlüsselungsalgorithmen auszutauschen, wird Crypto-Agilität genannt. Crypto-Agilität ist insbesondere bei Produkten mit einem langen Lebenszyklus von Bedeutung, um einer möglichen Bedrohung der Datensicherheit gewachsen zu sein, die dann entsteht, wenn ausreichend leistungsstarke Quantencomputer verfügbar sind [22]. Doch allein dieser Ansatz wird nicht ausreichen, um die Sicherheit sensibler Daten auch zukünftig zu gewährleisten, da derartige Verschlüsselungstechnologien oftmals wiederum durch herkömmliche Computer entschlüsselt werden können. Daher werden neue Technologien in Form eines hybriden Ansatzes benötigt, die weder von Quantencomputern noch durch klassische Computer entschlüsselt werden können [23].

Der hybride Ansatz im Rahmen der Post-Quanten-Verschlüsselung bietet jedoch lediglich eine mathematische Lösung zur Aufrechterhaltung der Internetsicherheit. Daher ist ein weitergehender, physikalischer Ansatz notwendig, welcher eine weitreichende Sicherheit gegen Cyberangriffe bieten kann. Bei diesem Ansatz handelt es sich um die Quantenkryptografie (Quantum Key Distribution). Wie der Quantencomputer macht sich die Quantenkryptografie die Gesetze der Quantenphysik zunutze; insbesondere den bereits im zweiten Kapitel beschriebenen Beobachtereffekt. Dadurch wird der Aufbau von Netzwerken ermöglicht, der die sichere Übermittlung von Daten ermöglicht. Im Rahmen herkömmlicher Verschlüsselungstechnologien werden sowohl Daten als auch Verschlüsselungscode als Bits, d. h. als Nullen und Einsen, übertragen. Der Nachteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass sie von einem Dritten gelesen und kopiert werden können, ohne dass es vom Sender oder Empfänger bemerkt wird. Dagegen werden bei der Quantenkryptografie die Daten mithilfe von Qubits übermittelt und darin liegt der große Vorteil der Quantenkryptografie im Vergleich zu herkömmlichen Verschlüsselungstechnologien. Unternimmt ein Angreifer den Versuch, Daten in Form von Qubits zu lesen oder zu kopieren, kollabiert ihr Quantenzustand. Dadurch erkennt der Empfänger unzweifelhaft, dass ein Angriff auf die Daten stattgefunden hat. Die Quantenkryptografie bietet somit eine fundamental neue und unglaublich sichere Methode zur sicheren Datenübertragung, die bereits heute von Geheimdiensten und Finanzinstitutionen erfolgreich in der Praxis eingesetzt wird [10].

Fazit

Aufgrund des technischen Fortschritts werden Quantencomputer in den nächsten 10–15 Jahren in der Lage sein, alle gängigen Verschlüsselungstechnologien zu durchbrechen. Daher stellen sie für die Computersicherheit bereits heute eine große Bedrohung dar, auf die entsprechend reagiert werden muss. Daten werden mit der Absicht abgegriffen, diese vorerst zu speichern, bis sie in naher Zukunft mithilfe von Quantencomputern entschlüsselt werden kön-

nen, um sie dann zielgerichtet einzusetzen. Dieses Vorgehen wird „Steal now, decrypt later"-Strategie genannt.

Es gibt bereits effiziente Möglichkeiten, einen Diebstahl verschlüsselter Daten zu erkennen, um adäquat darauf reagieren zu können. Zudem können Datenströme mithilfe moderner Softwarelösungen visualisiert werden, die das Erkennen eines unerlaubten Datenabflusses ermöglichen. Eine weitere Möglichkeit bieten neue Verfahren aus dem Bereich der KI, welche die Detektion von Anomalien innerhalb eines Netzwerks, die auf einen Datendiebstahl hindeuten, zur Verfügung stellen. Für diesen Zweck stellt die Wissenschaft bereits eine Vielzahl an Verfahren bereit, die sich hinsichtlich der Lerntechnik unterscheiden und somit in Abhängigkeit der vorliegenden Rahmenbedingungen in der Praxis erfolgreich eingesetzt werden können.

Zudem ist es notwendig, neue Verschlüsselungsverfahren zu entwickeln, die zum einen eine Entschlüsselung durch Quantencomputer und zum anderen auch eine Entschlüsselung durch herkömmliche Computer verhindert. Ein solches Verfahren wird als hybride Verschlüsselungsmethode bezeichnet. In diesem Zusammenhang ist die neue OpenSSH 9 Version zu nennen, die durch die Adaption einer hybriden Verschlüsselungsmethode standardmäßig gegen eine unerwünschte Entschlüsselung sowohl durch Quantencomputer als auch durch herkömmliche Computer schützt. Der Testlauf des neuen Programmpakets wurde zu Beginn des Jahres 2022 erfolgreich abgeschlossen [24].

Im Kontext der Quantencomputer in Verbindung mit KI ist ein neues Forschungsgebiet von immer größer werdender Bedeutung, welches abschließend noch Erwähnung finden soll. Dabei handelt es sich um das sogenannte Quantum Machine Learning. Dieses stellt ein neues Forschungsgebiet im Bereich der Quanteninformatik dar, wobei Quantencomputer zum Trainieren von künstlicher Intelligenz eingesetzt werden. Wie im Bereich der Kryptografie ist auch hier die Leistungsfähigkeit der Quantencomputer noch nicht ausreichend gut, um mit den Verfahren der klassischen KI mithalten zu können. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass sich dies in den nächsten Jahren ändert und die Leistungsfähigkeit der Quantencomputer rapide ansteigen wird. Dieses Beispiel zeigt umso mehr, wie wichtig es ist, sich bereits heute mit dem Thema Quantencomputer und KI in puncto der Datensicherheit auseinanderzusetzen, um diese auch in der Zukunft gewährleisten zu können [25].

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

1. SATW (2020) Cybersecurity – Herausforderungen für die politische Schweiz: Quantum Computing
2. Ruhlig K (2016) Post-Quantum-Kryptografie. https://www.int.fraunhofer.de/content/dam/int/de/documents/EST/EST-0616-Post-Quantum-Kryptografie.pdf. Zugegriffen: 18. Jul. 2022
3. Mullane M (2021) Fünf Dinge, die jeder über Quantencomputing wissen sollte. https://www.dke.de/de/arbeitsfelder/cybersecurity/news/fuenf-dinge-die-jeder-ueber-quantencomputing-wissen-sollte. Zugegriffen: 16. Apr. 2022
4. China.org (2021) Chinesische Forscher erreichen Quantenvorteil auf zwei Mainstream-Technikrouten. http://german.china.org.cn/txt/2021-10/28/content_77838792.htm. Zugegriffen: 16. Apr. 2022
5. Townsend K (2022) Solving the quantum decryption 'harvest now, decrypt later' problem. https://www.securityweek.com/solving-quantum-decryption-harvest-now-decrypt-later-problem. Zugegriffen: 5. Apr. 2022
6. O'Neill PH (2021) The US is worried that hackers are stealing data today so quantum computers can crack it in a decade. https://www.technologyreview.com/2021/11/03/1039171/hackers-quantum-computers-us-homeland-security-cryptography/. Zugegriffen: 3. Apr. 2022
7. ETSI (2015) Quantum safe cryptography and security—an introduction, benefits, enablers and challenges. ETSI White Paper No. 8, S 8–10
8. Kopf I, Funk S (2021) So funktioniert ein Quantencomputer. https://www.quarks.de/technik/faq-so-funktioniert-ein-quantencomputer/. Zugegriffen: 10. Apr. 2022
9. Cryptovision (2021) Post-Quanten-Kryptografie – Vertrauliche Daten auch für die Zukunft schützen. Whitepaper, S 6–9
10. Hoefnagerls J (2020) The future of cybersecurity. 2b AHEAD ThinkTank, Halle
11. Talend (2022) Datenvisualisierung: Definition, Funktionen und Vorteile. https://www.talend.com/de/resources/was-ist-datenvisualisierung/. Zugegriffen: 17. Apr. 2022
12. ThousandEyes (2022) Internet und WAN: Sichtbarkeit in jedes Netzwerk, das Sie verwenden. https://www.thousandeyes.com/de/product/internet-and-wan. Zugegriffen: 16. Apr. 2022
13. Wardell I (2018) AI Machine learning and its uses in anomaly detection. White Paper, S 1–3
14. Tufan E, Tezcan C, Acartürk C (2021) Anomaly-based intrusion detection by machine learning: a case study on probing attacks to an institutional network. In: IEEE Accress 9
15. Chitrakar R, Chuanhe H (2012) Anomaly detection using support vector machine classification with k-medoids clustering. In: Proceedings 3rd Asian Himalayas International Conference of Internet
16. Syarif I, Prugel-Bennett A, Wills G (2012) Unsupervised clustering approach for network anomaly detection. In: Proceedings of International Conference of Network and Digital Technologies
17. Aung KM, Oo NN (2015) Association rule pattern mining approaches network anomaly detection. In: Proceedings of 2015 International Conference on Future Computational Technologies

18. Hamamoto AH, Carvalho LF, Sampaio LDH, Abrao T, Proenca ML (2018) Network anomaly detection system using genetic algorithm and fuzzy logic. Expert Systems with Applications 92:90–402
19. Pham NT, Foo E, Suriadi JH, Lahza HFM (2018) Improving performance of intrusion detection system using ensemble methods and feature selection. In: Proceedings of Australia's Computer Science Week Multiconference
20. Van der Aalst, De Medeiros (2005) Process mining and security: detecting anomalous process executions and checking process conformance. Electron Notes Theor Comput Sci 121:3–21
21. Kaur J (2021) Overview of anomaly detection for cyber network security. https://www.xenonstack.com/insights/cyber-network-security. Zugegriffen: 15. Apr. 2022
22. Utimaco (2018) Post-Quanten-Kryptografie – Sichere Verschlüsselung für das Quanten-Zeitalter. Whitepaper, S 1–2
23. QED-C (2021) A guide to a quantum-safe organization—transitio ning from today's cybersecurity to a quantum-resilient environment, S 1
24. Duckett C (2022) OpenSSH now defaults to protecting against quantum computer attacks. https://www.zdnet.com/article/openssh-now-defaults-to-protecting-against-quantum-computer-attacks/. Zugegriffen: 16. Apr. 2022
25. Sultanow E, Bauckhage C, Knopf C, Piatkowski N (2022) Sicherheit von quantum machine learning. Wirtschaftsinformatik & Management 4:144–152. https://doi.org/10.1365/s35764-022-00395-6

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Marco Barenkamp

Informatik Spektrum (2022) 45:356–365
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01456-1

HAUPTBEITRAG

Komputer kreiert Wissenschaft

Wolfgang Bibel[1]

Angenommen: 30. März 2022 / Online publiziert: 19. Mai 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung
Die Erfindung des universellen Komputers hat für die Naturwissenschaft insgesamt eine völlig neue Welt eröffnet, in der eine neue Naturwissenschaft entstanden ist, die vor allem von der Künstlichen Intelligenz (KI) als Disziplin repräsentiert wird. In dieser Arbeit wird sie inhaltlich genauer als Theoriebildung über repräsentierende Objekte (ROBs) charakterisiert, welche sich umfassend nur mit Komputern experimentell überprüfen läßt. Dies wird an unterschiedlichsten Beispielen illustriert, herausragende Aspekte ihrer historischen Entwicklung in den letzten hundert Jahren werden aufgezeigt und ihr aktueller Status wird problematisiert.

Einleitung

Die Informationstechnologie (IT) prägt die Entwicklung der Weltgesellschaft in einem vergleichsweise noch nie erfahrenen Ausmaß und dies seit Jahrzehnten. Einen stark wachsenden Anteil an dieser Entwicklung hat die KI-Technologie (KI^T), die aus den Erkenntnissen der naturwissenschaftlichen Disziplin der Künstlichen Intelligenz (KI^D) hervorgeht.[1] Im Gefolge wächst in weiten Teilen der Gesellschaft das Bedürfnis nach einem breiteren und tieferen Verständnis dieser Disziplin und der aus ihr hervorgehenden Technologie.

Jede Naturwissenschaft baut auf dem in ihr über lange Zeiträume erarbeiteten und angesammelten Wissen auf. Ein tieferes Verständnis ihrer längerfristigen Entwicklung erfordert daher neben dem Studium ihrer Inhalte auch einen ausreichenden Überblick über ihre historische Entwicklung. Zu einem solchen wissenschaftshistorischen Überblick über die Geschichte der KI^D möchte der vorliegende Text beitragen.

Geschichtsschreibung mit entsprechendem Anspruch ist ein extrem schwieriges Unterfangen. Denn sie versucht, das von Personen und deren Vorstellungen geprägte Geschehen zu einem Zeitpunkt nachzuvollziehen, an dem diese Personen selbst nicht mehr zu Rate gezogen werden können. Man ist infolgedessen dabei auf tradierte Dokumente, Erinnerungen etc. angewiesen, um daraus auf ein gewisses Verständnis des vergangenen Geschehens schließen zu können. Bis heute steht für ein solches Unterfangen kein naturwissenschaftlich fundiertes Verfahren zur Verfügung. Geschichtsschreibung ist daher zu einem beachtlichen Teil spekulative Interpretation geblieben, die unvermeidbar von den Vorstellungen des Schreibers gefärbt ist.

Unter diesem Vorbehalt soll in dieser Arbeit die Geschichte der KI^D unter bestimmten Aspekten skizziert werden. Der Blick wird dabei auf die letzten 100 Jahre dieser Entwicklung gerichtet, wobei dieser Zeitraum nur zur Orientierung in 4 Zeitabschnitte grob unterteilt wird, denen dann die 4 nachfolgenden Abschnitte der Arbeit entsprechen: 1920–1930, 1930–1950, 1950–1970 und 1970 bis heute. Der Autor hat den letzten dieser Zeitabschnitte hautnah miterleben dürfen. Er hatte in dieser Zeit aber auch – teilweise engeren – Kontakt zu Personen, die die beiden vorangehenden Abschnitte mitgeprägt hatten, und von diesen auch das eine oder andere über den erstgenannten Abschnitt mitgeteilt bekommen. Überdies gründen meine Einschätzungen auf der angegebenen Literatur.

Einer der spezifischen Aspekte dieser Arbeit besteht in der zentralen Rolle, die die Erfindung des universellen

[1] Stephen Muggleton, London, trifft die gleiche Unterscheidung innerhalb AI mit den spezifizierenden Bezeichnungen „engineering“ (KI^T) und „science“ (KI^D) (persönliche Mitteilung von Ute Schmid, 26.11.2021).

Der Autor verwendet konsequent auch Regeln aus der vorangegangenen deutschen Rechtschreibung und hat die Redaktion um Tolerierung dieser schriftstellerischen Einstellung gebeten. Er teilt die Überzeugung, beispielsweise des inzwischen verstorbenen Bundespräsidenten Roman Herzog dahingehend, dass die – seinerzeit gegen erhebliche inhaltliche Vorbehalte durchgesetzte – „Reform“ bzgl. dieser Regeln sprach- und kognitionswissenschaftlich als Fehlentscheidung zu beurteilen ist.

✉ Wolfgang Bibel
bibel@gmx.net

[1] Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

Komputers für das Aufkeimen einer neuen Naturwissenschaft gespielt hat, innerhalb derer die KI[D] eine führende Rolle spielt. Umfang und Strukturen dieser Wissenschaft sind bis heute aber nur inhaltlich sichtbar. Auch wurde sie bis heute nicht mit einem angemessenen Namen bedacht. In diesem Kontext wird dann im Abschnitt „Vorahnungen der neuen Naturwissenschaft“ auch erklärt, was – ausführlicher formuliert – der Titel der Arbeit zum Ausdruck bringen will.

Die Ausgangslage

In diesem Abschnitt skizzieren wir den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand des dritten Jahrzehnts im vorigen Jahrhundert (1920–1930) vor allem auch mit dem Ziel, die aus heutiger Sicht damals noch bestehende gravierende naturwissenschaftliche Erkenntnislücke klar vor Augen zu führen.

Zu jener Zeit erfreute sich die Physik einer besonderen Blüte und galt allgemein als beispielhaft und vorbildlich für alle damaligen Naturwissenschaften (die jeweils bereits auf eine lange, hier aber nicht weiter berücksichtigte Geschichte zurückblicken konnten). Auf der Grundlage des von Niels Bohr entworfenen Atommodells [12] entwickelte beispielsweise Werner Heisenberg die Quantenmechanik[2] [20] und, unabhängig davon aber mit gleicher Zielsetzung, Erwin Schrödinger die im Vergleich völlig andersartige Wellenmechanik [31], um die auf der Ebene von Atomen beobachteten Phänomene naturwissenschaftlich zu erklären.[3]

Gemessen an dem weit fortgeschrittenen Stand der Physik waren in der Biologie grundlegende Fragen damals noch völlig unbeantwortet. So waren beispielsweise zwar die Mendelschen Vererbungsregeln ebenso wie die Zelltheorie bereits etabliert; genauere Vorstellungen von den Zellen (Struktur, Zellteilung, Vererbung usw.) mußten aber noch auf spätere Entdeckungen warten [44]. Auch bei vielen anderen natürlichen Phänomenen mußte man sich auf äußere Beobachtungen, daraus resultierende Klassifikationen und dgl. beschränken.

Vor allem fehlte damals jegliches tiefere Verständnis für alle natürlichen Phänomene, die sich der Beobachtung mit unseren Sinnen völlig entziehen. Wählen wir aus der unermeßlichen Fülle solcher Phänomene zur ersten Illustration ein Beispiel der Kommunikation. Wie vom Nobelpreisträger für Physiologie Karl Ritter von Frisch ab 1920 erforscht, teilen Bienen ihren Stockgenossinnen Informationen über Richtung, Entfernung und Ergiebigkeit einer Futterquelle in Form eines Schwänzeltanzes mit [36]. Zwar können wir mit unseren Sinnen die Tanzbewegungen sehen und Lautsignale hören, die damit überbrachten Informationen, also der eigentlich intendierte Gegenstand der Beobachtung, sind mit keinem unserer Sinnesorgane erkennbar: Informationen kann man nicht sehen, hören, riechen, schmecken oder tasten.

Was hier beispielhaft für Informationen illustriert wurde, gilt genauso für Sprachen allgemein, für Gefühle, Erinnerungen, Vorstellungen, für alle geistigen Leistungen wie Planen, Verhandeln, Wirtschaften, Denken, Erkennen, Schließen, Mathematik, naturwissenschaftliche Theorien und unzähliges Weiteres mehr. Die Objekte der Beobachtung in all diesen Bereichen sind sinnlich nicht erfaßbar. Im Gefolge war am Beginn des letzten Jahrhunderts keiner dieser Bereiche einer naturwissenschaftlichen Erforschung zugänglich.

Was genau versteht man generell unter einer Naturwissenschaft? Sie fokussiert auf bestimmte Objekte der Beobachtung (OBs), wie der Materie und Energie samt deren Ausprägungen im *physikalischen* Weltenraum im Falle der Physik. Bezüglich deren Eigenschaften, Verhalten etc. postuliert sie formal präzise Theorien, beispielsweise in Form mathematischer Gleichungen. Solche Theorien werden experimentell verifiziert. Der Dreiklang OBs, Theorien und Experimente in dem beschriebenen Sinne charakterisiert jede Naturwissenschaft (und grenzt sie von anderen Disziplinen, wie etwa den traditionellen Geisteswissenschaften, ab).

Nehmen wir zur Illustration von einer bestimmten Pflanze an, sie weise bei allen beobachteten Instanzen 3 Blütenblätter auf. Dann postuliert die Naturwissenschaft der Botanik (oder allgemeiner der Biologie) die Theorie, daß die Anzahl der Blütenblätter dieser Pflanze immer 3 ist; formal etwa $\#(Bb,P)=3$. Diese Gleichung ist dann Teil der Theorie der Botanik. Sie läßt sich experimentell von jedermann verifizieren und hat solange Bestand, bis solche Experimente sie ggf. als unzutreffend widerlegen.

Eine solche Gleichung verknüpft abstrahierte Repräsentanten von beobachtbaren Objekten in dieser Welt, beobachtbar mit unseren Sinnen. Auch die Zahl 3 ist ein solches repräsentierendes Objekt, denn es repräsentiert eine bestimmte Eigenschaft jedes Objekts aus der Menge aller aus drei Teilobjekten bestehenden Mengen (beispielsweise der Menge bestehend aus Daumen, Zeige- und Mittelfinger meiner rechten Hand). Während eine gegebene derartige Dreiermenge (etwa von Fingern) beobachtbar ist, kann man die 3 als solche – wie alles in der Mathematik – mit unse-

[2] Im Hinblick auf die im dritten Abschnitt beschriebene Rolle Hilberts ist es erwähnenswert, dass dessen mathematische Erfindung der „Hilbert-Räume“ das entscheidende formale Werkzeug für Heisenbergs Erfolg darstellte.

[3] Eine überzeugende und allgemein geteilte Interpretation der Diskrepanz dieser 2 theoretischen Modelle, die beide experimentell voll bestätigt wurden und als solche daher keinem Zweifel unterliegen, ist in Bezug auf die Konsequenzen in den Details bis heute nicht völlig gelungen (worauf wir im fünften Abschnitt nochmals zu sprechen kommen werden).

ren Sinnen nicht beobachten. Jedoch können wir auch ein solches Objekt zum Gegenstand der Untersuchung machen. Um eine Bezeichnung dafür zu haben, will ich hier von einem *repräsentierenden Objekt*, kurz einem ROB sprechen.[4]

Die Theorie einer Naturwissenschaft besteht demnach aus derartigen ROBs (#(*Bb,P*) = 3 im Falle der obigen Gleichung), die nach mathematisch präzisen Regeln mit definierten Bedeutungen aus ROBs (im Beispiel aus den konstitutiven Elementen #(_,_), *Bb, P*, _ = _, 3)[5] gebildet sind. Sie beziehen sich auf bestimmte Aspekte der beobachtbaren Welt und diese ROB/Welt-Beziehung ist wiederum präzise festgelegt, wie es die Gleichung illustriert. Solche ROBs repräsentieren, idealisieren, modellieren, symbolisieren, wie immer man es auch bezeichnen möchte. Mit dem Begriff von ROBs versuchen wir hier also eine riesige Klasse von Phänomenen in unserer Welt zu umreißen, die sich der naturwissenschaftlichen Behandlung durch die bisherigen Naturwissenschaften entzogen haben, eben weil sie mit unseren Sinnen unmittelbar nicht wahrnehmbar, gleichwohl unzweifelhaft existent sind.[6]

Der Schwänzeltanz der Bienen bildet selbst ein solches ROB,[7] steht also auf der gleichen epistemologischen Ebene wie diese Gleichung. Das Gleiche gilt für alle oben gelisteten weiteren Phänomene dieser Art. Für ROBs gab es in den 1920er-Jahren keine umfassende naturwissenschaftliche Methodik der beschriebenen Art, weil sich ROBs jeglichen Experimenten entzogen. Auf diese riesige Lücke in den damals möglichen naturwissenschaftlichen Erkenntnismöglichkeiten sollten diese Ausführungen nachdrücklich aufmerksam machen, wird sie doch im nächsten Abschnitt eine entscheidende Rolle spielen.

Die theoretischen Grundlagen für das Schließen dieser Erkenntnislücke waren damals jedoch bereits weit vorangeschritten. Angesichts des formalen Charakters von ROBs ist es wenig verwunderlich, daß diese Grundlagen in der Mathematik sowie in der Logik erarbeitet wurden. Der Logik – ihrer Natur nach eine Meta-Mathematik[8] – kommt in diesem Zusammenhang eine herausragende Bedeutung zu. Denn Theorien *über* (und Experimente auf) ROBs lassen sich naturgemäß nur auf einer Ebene *oberhalb* der ROBs, also oberhalb der Mathematik, d. h. in der Meta-Mathematik, sprich der Logik gestalten (wo dann Meta-ROBs eine Rolle spielen werden). Glücklicherweise hatte die Logik im 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts einen wahrhaft fulminanten Aufschwung genommen und so entscheidend den Boden für die revolutionären Entwicklungen der nächsten 2 Jahrzehnte bereitet, die Gegenstand des folgenden Abschnitts sind.

Die Erfindung des universellen Komputers

Wir richten den Blick in diesem Abschnitt nun auf das dritte und vierte Jahrzehnt des letzten Jahrhunderts. In dieser Zeitspanne konnten wahrhaft revolutionäre wissenschaftliche Fortschritte erzielt werden, allen voran die Erfindung des universellen Komputers.

Die Geschichte dieser Erfindung ist in der Literatur inzwischen bestens dokumentiert [13]. Gleichwohl hält sich (vor allem in den angelsächsischen Ländern) hartnäckig eine historisch unzutreffende Vorstellung der tatsächlichen Beiträge. Denn die Priorität des ersten funktionsfähigen Komputers gebührt eindeutig Konrad Zuse, der seine Z3 am 12.05.1941 in Berlin vorführte. Parallel dazu reichte er am 16.07.1941 unter dem Aktenzeichen Z 26476 eine Patentschrift „Rechenvorrichtung“ ein, die dann erst nach dem Krieg unter dem Aktenzeichen Z 391 vom Patentamt bekanntgemacht und nach insgesamt 26 Jahren „mangels Erfindungshöhe“ (!) schließlich abschlägig entschieden wurde.

Es ist hier wie auch bei anderen Erfindungen tatsächlich so, daß an verschiedenen Orten und von verschiedenen Personen am Bau von Komputern gearbeitet wurde, die mit Ausnahme der Z3 dann aber erst *nach* 1941 fertiggestellt wurden. Erwähnt seien als Beispiele die Colossus Mark 1 von Tommy Flowers am General Post Office in England (1943), die Mark I von Howard Aiken an der Harvard University (1944), die ENIAC von J. Presper Eckert und John W. Mauchly an der Moore School der University of Philadelphia (1945), die Pilot ACE von Alan Turing und James H. Wilkinson am National Physical Laboratory in England

[4] Es handelt sich in diesem Kontext natürlicherweise um immaterielle, abstrakte, formale oder digitale Objekte, wie immer man sie auch bezeichnen möchte. Es gibt im Gegensatz dazu ja auch konkrete repräsentierende Objekte; beispielsweise repräsentiert die berühmte Skulptur Le Penseur von Auguste Rodin einen denkenden Menschen.

[5] Ausführlicher erläutert ist # ein Name für die spezifische zweistellige – deshalb die zwei mittels _ markierten Stellen in (_,_) – Funktion, die zu einer beliebigen Pflanze, hier speziell zu *P*, die Anzahl ihrer Blütenblätter *Bb* angibt, was mathematisch mittels der wiederum zweistelligen – deshalb wieder die Stellenbezeichnung _ vorher und nachher – Gleichheitsrelation = erfolgt; im Beispiel ist als Ergebnis 3 angenommen.

[6] Es könnte eingewendet werden, daß der Begriff „Natur“ in Naturwissenschaft nicht im Einklang mit der Einbeziehung von ROBs gesehen werden könnte; auf diesen Bezeichnungsaspekt sei an dieser Stelle nicht weiter eingegangen; denn bei der Verwendung des Begriffs Naturwissenschaft kommt es uns in diesem Kontext vor allem auf deren grundlegende Methodik an.

[7] Es handelt sich unbezweifelbar um ein Phänomen in dieser Welt, ist also existent, drückt aber etwas aus, was mit unseren Sinnen nicht greifbar ist und deshalb nur über repräsentierende Objekte, also ROBs zugänglich ist.

[8] Ihren weiter unten erwähnten Aufschwung hat die Logik nicht zuletzt dem Bemühen zu verdanken, die Widerspruchsfreiheit der Mathematik nachzuweisen, was nur auf der Ebene oberhalb der Mathematik, also in Form einer Meta-Mathematik möglich ist.

(1950) und die IAS Maschine von John von Neumann am Institute for Advanced Studies in Princeton (1952).

Da es Rechenmaschinen natürlich schon vor 1941 gab, stellt sich die Frage, was die genannten Maschinen im Vergleich mit ihren Vorgängern besonders auszeichnete. Frühere Rechenmaschinen, wie beispielsweise diejenigen von Wilhelm Schickard oder Gottfried Wilhelm Leibniz aus dem 17. Jahrhundert beherrschten in der Regel die 4 arithmetischen Grundrechenarten; mit anderen Worten, sie konnten genau 4 Funktionen berechnen. Tatsächlich gilt für alle Rechenmaschinen vor 1940 eine solche Beschränkung auf die Berechnung weniger, in jedem Fall endlich vieler Funktionen. Genau in dieser Beschränkung liegt der entscheidende Unterschied: universelle Rechenmaschinen bzw. Komputer können grundsätzlich alle überhaupt berechenbaren Funktionen berechnen und das sind unendlich viele. Das ist ein wahrhaftig revolutionärer Sprung von einem in der Wissenschaftsgeschichte extrem seltenen Ausmaß und mit unvorstellbaren Auswirkungen. Wie ist er in derart kurzer Zeit möglich geworden?

Wie bereits am Ende des letzten Abschnitts angedeutet, wurden die entscheidenden Voraussetzungen für diesen Sprung durch die Logik bereitgestellt. Vor allem in ihr wurden die 3 grundlegenden Ingredienzien *Formalisierung* (ROBs), *Kalkülisierung* (Berechnung) und *Universalität* in Richtung auf die Komputerentwicklung erarbeitet. Formalisierung ist seit Jahrtausenden in der Mathematik beheimatet und erreichte ihren Höhepunkt in der Logik mit Freges Begriffsschrift [18]. Auch das Rechnen, vor allem das arithmetische Rechnen hat eine Jahrtausende lange Tradition in der Mathematik. In dieser arithmetischen Ausprägung war es seit Leibniz Vorbild auch für die Logik; so findet sich in Freges Buchtitel ausdrücklich „*... eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache*“. Die Logik zielte aber letztlich und von Anfang an auf einen viel umfassenderen, eben auf einen quasi universellen Kalkül. Diese Zielsetzung wurde mit den prädikatenlogischen Kalkülvarianten dann auch erreicht, die beispielsweise in [22] dargelegt sind. Details zu dieser historischen Entwicklung sind in [10] erörtert, weshalb wir hier nicht nochmals weiter darauf eingehen wollen. Hier interessiert vor allem, in welchem Sinne die Prädikatenlogik (PL) als universell bezeichnet werden kann.

Schon oben haben wir festgestellt, daß Komputer grundsätzlich *alle* berechenbaren Funktionen berechnen können und in diesem Sinne universell genannt werden. In Lehrbüchern der Logik wie dem soeben erwähnten Klassiker wird dargestellt, daß jede Funktion im Formalismus der PL dargestellt werden kann. Auch kann die Berechnung einer solchen Funktion als Ableitung im Kalkül der PL modelliert werden. Also ist die PL universell in genau diesem Sinne der Modellierung. Am Beginn des dritten Jahrzehnts des letzten Jahrhunderts stand also bereits ein universeller Kalkül beispielhaft zur Verfügung.

Genau in diesem von der Logik bereitgestellten Kontext wies Gödel dann 1930 nach, daß es grundsätzliche Grenzen der Beweisbarkeit und damit auch der Berechenbarkeit gibt [19]. Zudem führte er in dieser Arbeit die formale Technik der Gödelisierung ein; danach konnten auch nichtnumerische Formalismen mit Zahlen repräsentiert werden, was in der Komputertechnik und vor allem auch in der KI umfangreiche Anwendungen fand. Im gleichen Kontext haben Alonzo Church die sogenannte Churchsche These aufgestellt [15] und Alan Turing seine Turing-Maschine samt einer universellen Turing-Maschine erfunden [37].

Aber auch Zuse machte sich um das Jahr 1936 mit diesem Kontext vertraut: „*Also studierte ich Hilbert-Ackermann, Frege, Schröder und andere bekannte Logiker*“ [46, S. 69, 94]. Für die anderen oben in diesem Abschnitt genannten Komputerentwickler galt diese Vertrautheit mit dieser logischen Basis in gleicher Weise. Kurz, es bestätigt sich nicht nur inhaltlich, sondern auch wissenschaftshistorisch, daß die Erfindung des Komputers entscheidend durch die vorausgegangenen Ergebnisse in der Logik ausgelöst wurde [17].

Am Beginn der in diesem Abschnitt fokussierten Zeitperiode war das Zentrum dieses Entwicklungshöhepunkts Göttingen: „*By 1920, there was no mathematics department in the world to rival that of Göttingen*“ [1, S. 20]. Persönlichkeiten, die in dieser Periode herausragende Beiträge zu der hier dargestellten Entwicklung leisteten, waren in der einen oder anderen Weise mit diesem Ort und dort vor allem mit Hilbert, „*the most influential mathematician of the early twentieth century*“ [1, S. 19], verbunden. Darunter sind Kurt Gödel, Alan Turing, John von Neumann, Norbert Wiener und viele andere. Die Hilbert-Schule hat darüber hinaus indirekt viele weitere beeinflußt, nicht zuletzt die vielen weiteren Personen, die an der Geburt des neuen Komputerzeitalters aktiv mitgewirkt haben.

Beiläufig sei die folgende historisch bedeutsame Begebenheit erwähnt. Die Nationalsozialisten haben nach ihrer Machtübernahme bekanntlich viele Hochschullehrer vertrieben, wofür der damalige Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung, Bernhard Rust, verantwortlich zeichnete. 1934 nahm dieser an einem Bankett in Göttingen teil, bei dem er Hilbert fragte, ob es wahr sei, daß die Mathematik unter der Entfernung der Juden gelitten habe. „*Gelitten?*“ antwortete Hilbert. „*Nein, sie hat nicht gelitten, Herr Minister. Sie existiert einfach nicht mehr*“ [1, S. 64]. Hilberts Feststellung ist deshalb bedeutsam, weil sie zu einem Gutteil erklärt, warum sich – ungeachtet der großartigen Zuseschen Beiträge – die dominierende Entwicklung der Komputertechnik und der KI in dieser und der nächsten Periode weitestgehend *nicht* in Deutschland abgespielt hat.

Vorahnungen der neuen Naturwissenschaft

Am Beispiel des Schwänzeltanzes der Bienen haben wir im vorausgehenden Abschnitt festgestellt, daß es in den 1920er-Jahren keine umfassende naturwissenschaftliche Methodik zur Erforschung dieses und unzähliger anderer Phänomene in der Welt gegeben hat, weil es sich dabei um repräsentierende Objekte der Beobachtung (ROBs) und nicht um mit unseren Sinnesorganen beobachtbare Objekte (OBs) selbst handelt. Theorien über ROBs können, wie dort ausgeführt, experimentell nur in Form einer Modellierung durch Meta-ROBs überprüft werden. Da ROBs beliebig komplizierte Funktionen darstellen, ist hierzu ein Modellierungsgerät erforderlich, das solche Funktionen darstellen kann. Im ersten Teil dieses Abschnitts haben wir nun gesehen, daß der um 1940 herum neuerfundene universelle Komputer genau auch hierzu in der Lage ist und mit seiner Erfindung die dort beschriebene Lücke geschlossen werden kann. In diesem Sinne ist auch der Titel dieser Arbeit zu verstehen: Durch die Erfindung des Komputers wird die bislang fehlende und entscheidende Voraussetzung für eine neue Naturwissenschaft geschaffen, die die beschriebene große Lücke schließt.

Alle großen Geister, die bei der Erfindung des Komputers involviert waren, wie Zuse, von Neumann, Turing usw., waren sich dieser seiner Bedeutung voll bewußt. Sie alle haben sich daher sofort konkretere Gedanken darüber gemacht, was nun alles mit diesem neuen Instrument untersucht und modelliert werden kann.

Allen voran hat sich von Neumann, der – von Hilbert gefördert – ja an den Entwicklungen der Logik und deren universellen Kalkülen hautnah beteiligt war und daher diese Erfindung vorausahnen konnte, schon in den 1920er-Jahren Gedanken über diejenigen ROBs gemacht, die wir als Gesellschaftsspiele (Dame, Schach usw.) bezeichnen. In seiner Arbeit [40] finden sich die ersten theoretischen Grundlagen der Spieltheorie, wie beispielsweise das MiniMax-Verfahren, das von einem Komputer bei der Modellierung eines solchen Spiels angewandt werden kann [30].[9]

Spiele sind ROBs, können aber als sehr vereinfachte Modelle des menschlichen Wirtschaftens und Handelns, das ja selbst ein ROB darstellt, auch als Meta-ROBs verstanden werden. Deshalb waren nach der Erfindung der Komputer, also der zum Experimentieren auf der Meta-ROB-Ebene allein verfügbaren Geräte, Spiele ein besonders beliebtes Feld solchen Experimentierens in der neuen Naturwissenschaft. Zuse war mit von Neumanns Arbeit zumindest oberflächlich vertraut und hat sich 1945 intensiv mit der symbolischen Programmierung von Schach auseinandergesetzt [46, S. 116–126], auch wenn aufgrund der Umstände der unmittelbaren Nachkriegszeit ihm das Experimentieren selbst nicht möglich war. Leider hat er darüber – über Archivalien im Zuse-Archiv hinaus – damals nichts veröffentlicht.[10] So stammt die erste Publikation zur Schachprogrammierung dann von Claude Shannon [33].

Die großen Komputerpioniere haben von Anfang an auch erkannt, daß mit ihrer Erfindung offensichtlich eine Analogie zum Gehirn geschaffen war, denn beide ermöglichen die Verarbeitung von ROBs auf der Meta-ROB-Ebene. So publizierten Warren McCulloch und Walter Pitts schon 1943 ein den Logikkalkülen nachempfundenes Modell – also ein ROB – für Neuronen im Gehirn [28]. Am klarsten ist die Analogie in von Neumanns Buch [42] herausgearbeitet worden, dessen grundlegende Ideen bereits in Vorträgen der 1940er-Jahre von ihm präsentiert wurden, wie z. B. auf dem Hixon Symposium on *Cerebral Mechanisms in Behavior* vom September 1948 am Caltech in Pasadena [41]. Auf diesem Symposium hielt auch der Psychologe Karl Lashley (1890–1958) einen Vortrag, der als grundlegend für die heutigen Kognitionswissenschaften gilt [29, S. 55], die sich der naturwissenschaftlichen Methodik in dem hier beschriebenen Sinne verpflichtet haben und daher Teil der neuen Naturwissenschaft sind. Beiläufig sei erwähnt, dass es von Zuse Tagebuchnotizen gibt, in denen auch er sich Gedanken über die Analogie Gehirn/Komputer macht, beispielsweise eine bereits vom 20.06.1937 [46, S. 66ff].

Alle Wissenschaften sind Gebilde des menschlichen Geistes. Deshalb ist es aufgrund dieser Analogie nicht verwunderlich, daß die neue Naturwissenschaft für Probleme aus allen anderen Wissenschaften mit ihren Methoden Lösungen verspricht, wann immer diese ROBs beinhalten. Im Falle der Biologie haben wir das bereits mit dem Bienentanz illustriert. Ein Verständnis der Zellteilung und Vererbung sind weitere biologische Problemstellungen, für die damals bislang kein Lösungsansatz gefunden werden konnte, weil ROBs dabei entscheidend beteiligt sind. Schon 1948 „*... von Neumann had laid out the theoretical underpinnings of molecular biology by identifying the essential steps required for an entity to make a copy of itself*“ [1, S. 230]. Das war also 5 Jahre vor (!) der Entdeckung der DNA durch James Watson und Francis Crick, die durch von Neumanns Arbeit, veröffentlicht später in [14], stark beeinflußt war: Durch die neue Naturwissenschaft werden also bislang ungelöste Probleme lösbar. Wiederum beiläufig erwähnt sei, daß auch Zuse um die gleiche Zeit über selbst reproduzierende Systeme spekulierte [46, S. 140–143].

So schießen am Ende der 1940er-Jahre die Ansätze zu – aber auch Spekulationen über – all diese neuen Möglichkeiten ins Kraut. Neben den bereits genannten seien noch erwähnt die automatische Übersetzung von Sprachen, das

[9] Der Logiker Ernst Zermelo hatte dazu sogar schon 1912 allererste Beiträge geleistet [1, S. 313].

[10] Es fehlte ihm am dazugehörigen akademischen Kontext samt einer entsprechenden Betreuung und Beratung.

Lernen, die neue Theorie über analoge Rückkopplungen, die unter der Bezeichnung „Kybernetik“ weltweit Anklang fand [43], Operations Research [1, S. 188], Linear Programming [1, S. 191] und nicht zuletzt Turings Charakterisierung von maschineller Intelligenz [38].

Zuse hat sich in jener Zeit als wohl weltweit erster auch mit dem Automatischen Beweisen (ATP) beschäftigt, Programme im Plankalkül dazu formuliert (die aus den genannten Gründen nie implementiert wurden), darüber auch publiziert [45] und die Ergebnisse in Patenten eingearbeitet [11, S. 731]. Mathematische Theoreme sind ROBs und die Tätigkeit des Beweisens erfolgt daher auf der Meta-ROB-Ebene, also wieder ein naheliegendes Experimentierfeld für die einzigen hierfür verfügbaren Geräte, d. h. für Komputer.

Die Begründung der Künstlichen Intelligenz als Disziplin

„*The emergence of artificial intelligence as a full-fledged field of research coincided with (and was launched by) three important meetings – one in 1955, one in 1956, and one in 1958*“ [29, S. 55]. Es war vor allem das *Summer Research Project on Artificial Intelligence*, das 1956 am Dartmouth College, New Hampshire, stattfand und als das eigentliche Gründungsereignis der AI bzw. KI^{D} angesehen wird. Sein Hauptinitiator war John McCarthy (1927–2011), der schon die Federführung bei der Antragstellung innehatte. Neben ihm fungierten Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester und Claude E. Shannon als Ko-Antragsteller.

McCarthy hatte am Caltech, Pasadena, 1948 seinen Bachelor in Mathematik vollendet, nahm am Hixon Symposium teil (siehe vorherigen Abschnitt) und hörte dort vor allem den von Neumannschen Vortrag, der ihn entscheidend in Richtung „denkende Maschinen“ beeinflußte. Unter diesem Einfluß ging er nach seinem Master-Abschluß am Caltech dann zur Promotion auch nach Princeton, wo er sich mit den Vorstellungen der neuen Naturwissenschaft vertraut machen konnte.

Wie McCarthy dem Autor in einem persönlichen Gespräch mitteilte, war von ihm das „Artificial Intelligence“ (AI) im Projekttitel damals als Gegenstand der Projektforschung und nicht als Name für eine entstehende Disziplin gedacht.[11] Ein vorausgegangener, aber enttäuschender Versuch mit dem Begriff „Automat“ [34] führte ihn schließlich zur Verwendung von AI im Titel. Die an dem Projekt Beteiligten trugen ihre gemeinsame Begeisterung für die neue Disziplin im Anschluß in ihre Universitäten, wo im Gefolge AI Institute gegründet wurden (z. B. MIT, CMU, Stanford, SRI, Edinburgh). Sie wählten kurzerhand AI als deren Bezeichnung, sodaß sich so AI auch als Name für die Disziplin dauerhaft bis heute etablierte.[12]

Die Geschichte dieser Etablierung in den in diesem Abschnitt fokussierten Jahrzehnten 1950–1970 in den angelsächsischen Ländern ist vor allem in dem zitierten Buch von Nilsson ausführlich dargelegt. Der Abschn. 4 in [6] enthält dazu aus europäischer Sicht und der Abschn. 2 in [4] sowie die Arbeit [10] aus deutscher Sicht eine Reihe von Ergänzungen. Auf Einzelheiten wollen wir daher hier – mit Ausnahme der folgenden allgemeinen Feststellung – nicht weiter eingehen.

Die KI^{D} ist somit in den angelsächsischen Ländern begründet und bis etwa 1970 so gut wie ausschließlich dort als Disziplin vorangetrieben worden. Die verstreut aktiven KI-Forscher in Deutschland haben in diesem Zeitraum nicht zueinander gefunden und jeweils ein Inseldasein geführt.[13] In dieser zersplitterten Form hat die KI^{D} in Deutschland daher auch keinerlei Unterstützung und Widerhall erfahren können. „*Die Sache verpuffte jedoch völlig*“ beschrieb Zuse die Situation zutreffend und mit spürbarer Enttäuschung [46, S. 164f]. Der einzelne auf sich allein gestellte Forscher bleibt immer ein Rufer in der Wüste; nur im Verein und im Austausch mit einer kritischen Masse an Gleichgesinnten – wie den Teilnehmern in Dartmouth – findet das Neue seinen Weg in die Welt.

Zum Status der neuen Naturwissenschaft

Die Etablierung der KI^{D} in Deutschland wurde von einem Treffen am 18.02.1975 in Bonn ausgelöst, bei dem sich eine Gruppe Gleichgesinnter in ausreichender Anzahl zusammenfand. Alle Beteiligten waren in ihrer vorausgegangenen wissenschaftlichen Arbeit entscheidend von den Ergebnissen beeinflußt, die ihnen aus den angelsächsischen Ländern bekannt geworden waren, während an KI^{D}-relevante Vorarbeiten aus dem deutschsprachigen Raum so gut wie nicht angeknüpft wurde.

Seither hat sich die KI sowohl als Disziplin wie auch als Technologie hierzulande bestens entwickelt, dabei aber immer die weiterhin führende Entwicklung in den USA nacheifernd mit im Auge behalten. Die Details hierzu sind

[11] Wie er mir sagte, habe er als Disziplinbezeichnung vielmehr an „Cognology“ gedacht [2].

[12] Ähnlich wie der Autor hier hat auch Herbert Simon den naturwissenschaftlichen Charakter von KI^{D} beschrieben und dabei den Begriff „artificial“ anstelle von ROBs verwendet [35], wohl auch um die Nähe zur AI in der Bezeichnung sichtbar zu machen.

[13] Die bislang auch von mir oberflächlicherweise übernommene Bezeichnung eines „invisible college“ für diese damaligen an KI-Themen arbeitenden Personen trifft daher ganz und gar nicht das Wesentliche, weil ein „college“ bekanntlich von seiner Zusammengehörigkeit lebt, die in diesem Fall absolut nicht gegeben war. Der Begriff sollte daher für die damalige Situation in Deutschland also möglichst nicht mehr verwendet werden.

in den Abschn. 3 und 4 in [4] sowie in [10] ausführlich dargelegt, sodaß dem in diesem Kontext aus historischer Sicht nichts mehr weiter hinzuzufügen ist. Überdies ist Einschlägiges in den jeweiligen Abschnitten sowohl meiner Memoiren [7] als auch der Beschreibung meines Weltbildes [3] zu finden. Die Geschichte des automatischen Beweisens (ATP) als Teilgebiet der KI ist für den Autor von besonderem Interesse, weil es sich dabei um sein engeres Forschungsgebiet handelt. Da auch hierfür bereits einschlägige Arbeiten unter [5] – bzw. für neueste Entwicklungen im Abschn. 3 in [11] – vorliegen, erübrigt sich auch hierzu eine weitere Erörterung.

Weltweit – und im Gefolge auch in Deutschland – ist die KI-Technologie (KI^T) seit einer Reihe von Jahren als führende und gesellschaftsprägende Technologie nun voll und ganz anerkannt, allerorten viel diskutiert und wird finanziell massiv unterstützt; sie wird hierzulande vor allem auch wegen ihrer Bedeutung als Wirtschaftsfaktor geschätzt. KI als Naturwissenschaft wird im öffentlichen Diskurs dabei völlig ausgeblendet. Das ist analog gesehen so, als ob man unter der Physik nur deren technologische Anwendungen, wie beispielsweise in Form von Atomkraftwerken, verstehen würde. Diese schiefe Betrachtungsweise hat dann zur Folge, daß Menschen Unbehagen für „die KI“ empfinden, obwohl sie damit vage ja nur an einzelne KI-Systeme und deren als beängstigend eingeschätzte Anwendungsmöglichkeiten denken. Wiederum analog gesehen, müßten die gleichen Personen auch Unbehagen für „die Physik“ empfinden, auch wenn sie vage dabei nur an Möglichkeiten wie der eines Atombombeneinsatzes denken. Die KI^D-Forscher verdienen jedoch genauso unbehagen-freien Respekt und Anerkennung wie die – beispielsweise in CERN tätigen – Physiker.

Vor diesem Hintergrund ist der nachdrückliche Hinweis in der vorliegenden Arbeit auf KI als Disziplin und als wesentlicher Teil einer neuen Naturwissenschaft zu verstehen. Zu ihr und ihrem aktuellen Status sei hier noch eine abschließende Einschätzung gegeben, die an den Inhalt der Arbeiten [8, 9] anschließt und diesen ergänzt.

Wie im zweiten Abschnitt einführend am Beispiel des Bienentanzes erläutert, sind ROBs die Gegenstände der Beobachtung dieser Naturwissenschaft. Auf der Grundlage von gezielt arrangierten Beobachtungen und mit seinen geistigen Fähigkeiten zum induktiven Schließen konnte von Frisch die Bedeutung einzelner Aspekte der Bienenbewegungen bedingt zwar auch ohne Komputer erschließen. Experimentell gesicherte Aussagen sind jedoch, wie mehrfach erläutert, auch hier erst mittels Simulationen auf dem Komputer möglich, wie beispielsweise in der Arbeit [26] geschehen.

Nun stellt sich die Frage, in welcher Disziplin solche Simulationen dann beheimatet sind: in der Biologie oder in der KI^D? Angesichts des Fokus und der zu solchen Simulationen erforderlichen anspruchsvollen Methoden und Kenntnisse kann die Antwort nur „KI^D“ lauten, auch wenn Bienen als Studienobjekte natürlicherweise der Biologie zuzuordnen sind. Nach der Repräsentation als ROB sind zur Lösungsfindung Kenntnisse aus der problemstellenden Disziplin so gut wie nicht mehr benötigt. Jüngst wurde, um ein weiteres Beispiel zu erwähnen, sogar eine – zumindest partielle – Lösung für eine 50 Jahre erforschte Problemstellung ebenfalls aus der Biologie, nämlich dem Proteinfaltungsproblem, mit dem KI-System AlphaFold gefunden [32], worüber die Medien ausführlich berichteten; klar ist auch dies ein Erfolg eindeutig in KI^D. Als drittes derartiges Beispiel aus der Biologie sei das neue Buch [21] eines Professors am Institut für Biologie der FUB erwähnt, das auf dem Flyer mit folgendem Satz charakterisiert wird: „*What neurobiology and artificial intelligence tell us about how the brain builds itself.*“

KI^D löst also Fragen aus anderen Disziplinen, nicht nur solche aus der Biologie, sondern im Prinzip auch aus allen anderen Disziplinen; denn in allen stehen ROBs im Zentrum ihrer Forschungen. Wir könnten hier, wenn es den Rahmen nicht völlig sprengen würde, wie bislang im Text nur beispielhaft besonders für den Fall der Biologie illustriert, viele Beispiele aus anderen Disziplinen dazu listen, aus Medizin, Psychologie, Chemie,[14] Bio-Chemie, Pharmakologie, Mathematik,[15] Informatik, Wirtschaftswissenschaften, Jurisprudenz, Politik,[16] Philosophie[17] etc. Die KI^D, oder allgemeiner die die KI^D umfassende neue Naturwissenschaft, hat sich inzwischen zu einer universellen Disziplin entwickelt. Gleichwohl trägt sie bis heute keinen Namen, noch ist sie im akademischen Organisationsgefüge als naturwissenschaftliche Disziplin in angemessener Weise überhaupt anerkannt geschweige denn etabliert.

Inwiefern sollte dieser Umstand problematisch sein? Geeignete Organisationsstrukturen fördern bekanntlich günstige Entwicklungen, fehlende behindern sie. Ein Biologe, der in seinem Studium nie etwas von KI^D auch nur gehört hat, wie es bis heute von der Schule bis zum Ende des Studiums eher die Regel ist, dem bleibt das tiefere Verständnis

[14] Zwei beeindruckende Forschungsergebnisse aus der KI^D für die Chemie sind beispielsweise in den Publikationen [24] und [39] beschrieben.

[15] Die heutigen Systeme im ATP finden in Laufzeiten von jeweils höchstens Minuten automatisch die Beweise für inzwischen *Zig-Tausende* von mathematischen Theoremen, was jeden menschlichen Mathematiker eigentlich tief beeindrucken sollte. Weil wir Menschen – und damit eben auch wir Wissenschaftler – uns aber weniger von solchen nüchternen Zahlen, sondern leider erst im Gefolge von sensationellen Nachrichten beeindrucken lassen, sei zudem auf die in der Publikation [16] beschriebenen Lösungen mathematischer Probleme aus der Knotentheorie sowie aus der Gruppentheorie hingewiesen, die von Systemen aus der KI^D entdeckt und erstmals bewiesen wurden.

[16] Vgl. [25].

[17] [23].

für ganze Problembereiche aus der Welt der Biologie (wie beispielsweise für den Bienentanz) für immer verschlossen. Die besten Studenten der Biologie, die das zugrundeliegende Manko durchschaut haben und deshalb auch KI^D studieren wollen, wird ein entsprechendes Studium nach meiner Einschätzung organisatorisch extrem schwer gemacht, wie ich an Beispielen von Studienverläufen exzellenter Studenten der Biologie beobachten konnte. Analoges gilt für alle anderen Disziplinen. Dadurch wird mangels möglicher Synergie wissenschaftlicher ebenso wie – im Gefolge – technologischer oder gesellschaftlicher Fortschritt behindert.[18] Die bislang gebrauchte Krücke, für all die genannten Disziplinen X die Kombination X-Informatik, wie beispielsweise Bio-Informatik, einzuführen, ist unpraktikabel und auf Dauer völlig unzureichend. Deshalb sollte die neue Naturwissenschaft endlich auch einen Namen bekommen, wie andere Naturwissenschaften auch gegliedert, ausgefächert und organisatorisch im akademischen Gefüge angemessen eingebunden werden.

Leider stehen diesem erstrebenswerten Anliegen erhebliche Widerstände aus den etablierten Disziplinen im Wege, wie die folgenden Beispiele andeuten. Selbst die inzwischen sehr erfolgreiche Kognitionswissenschaft wird innerhalb der Psychologie nur bedingt als zugehöriger Teil angesehen, in jedem Fall dort sehr stiefmütterlich behandelt. Die Mathematik in Deutschland hat als Disziplin beispielsweise das automatische Beweisen bislang nahezu völlig ignoriert, obwohl dieses bereits zu großen Bereicherungen der Mathematik beigetragen hat (vgl. die diesbezügliche Fußnote 15). Die Gesellschafts- und Geisteswissenschaften haben bis heute die neue Naturwissenschaft überhaupt nicht als etwas für sie inhaltlich Relevantes wahrnehmen wollen.[19] Von einer vergleichbar ablehnenden Haltung der Physik berichtet das Buch [1, S. 251ff].[20] Ja, selbst etliche KI-Wissenschaftler, vor allem solche fokussiert auf KI^T, „sehen den Wald vor lauter Bäumen nicht“ und vertreten im Gefolge ihr Fach KI^D oft in unverständlicher Weise.

Auch wenn die historische Erfahrung lehrt, daß revolutionäre Neuerungen immer eine gewisse Zeit für ihre allgemeinere Akzeptanz in der Gesellschaft erfordern, wäre es nach so vielen Jahrzehnten inzwischen längst an der Zeit, im Falle der in dieser Arbeit besprochenen neuen Naturwissenschaft dieser den ihr gebührenden Platz endlich angemessen einzuräumen.

Schlußbemerkung

Auf der Grundlage der seit Jahrhunderten allgemein anerkannten Charakterisierung einer jeglichen Naturwissenschaft durch ihre Gegenstände, formale Begriffs- und Theoriebildungen und deren experimenteller Überprüfung ist in der vorliegenden Arbeit die historische Entwicklung einer neuen Naturwissenschaft dargestellt worden. Danach ist die KI als naturwissenschaftliche Disziplin (KI^D) ein zentraler Teil in ihr. Ihre Gegenstände sind repräsentierende Objekte (ROBs) und Experimente zu Theorien über ROBs sind mit dem (universellen) Komputer durchführbar.

ROBs waren schon immer Gegenstand der Mathematik und sind es in der Informatik ebenso wie in der KI^D. Aber nur in der KI^D sind sie zum Gegenstand von Experimenten in dem in der Arbeit beschriebenen Sinne geworden, was diese neue Disziplin von allen anderen unterscheidet. Dies führte zu deren Zielsetzung u. a. eines „*understanding human and machine intelligence through the design, creation,*

[18] Die Behinderung ergibt sich auch in Form von redundanter, weil in getrennten Disziplinen unabhängig voneinander durchgeführter Forschungsarbeit; Beispiele dazu sind in Fußnote 20 erwähnt.

[19] Im Ankündigungstext des Buches [27] wird dagegen zu Recht postuliert und festgestellt: „*Additives Wissen und Ausbildung in getrennten Disziplinen der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik reichen aber nicht aus. In der Künstlichen Intelligenz wachsen diese Disziplinen mit den Human- und Sozialwissenschaften zusammen.*“.

[20] Im zweiten Abschnitt wird in der entsprechenden Fußnote die bis heute fehlende einheitliche Interpretation der Diskrepanz in der Quantenwelt erwähnt. Der Nobelpreisträger für Physik Steven Weinberg äußerte sich 2017 dazu wie folgt: „*It is a bad sign that those physicists today who are most comfortable with quantum mechanics do not agree with one another about what it all means*“ (zitiert in [1, S. 42]). Wie in dem hier zitierten Buch diskutiert, ist eine solche Übereinstimmung in der Interpretation möglicherweise nur unter Einbeziehung von Erkenntnissen aus der KI^D zu erzielen.

Es ist zumindest sehr befremdlich, daß die Physik sich schon mehrfach bei genuinen KI^D-Themen direkt oder indirekt für zuständig erklärt hat und in diesem Sinne die Existenz von KI^D ignoriert. Es sei dazu nur beispielhaft erwähnt, daß das fachgerecht im Deutschen Forschungszentrum für KI entwickelte autonome Unterwasserfahrzeug Cuttlefish (https://robotik.dfki-bremen.de/de/forschung/robotersysteme/auv-cuttlefish/, Zugriff 26.12.2021) in Konkurrenz zu dem in einem Physikdepartment, nämlich dem der TU München, entwickelten Unterwasserroboter Snookie (https://www.scinexx.de/diaschauen/tauchroboter-snookie/, Zugriff 26.12.2021) steht. Genauso fragwürdig erscheint, um ein weiteres Beispiel zu nennen, die fachliche Zugehörigkeit zur Physik der im Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen betriebenen Forschungen, die sich ausschließlich auf ROBs beziehen.

and study of computational artifacts that exhibit high-level cognition".[21]

Die historische Darstellung in dieser Arbeit führte von den Grundlagen für diese Entwicklung in den 1920er-Jahren vor allem zu der alles entscheidenden Erfindung des Komputers um 1940 auf der Grundlage der bis dahin von der Logik bereitgestellten Erkenntnisse. Mit dieser Erfindung war eine der entscheidenden Voraussetzungen für die Entwicklung der KI^{D} geschaffen. Ihre Begründung als wissenschaftliche Disziplin erfolgte dann in den 1950er-Jahren in den USA und wurde in den 1970er-Jahren in Deutschland und Kontinentaleuropa nachvollzogen. Der Text hat eine Reihe von Aspekten dieser Entwicklung nachgezeichnet.

Im abschließenden Abschnitt wurde die aktuelle Situation dieser neuen Naturwissenschaft beleuchtet, die trotz der zentralen Bedeutung der KI als Technologie (KI^{T}) vor allem in Kontinentaleuropa noch als sehr unangemessen erscheint. Es wurde die These erläutert, daß ohne adäquate strukturelle Anpassungen disziplinärer Art dem weiteren wissenschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Fortschritt unnötige Behinderungen im Wege stehen.

Danksagung Für hilfreiche und wichtige Hinweise, die zur Verbesserung der Darstellung beigetragen haben, bin ich Christoph Benzmüller, Ulrich Furbach, Ute Schmid, Leo van Hemmen und Christoph Wernhard sehr dankbar.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

1. Bhattacharya A (2021) The Man from the Future—The Visionary Life of John von Neumann. Allen Lane
2. Bibel W (1992) Intellectics. In: Shapiro SC (Hrsg) Encyclopedia of Artificial Intelligence, 2. Aufl. John Wiley, New York, S 705–706
3. Bibel W (2003) Lehren vom Leben – Essays über Mensch und Gesellschaft. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden
4. Bibel W (2006) The Beginnings of AI in Germany. KI Künstl Intelligenz 20(4):48–54
5. Bibel W (2007) Early history and perspectives of automated deduction. In: Hertzberg J, Beetz M, Englert R (Hrsg) Proceedings of the 30th Annual German Conference on Artificial Intelligence (KI-2007), Bd. LNAI 4667. Springer, Berlin, S 2–18
6. Bibel W (2014) Artificial Intelligence in a historical perspective. AI Commun 27:87–102. https://doi.org/10.3233/AIC-130576
7. Bibel W (2017) Reflexionen vor Reflexen – Memoiren eines Forschers. Cuvillier, Göttingen
8. Bibel W (2018) On a scientific discipline (once) named AI. In: Proceedings of the twenty-seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2018), S 5143–5149
9. Bibel W (2019) Forschungspotenziale der Künstlichen Intelligenz. In: Bender O, Kanitscheider S, Ruso B (Hrsg) Generationentransfer. Weitergabe von Dingen und Informationen in Natur und Kultur. 44. Matreier Gespräche zur Kulturethologie 2018. Book on Demand, Norderstedt, S 37–56
10. Bibel W (2020) On the Development of AI in Germany. KI Künstl Intelligenz 34:251–258. https://doi.org/10.1007/s13218-020-00654-x
11. Bibel W (2021) Laßt hundert Blumen blühen. In: Reussner RH, Koziolek A, Heinrich R (Hrsg) 50. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, INFORMATIK 2020, Back to the Future, S 729–746
12. Bohr N (1913) On the constitution of atoms and molecules, part I–III. Philos Mag 26:1–25, 476–502, 857–875
13. Bruderer H (2020) Meilensteine der Rechentechnik, 3. Aufl. Bd. 1–2. De Gruyter, Berlin, Boston
14. Burks AW, von Neumann J (1966) Theory of self-reproducing automata. Urbana, University of Illinois Press
15. Church A (1936) An unsolvable problem of elementary number theory. Am J Math 58(2):345–363
16. Davies A et al (2021) Advancing mathematics by guiding human. Nature 600:70–74. https://doi.org/10.1038/s41586-021-04086-x
17. Davis M (2000) Engines of logic—mathematicians and the origin of the computer. Norton, New York
18. Frege G (1879) Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete Formelsprache des reinen Denkens. Louis Nebert, Halle
19. Gödel K (1931) Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. Monatsh f Mathematik und Physik 38:173–198
20. Heisenberg W (1925) Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen. Z Phys 33(1):879–893
21. Hiesinger PR (2021) The self-assembling brain: how neural networks grow smarter. University Press, Princeton
22. Hilbert D, Ackermann W (1928) Grundzüge der Theoretischen Logik. Springer, Berlin
23. Kirchner D, Benzmüller C, Zalta EN (2019) Computer Science and Metaphysics: a cross-fertilization. Open Philos 2:230–251
24. Kirkpatrick J et al (2021) Pushing the frontiers of density functionals by solving the fractional electron problem. Science 374(6573): 1385–1389. https://doi.org/10.1126/science.abj6511
25. Kissinger H, Schmidt E, Huttenlocher D (2021) The age of AI. Little, Brown and Company
26. Landgraf T, Wild B, Dormagen D, Wario F, Vito T (2020) Motion dynamics of foragers in honey bee colonies. In: Dorigo M et al (Hrsg) Swarm intelligence, Bd. LNCS 12421. Springer, Berlin, S 203–215
27. Mainzer K (Hrsg) (2022) Philosophisches Handbuch Künstliche Intelligenz. Springer, Berlin
28. McCulloch WS, Pitts W (1943) A logical calculus and the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics 5:115–133

[21] Mitteilung der Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) vom 12.11.2021.

29. Nilsson NJ (2009) The quest for Artificial Intelligence: a history of ideas and achievements. Cambridge University Press
30. Russell SJ, Norvig P (2012) Künstliche Intelligenz: Ein moderner Ansatz, 3. Aufl. Pearson
31. Schrödinger E (1926) Quantisierung als Eigenwertproblem. Ann Phys 79; 80; 81
32. Senior A et al (2020) Improved protein structure prediction using potentials from deep learning. Nature 577(7792):706–710
33. Shannon CE (1950) Programming a digital computer for playing chess. Philos Mag 41:356–375
34. Shannon CE, McCarthy J (1956) Automata studies. Princeton University Press
35. Simon HA (1984) The Sciences of the Artificial, 2. Aufl. MIT Press, Cambridge
36. Spektrum Lexikon der Biologie, Bienensprache. https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bienensprache/8417. Zugegriffen: 4. Nov. 2021
37. Turing AM (1936) On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. Proc Lond Math Soc 42:230–265
38. Turing AM (1950) Computing machinery and intelligence. Mind 59:433–460
39. Unke OT et al (2021) SpookyNet: learning force fields with electronic degrees of freedom and nonlocal effects. Nat Commun 12(7273):1–14. https://doi.org/10.1038/s41467-021-27504-0
40. von Neumann J (1928) Zur Theorie der Gesellschaftsspiele. Math Ann 100:295–320
41. von Neumann J (1951) The general and logical theory of automata. In: Jeffries LA (Hrsg) Cerebral mechanisms in behavior: the Hixon Symposium. Wiley, New York
42. von Neumann J (1958) The computer and the brain. Yale University Press, New Haven
43. Wiener N (1948) Cybernetics or control and communication in the animal and the machine. MIT Press, Cambridge
44. Wikipedia (Hrsg) Geschichte der Biologie. https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Biologie. Zugegriffen: 3. Nov. 2021
45. Zuse K (1948) Über den Plankalkül als Mittel zur Formulierung schematisch-kombinativer Aufgaben. Arch Math 1(6):441–449
46. Zuse K (1970) Der Computer mein Lebenswerk. moderne industrie, München

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Informatik Spektrum (2022) 45:366–371
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01480-1

HAUPTBEITRAG

Die Zerstörung der Agilität

Dirk Wiesmann[1]

Angenommen: 25. Juli 2022 / Online publiziert: 15. August 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung
Der Begriff *agil* wird in der IT und speziell in der Softwaretechnik häufig genutzt. Diese breite Verwendung ist verwunderlich, da der Begriff *agil* in der Softwaretechnik gar nicht ausreichend definiert ist.
Die Beliebigkeit des Begriffs *agil* birgt die Gefahr von unbegründeten Entscheidungen und ideologischen Diskussionen. Beides bremst den weiteren Erkenntnisgewinn in der Softwaretechnik aus. Der Begriff *agil* sollte daher im professionellen und wissenschaftlichen Umfeld nicht weiter verwendet werden.
In diesem Artikel wird der Begriff *agil* kritisch beleuchtet und es wird herausgearbeitet, welcher Begriff den Kerngedanken der Agilität besser ausdrückt.

Eine Polemik als Reflexionshilfe

Bevor ich mit dem eigentlichen Thema starte, muss ich kurz etwas abschweifen. Ich bin nämlich begeistert und etwas aufgeregt. Ich habe das folgende Manifest für die leckere Küche unterzeichnet.

Manifest für die leckere Küche

- *Gäste und ihre Zufriedenheit sind wichtiger als die Küchenprozesse und -maschinen*
- *Ein fertiges Gericht macht eher satt als ein noch so dickes Kochbuch*
- *Der Geschmack des Gastes ist wichtiger als die starre Umsetzung eines Rezeptes*
- *Sonderwünsche akzeptieren, statt die Speisekarte durchsetzen*

Da wird niemand widersprechen können. Außerdem erreicht man damit schmackhafte Gerichte (das verspricht ja die Überschrift). Das Manifest ist ein Leuchtturm und wird die Gastronomie revolutionieren! Obwohl ich kein ausgebildeter Koch bin, sehe ich mich, auf Grundlage des Manifests, in der Lage, Ihnen, liebe Leser, für einen mittleren vierstelligen Betrag zweitägige Schulungen anzubieten. Am Ende erhalten Sie sogar aufwendig gestaltete Fantasieurkunden. Sind Sie auch so begeistert von dem Manifest? Nein?!

Eigentlich haben Sie ja recht. Es handelt sich nur um eine Auflistung von Allgemeinplätzen. Dem Betreiber eines Restaurants wird damit in keiner Weise weitergeholfen. Was schmeckt, bleibt dem Einzelnen überlassen und es wird auch kein einziges konkretes Kochrezept präsentiert.

Damit genug der Polemik. Sie wissen wahrscheinlich schon, in welche Richtung ich möchte. Damit kommen wir zurück zum eigentlichen Thema und einer (hoffentlich) sachlichen Diskussion.

Suche nach einer Definition

Bereits im Jahr 2014 hat sich Meyer kritisch mit der Agilität in der Softwaretechnik auseinandergesetzt [6]. Leider hat sein Werk keine ausreichende Beachtung gefunden. Anders lässt sich die weitere unreflektierte Nutzung des Begriffs *agil* nicht erklären.

Während sich Meyer auch kritisch mit Praktiken, Methodiken, Rollen und Artefakten auseinandergesetzt hat, geht es in diesem Artikel um die grundsätzliche Aussagekraft des Begriffs *agil*.

Der Duden sagt, dass der Begriff *agil* einen lateinischen Ursprung hat und für flink, wendig und beweglich steht. Der Begriff *agil* ist also durchgängig mit positiven Assoziationen verknüpft (oder möchten Sie lieber als behäbig, schwerfällig oder unbeweglich bezeichnet werden?). Damit ist dieser Begriff kein sonderlich guter Kandidat, um als Basis einer sachlichen/neutralen Definition zu dienen.

✉ Dirk Wiesmann
dirk.wiesmann@fh-dortmund.de

[1] Fachbereich Informatik, Fachhochschule Dortmund, Emil-Figge-Str. 42, 44227 Dortmund, Deutschland

Es gilt nun zu klären, welchen Bezug der Begriff *agil* zur Informatik hat. Wie lässt sich der Begriff der Wendigkeit sinnvoll nutzen und ggf. sogar quantifizieren?

Eine Vision ist keine Definition

Im Umfeld des Begriffs *agil* findet man viele Bezüge zum *Agilen Manifest* [10]. Das Manifest wurde im Jahr 2001 von einer Gruppe von Personen formuliert, die sich Gedanken zu Softwareentwicklungsprozessen gemacht haben. Im Folgenden ist das *Agile Manifest* wiedergegeben, wie man es unter der Onlinequelle findet [10]. Die konzeptionelle Ähnlichkeit des *Manifests für die leckere Küche* mit dem *Agilen Manifest* ist natürlich kein Zufall.

Manifesto for Agile Software Development

- *Individuals and interactions over processes and tools*
- *Working software over comprehensive documentation*
- *Customer collaboration over contract negotiation*
- *Responding to change over following a plan*

Zu den 4 Aussagen gibt es den folgenden Zusatz (die folgende Relativierung):

- *That is, while there is value in the items on the right, we value the items on the left more*.

Den eigentlichen Punkten kann aufgrund des nicht definierten Kontextes, der Allgemeingültigkeit und der Relativierung niemand widersprechen. In ihrer Allgemeinheit sind die Aussagen aber schon wieder beliebig. Es werden dort in keiner Form klare Grenzen und Festlegungen gezogen. Kann man anhand des Manifests bestimmen, ob ein gegebener Softwareentwicklungsprozess agil ist? Aufgrund der Beliebigkeit der Aussagen im agilen Manifest ist dies nicht möglich! Es liegt damit im Auge des Betrachters, ob ein Prozess als agil bezeichnet wird. Das Manifest hilft auch nicht dabei, einen (agilen) Prozess abzuleiten. Dazu ist das Manifest zu unkonkret und kann keine Hilfestellungen geben.

Ein geringer Dokumentationsumfang ist z. B., unabhängig vom Kontext, kein genereller Wert. Die Ratschläge des Manifests hätten konkreter formuliert werden müssen, z. B. in der Form:

- „Die Prozessdokumentation darf nur so komplex sein, dass sie vom Team verstanden, umgesetzt und eingehalten werden kann."

Dies ist aber nicht erfolgt. In welchem Gemütszustand muss man sich befinden, dass man solche Plattitüden unterschreibt? Dies deutet zumindest darauf hin, dass die Unterzeichner wohl sehr frustriert über die damaligen Zustände in der Softwareentwicklung gewesen sein mussten. Ihren Unmut haben sie zum Ausdruck gebracht. Aber eine sachliche Alternative konnten sie nicht anbieten. Wahrscheinlich war der durch das Manifest gesetzte Impuls sogar wichtig. Leider ist dieser Impuls in eine gewisse Beliebigkeit verpufft, wie die weitere Diskussion zeigt.

Diskussion der agilen Prinzipien

Zum agilen Manifest wurden auch Prinzipien vorgeschlagen, die ein agiles Vorgehen unterstützen und wahrscheinlich auch konkretisieren sollen [2]. Von Meyer werden (agile) Prinzipien ebenfalls diskutiert. Meyer hat allerdings eine freundliche Vorauswahl und Strukturierungen der Prinzipien getroffen.

Im Folgenden wird betrachtet, ob mithilfe der Prinzipien ein gegebener Softwareentwicklungsprozess als agil identifiziert werden kann oder ob sich aus den Prinzipien sogar ein agiler Prozess ableiten lässt.

Dabei wurden die deutschen Übersetzungen der Prinzipien aus [7] entnommen. Das erste Prinzip lautet:

- *Die höchste Priorität liegt darin, den Kunden durch frühe und kontinuierliche Lieferung hochwertiger Software zufriedenzustellen*.

Die Formulierungen legen den Schwerpunkt auf ein fiktives Arbeitsergebnis. Wie diese wünschenswerten Arbeitsergebnisse erreicht werden können, wird nicht beschrieben. Eine hohe Priorität zu setzen reicht nicht aus. Hochwertige Software entsteht nicht, nur weil man es will. Es müssen auch entsprechende Maßnahmen ergriffen werden [3, 4, 8].

Dem Autor ist kein Prozessmodell bekannt, welches die Unzufriedenheit des Kunden, oder eine schlechte Qualität fordert. Ist ein Prozess genau dann agil, wenn hochwertige Software erstellt wird und der Kunde zufrieden ist? Diese Definition wäre im besten Fall eine selbsterfüllende Prophezeiung. Der Wunsch nach einer kontinuierlichen Lieferung weist zumindest auf die Nutzung eines inkrementellen Vorgehens hin. Ein inkrementelles bzw. evolutionäres Vorgehen ist aber vom Ursprung nicht mit dem Begriff *agil* verknüpft [6].

Die nächsten beiden Prinzipien beziehen sich auf funktionierende Arbeitsversionen bzw. funktionierende Software.

- *Funktionierende Arbeitsversionen der Software müssen regelmäßig geliefert werden, innerhalb weniger Wochen oder Monate, wobei der kürzeren Zeitspanne eindeutig der Vorzug zu geben ist*.

Die Regelmäßigkeit der Auslieferung deutet wieder auf einen inkrementellen Entwicklungsprozess hin. In der Praxis spricht viel für die Nutzung von inkrementellen Prozessen [1]. Es bleibt aber wieder offen, wie diese funktio-

nierenden Arbeitsversionen überhaupt erreicht werden können. Eine funktionierende Arbeitsversion wäre auch noch genauer zu definieren. Reicht eine fehlerfreie Übersetzung durch den Compiler aus? Sind gewisse Qualitätskriterien zu erfüllen oder muss sie gar vom Anwender genutzt werden können? Umschließt die Nutzung gar einen produktiven Einsatz? Ist diese Forderung überhaupt immer zu erfüllen? Der Integrationsprozess, welcher der Auslieferung einer funktionierenden Arbeitsversion vorausgeht, hat eine nicht geringe Komplexität und erfordert eine gewisse Planung [9]. Diese für die Praxis wichtigen Aspekte werden in den Prinzipien nicht adressiert. Es soll nur schnell gehen. Ist ein Prozess agil, sobald man schnell ist und funktionierende Arbeitsversionen hat? Dann wäre die Agilität nicht Ursache eines erfolgreichen Prozesses, sondern würde einen solchen Prozess nur bezeichnen.

- *Funktionierende Software ist der primäre Maßstab für den Fortschritt*.

Software ist mehr als nur das ausführbare Programm. Zur Software gehören z. B. auch Benutzerhandbücher, Installationsanweisungen, Produktbeschreibungen, Betriebskonzepte, Onlinehilfen [1]. Was ist in diesem Kontext unter funktionierender Software zu verstehen? Wahrscheinlich ist gemeint, das ausführbare Programm als primären Maßstab des Fortschrittes zu verwenden. Auch der Prozess und das Projekt erfordern Maßnahmen und die Erstellung von Artefakten. Das Prinzip deutet darauf hin, dass man in der Vielfalt von erforderlichen Arbeitsergebnissen nicht den Fokus verlieren soll. Dies kann ein plausibler Ratschlag sein. Auf der anderen Seite scheint es kein Prozessmodell zu geben, welches den Fortschritt allein auf Grundlage der ausgefüllten Formulare bewertet. Und es gibt Situationen, in denen ein Programm ohne Benutzerhandbuch und Betriebskonzept nicht in Betrieb genommen werden kann. Dieses Prinzip grenzt daher agile Prozesse nicht ausreichend ab.

- *... Agile Verfahren nutzen Änderungen als Wettbewerbsvorteil des Kunden*.

Die Frage, mit welchen Maßnahmen jegliche denkbare Änderung in einen Wettbewerbsvorteil gewandelt werden können, bleibt unbeantwortet. In dieser Allgemeinheit kann kein Prozess dieses Versprechen einlösen. Die Berücksichtigung von Änderungen deutet auf einen evolutionären Entwicklungsprozess hin. Diese existieren aber auch unabhängig von agilen Bestrebungen. Das obige (agile) Prinzip dient nur dazu, den Begriff agil mit positiven Assoziationen zu verknüpfen. Für eine Definition von agilen Prozessen ist es damit wertlos.

- *Geschäftsleute und Entwickler arbeiten täglich gemeinsam im Projekt*.

Wahrscheinlich handelt es sich bei den Geschäftsleuten um Vertreter des Auftraggebers. Dies ist ein Prinzip, welches kein positives Arbeitsergebnis vorwegnimmt. Es ist noch ausreichend konkret, es reicht aber wohl nicht aus, um die spezifischen Eigenschaften eines agilen Prozesses zu definieren. In [6] findet noch eine detaillierte Diskussion statt. Diese stellt vor allem heraus, dass es nicht den einen Kunden gibt, sondern eine Reihe von Stakeholdern. Dieser Aspekt wird in der agilen Diskussion nur unzureichend abgebildet.

- *Bauen Sie ihr Projekt um einzelne motivierte Mitarbeiter herum auf. Geben Sie diesen Mitarbeitern die Umgebung und die Unterstützung, die sie benötigen und vertrauen Sie darauf, dass sie ihre Arbeit gut machen*.

Das sechste Prinzip gilt sicherlich für die praktische Umsetzung jedes Prozessmodells. Wird jemand dediziert nach schlechten Mitarbeitern mit einer miesen Motivation suchen? Wie man motivierte Mitarbeiter findet und deren Motivation erhält bzw. erhöht, wird nicht beschrieben. Was ist, wenn man nur durchschnittliche Mitarbeiter mit einer eingeschränkten Motivation zur Verfügung hat? Oder reicht es einfach aus, sich agil zu fühlen, um von motivierten Experten umgeben zu sein? Natürlich hat jeder Mitarbeiter auch das Recht auf eine ehrliche und konstruktive Rückmeldung bezüglich seiner Arbeitsergebnisse. Das Vertrauen auf gute Arbeitsergebnisse sollte damit Prüfungen der Arbeitsergebnisse nicht ausschließen. Dieses Prinzip hilft auch nicht bei der Definition von agilen Prozessen.

- *Die effizienteste und effektivste Methode zur Informationsübermittlung für und innerhalb eines Entwicklungsteams besteht in der direkten Kommunikation*.

Die Kommunikation in Projekten ist sehr vielfältig. Wie kann z. B. eine Verbindlichkeit und Nachvollziehbarkeit in der Kommunikation erreicht werden? Wie können Dritte informiert werden? Was ist mit verteilten Teams? Auf diese Aspekte wird nicht eingegangen. Stattdessen wird eine pauschale Behauptung auf Grundlage einer starken Vereinfachung getroffen. Eine Abgrenzung von Entwicklungsprozessen kann dadurch nicht erreicht werden.

- *Die besten Architekturen, Anforderungen und Designs entwickeln sich in Teams, die sich selbst organisieren*.

Diese Aussage (Vermutung) ist ohne die Definition eines gewissen Kontextes absolut haltlos. Der Autor dieses Artikels sieht sich in der Lage, ein Team zusammenzustellen, welches das achte Prinzip widerlegt.

- *Ständige Aufmerksamkeit gegenüber technisch hervorragender Qualität sowie gutem Design verbessert die Agilität*.

Auch bei diesem Prinzip ist wieder der Wunsch der Vater des Gedankens. Was ist technisch hervorragende Qualität und gutes Design? Wie kann man beides erreichen? Der Begriff *agil* wird ohne erkennbaren Bezug mit positiv hinterlegten Eigenschaften in Bezug gesetzt. Wenn man die für die Praxis erforderliche Operationalisierung des Qualitätsbegriffs betrachtet [8], dann erscheint dieses Prinzip von sehr naiver Natur zu sein.

- *Agile Prozesse fördern kontinuierliche Entwicklung. Geldgeber, Entwickler und Benutzer sollten endlos ein beständiges Tempo beibehalten.*

Ein *agiler Prozess* ist noch gar nicht ausreichend definiert. Er kann aber trotzdem eine kontinuierliche Entwicklung fördern? Mit welchen Mitteln wird dies erreicht? Mit welchen Methoden kann ein beständiges Tempo erreicht werden und das auch noch endlos? Die wesentlichen Fragen bleiben unbeantwortet.

- *Schlichtheit – die Kunst, die Menge der nicht geleisteten Arbeit zu maximieren – ist essenziell.*

Das elfte Prinzip lässt den Autor ratlos zurück. Es besteht daher nur die Vermutung, dass auch dieses Prinzip nicht bei der Definition von agilen Prozessen weiterhilft. Meyer hat zu diesem Prinzip einen etwas besseren Zugang und kann daher eine ausführlichere Diskussion liefern [6]. Aber auch bei dieser Diskussion kann diesem Prinzip nichts Hilfreiches abgerungen werden.

- *Die Teams müssen in regelmäßigen Abständen darüber beraten, wie sie noch effektiver arbeiten können und ihr Verhalten dann entsprechend anpassen.*

Es ist nicht ungewöhnlich, dass im Team eine (regelmäßige) Kommunikation stattfindet. Eine Beratung führt aber nicht einfach zu Prozessoptimierungen. Bevor man sein Verhalten anpassen kann, muss zunächst eine Lösung gefunden werden. Können die Anpassungen auch zu einem nicht agilen Prozess führen? Ist ein Prozess bereits agil, sobald sich die Projektmitglieder regelmäßig über ihr Vorgehen austauschen? Dies würde nicht viel zu einer trennscharfen Prozessdefinition beitragen.

Agilität vs. Sachlichkeit

Die Prinzipien sind hauptsächlich eine Mischung aus allgemeinen Lebensweisheiten, Behauptungen und Wunschdenken. Es bleiben 3 Punkte, die dabei helfen können, einen agilen Prozess zu definieren.

1. Der Prozess basiert auf einem evolutionären Vorgehensmodell
2. Fokus auf ausführbaren Code
3. Täglicher Kontakt mit dem Kunden

Die Erstellung von Teilprodukten führt mittelfristig automatisch zu einer ausreichenden Fokussierung auf den Code. Ansonsten könnten keine Teilprodukte ausgeliefert werden. Daher ist der zweite Punkt im Wesentlichen im ersten Punkt enthalten. Die Auslieferung und Erprobung von Teilprodukten führen auch zu einem Kontakt mit dem Kunden, wenn auch nicht zwingend zu einem täglichen Kontakt. Bei EDV-Projekten [5] ist die Integration der Rolle des Fachbereichskoordinators eine nicht unübliche Praxis. Die obigen Punkte gelten damit für viele unterschiedliche Prozessmodelle (dieser Aspekt wird im Folgenden aufgegriffen).

Auch die Prinzipien helfen nicht, den Begriff der *Agilität* in der Softwareentwicklung ausreichend zu konkretisieren. Es lässt sich aber ein Argumentationsprinzip erkennen. Der Begriff *agil* wird immer im Zusammenhang mit positiven Zielen, Begriffen und Eigenschaften genannt (hochwertige Software, funktionierende Software, Wettbewerbsvorteil, effizient, effektiv, beste Architektur, hervorragende Qualität). Meyer hat darüber hinaus 7 weitere rhetorische Tricks (Fallen) identifiziert, die genutzt werden, um für die agile Softwareentwicklung zu werben [6]. Dies ist einer sachlichen Diskussion kaum förderlich. Der Begriff *agil* ist dadurch verbrannt.

Im Umfeld des *Extrem Programming* werden eine Reihe von Praktiken vorgeschlagen, um das Erreichen der obigen Prinzipien zu unterstützen. Diese sind von unterschiedlicher Nützlichkeit [5, 6]. Eine wichtige Frage bleibt unbeantwortet. Welche der Praktiken sind essenziell für einen agilen Prozess? Muss ein agiler Prozess alle Praktiken umsetzen (auch die von eingeschränkter Nützlichkeit) oder ist bereits eine Teilmenge ausreichend?

Agilität wird über positive Eigenschaften und Fähigkeiten definiert. Wie diese positiven Eigenschaften und Fähigkeiten erreicht werden, bleibt diffus. Die unzureichende Definition des Begriffs *agil* in der Softwaretechnik lässt keine sachlichen und fundierten Diskussionen zu.

Es wird an dieser Stelle nicht ausgeschlossen, dass es viele Softwareentwicklungsprojekte gibt, die sich als agil bezeichnen und die sehr erfolgreich sind. Es wird hier vielmehr die nicht ausreichend reflektierte Verwendung des Begriffs *agil* kritisiert. Die obigen Diskussionen stützen die Vermutung, dass häufig mit einer impliziten Definition der folgenden Art gearbeitet wird:

- *Wenn ein Projekt nicht erfolgreich ist, dann wurde kein agiler Prozess gefahren.*

Auf Grundlage dieser *Definition* und der positiven Belegung des Begriffs *agil* lässt sich natürlich vortrefflich argumentieren. Wissenschaftliche Untersuchungen zum Thema Agilität verbieten sich auf Basis dieser unzureichenden

Definitionen. Je nach Geschmack und gewünschtem Ergebnis kann alles oder nichts als agil bezeichnet werden. Dies bringt die Softwaretechnik aber nicht voran.

Für die Praxis besteht zudem die Gefahr des *Cargo Cults*. Es reicht nicht aus, sich als agil zu bezeichnen, eine Tischtennisplatte ins Büro zu stellen, in die Hände zu klatschen und bunte Zettel an die Wand zu kleben. Diese Äußerlichkeiten werden alleine keinen wesentlichen Einfluss auf die Arbeitsergebnisse haben.

Aus den obigen Gründen ist der Begriff *agil* im Zusammenhang mit Softwareentwicklungsprozessen ungeeignet und sollte im professionellen und akademischen Umfeld nicht weiter verwendet werden. Es ist damit nicht ausgeschlossen, dass es evtl. Berufszweige/Branchen gibt, die gerade die Beliebigkeit des Begriffs *agil* sehr schätzen. Für solche Begriffe scheint es einen gewissen Markt zu geben. Bei *Microservice* handelt es sich z. B. um einen weiteren (noch) unzureichend definierten Begriff, der sich einer gewissen Beliebtheit erfreut.

In der Arbeitswelt scheint der Begriff *agil* mit einer gewissen Lebensart verbunden zu sein. Zumindest deuten die Bezüge in vielen Stellenausschreibungen darauf hin. Auch ist in diesem Zusammenhang von agilen Werten die Rede. Nicht selten wird auch der Begriff Kultur verwendet. Dies sind Aspekte, die in diesem Artikel aber nicht weiter behandelt werden. Jeder Mitarbeiter hat seinen individuellen Wertekanon. Es ist fraglich, ob ein Softwareentwicklungsprozess darauf Einfluss nehmen soll/muss. Die normative Nutzung des (agilen) Kulturbegriffs scheint eher der Überhöhung des eigenen Tuns zu dienen (*die Agilen machen alles richtig, die anderen machen alles falsch*).

Aus praktischer Erfahrung des Autors haben unterschiedliche Prozessmodelle zudem keine direkte Auswirkung auf die Zufriedenheit der Mitarbeiter. Hier haben Faktoren, die vom Prozessmodell unabhängig sind, eine größere Bedeutung. Zu diesen Faktoren gehören z. B. Wertschätzung, passende Qualifikation der Mitarbeiter, Transparenz von Entscheidungen und passende Arbeitsumgebung. Die Behauptung, dass es nur in agilen Prozessen zufriedene Mitarbeiter geben kann, ist nicht begründet (allein weil der Begriff *agil* nicht ausreichend definiert ist).

Vorschlag einer Alternative

Trotz aller Kritik scheint ein Bedarf für den Begriff *agil* vorhanden zu sein (unabhängig von dem Lebensgefühl). Um konkreter zu werden, ist es wichtig, sich vom *Agilen Manifest* zu lösen. Basis der weiteren Diskussion ist die Unterscheidung zwischen Vorgehens- und Prozessmodellen, wie sie von Ludewig und Lichter vorgeschlagen wird [5].

Im Wesentlichen werden sequenzielle, inkrementelle und evolutionäre Vorgehensmodelle unterschieden [1]. Ein konkreter Prozess basiert immer auf einem Vorgehensmodell und stellt damit eine konkrete und anwendbare Ausprägung eines Vorgehensmodells dar. Die Prozessmodelle *Extreme Programming* (XP) und *Scrum* werden häufig als agil bezeichnet. *Scrum* nimmt dabei eigentlich eine Zwischenstellung ein. Für ein Vorgehensmodell werden bereits zu konkrete Aussagen über Rollen und Artefakte gemacht. Es handelt sich aber auch nicht um ein Prozessmodell, da keine direkten Aussagen zu Softwareentwicklungsprozessen gemacht werden. Das heißt, die eigentlich wichtige Ausgestaltung der Sprints bleibt offen. Beide Prozesse basieren auf einem evolutionären Vorgehensmodell. Das heißt, das Produkt wird schrittweise in einzelnen Inkrementen entwickelt und die Anforderungen müssen nicht vollständig erhoben werden, sondern lassen sich über die einzelnen Iterationen ergänzen. Dies ermöglicht eine gewisse Flexibilität und Beweglichkeit, die mit dem Begriff *agil* häufig assoziiert werden. Bei der Analyse der Prinzipien hat es mehrfach Hinweise auf ein evolutionäres Vorgehen gegeben.

Im Kern scheinen sich viele Vorteile von *agilen* Prozessen auf die grundlegenden Eigenschaften von evolutionären Vorgehensmodellen zurückführen zu lassen. Ich plädiere daher dafür, den Begriff der agilen Prozesse durch die evolutionären Vorgehensmodelle zu ersetzen. Evolutionäre Vorgehensmodelle sind ausreichend scharf definiert [1]. Auf der Basis eines Vorgehensmodells lassen sich unterschiedliche Prozesse definieren, die den spezifischen Anforderungen gerecht werden.

Die Angemessenheit von Prozessmodellen ist von vielen Faktoren abhängig und kann nicht pauschal bestimmt werden. Zu diesen Faktoren gehören z. B.:

- Qualifikation der Mitarbeiter,
- soziale Kompetenz der beteiligten Personen,
- Größe des Projekts,
- Fluktuation der Mitarbeiter,
- Erfahrung des Auftraggebers,
- Qualitätsanforderungen,
- Einsatzdauer/Wartung.

In der Folge können Prozesse z. B. unterschiedlich formal sein und einen sehr unterschiedlichen Grad an Dokumentation erfordern. Dabei sind formalere Prozesse aber nicht mehr per se schlechter als unbürokratische Prozesse. Sicherlich geht das *Agile Manifest* nicht differenziert auf diese Punkte ein. Der Begriff *agil* kann eine solche ausdifferenzierte Betrachtungsweise erst recht nicht leisten.

Man kann vermuten, dass sich der Einfluss des *Agilen Manifests* auf die Softwarequalität nicht positiv ausgewirkt hat, gerade von den extremen Interpretationen, wie z. B. XP. Zunächst ist festzuhalten, dass die Auslieferung von Inkrementen (siehe evolutionäres Vorgehensmodell) kein Mittel

der Qualitätssicherung ist, sondern dem Risikomanagement zuzuordnen ist. Warum der Verzicht auf ein explizites Qualitätsmanagement und einen angemessenen Qualitätssicherungsplan (beides erfordert Dokumentation und Prozesse) die Qualität steigern soll, ist ebenfalls nicht direkt ersichtlich. *Unit-Tests* und *Pair-Programming* bilden nur einen vergleichsweise kleinen Teil der Softwarequalitätssicherung ab [3, 4].

Fazit

Das *Agile Manifest* hat damals sicherlich einen Impuls gesetzt. Nur wurde dadurch von einem Extrem (sehr komplexe Prozesse und umfangreiche Dokumentation) auf das andere Extrem (minimalistische Prozessbeschreibung) zugesteuert. Es sei die Frage gestellt, ob extreme Positionen einen guten Standpunkt für das praktische Handeln bieten.

Die Softwaretechnik soll und muss sich weiterentwickeln. Allerdings sollte nicht jegliche Diskussion mithilfe eines unzureichend definierten Begriffs abgewürgt werden. Der Begriff *agil* sollte vermieden werden, um eine sachliche Diskussion zu ermöglichen und begründete Lösungen zu finden. Dabei ist es natürlich nicht ausgeschlossen, dass man nach einer sorgfältigen Analyse auch Praktiken, Methoden, Rollen und Artefakte nutzt, die lange Zeit mit dem Begriff *agil* verknüpft waren. An dieser Stelle sei erneut auf [6] verwiesen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

1. Balzert H (2001) Lehrbuch der Software-Technik. Spektrum, Heidelberg
2. Cockburn A (2003) Agile Softwareentwicklung. mitp, Bonn
3. Hoffmann DW (2013) Software-Qualität. Springer Vieweg, Berlin
4. Liggesmeyer P (2009) Software-Qualität. Spektrum, Heidelberg
5. Ludewig J, Lichter H (2010) Software Engineering. dpunk, Heidelberg
6. Meyer B (2014) Agile! The good, the hype and the ugly. Springer, Cham
7. Trepper T (2012) Agil-systematisches Softwareprojektmanagement. Springer Gabler, Wiesbaden
8. Wagner S (2013) Software product quality control. Springer, Berlin
9. Winter M, Ekssir-Monfared M, Sneed HM, Seidel R, Borner L (2013) Der Integrationstest. Hanser, München
10. Beck K et al Manifesto for Agile Software Development. https://agilemanifesto.org. Zugegriffen: 28. Jan. 2021

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Informatik Spektrum (2022) :372–380
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01502-y

HAUPTBEITRAG

Verwirrende Informatik I – Systeme, Informationen, Berechenbarkeit und Daten

Johannes Reich[1]

Angenommen: 20. August 2022 / Online publiziert: 11. November 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Zusammenfassung
Dieser Artikel ist der erste einer Viererreihe, die eine Diskussion über die Grundlagen der Informatik anregen soll. Dabei steht das Begriffsnetzwerk, das den Kern der Informatik ausmacht, im Zentrum. Dieses Begriffsnetzwerk steht in dem Spannungsfeld, zum einen weitgehend in unserem alltagssprachlichen Verständnis verankert zu sein, aber zum anderen mittels des spezifischen informatischen Ansatzes, sich auf das Unterscheidbare zu fokussieren, auch auf genuin informatischen Konzepten aufzubauen.
In diesem ersten Teil wird die Informatik als eine Theorie der Interaktion vorgestellt und als ihre zentralen Begriffe werden die Zustandsfunktion, das System, die Unterscheidbarkeit und damit die Information, die Berechenbarkeit sowie eine ganze Reihe mathematischer Konzepte eingeführt, allen voran das der Relation, der Funktion, der mathematischen Struktur, der Äquivalenz und der Komposition.
Der grundlegende Bezug zum Informationskonzept als Abstraktion vom Ununterscheidbaren macht die Informatik zu einer Strukturwissenschaft und bindet damit die Klarheit ihrer Begrifflichkeit letztlich an deren Bezug zur Mathematik.
Drei wichtige Konsequenzen werden aufgeführt. Erstens gibt es keine zwei verschiedenen Welten der Informatik und der Physik, die auf geheimnisvolle Weise „wechselwirken“. Sondern: Es gibt nur eine Welt, die wir unterschiedlich beschreiben. Zweitens lässt sich mit Klärung der Frage, was aus Sicht der Informatik eigentlich zwischen Systemen, die über Signale miteinander kommunizieren, „transportiert“ wird – nämlich die Information – auch feststellen, was insbesondere *nicht* transportiert wird – nämlich irgendeine Bedeutung. Und drittens ergibt sich ein gewisser „virtueller“ Charakter rein informatisch beschreibbarer Systeme, der dort endet, wo die Abstraktion, dass die Struktur von Systemen in der Interaktion invariant bleibt und es allein auf die Unterscheidbarkeit ankommt, ihre Gültigkeit verliert.

Einleitung

> *„There is nothing more practical than a good theory.“*
> James C. Maxwell (1831–1879)

Dieser Artikel ist der erste einer Viererreihe, die eine Diskussion über die Grundlagen der Informatik anregen soll. In diesem ersten liefere ich die Motivation und stelle die Konzepte vor, die meiner Ansicht nach die Informatik begründen, nämlich System, Information, Berechenbarkeit und Daten. Im zweiten Teil thematisiere ich die Interaktion zwischen Systemen und die Koordination innerhalb von Systemen mithilfe des Kompositionskonzepts. Im dritten und vierten Teil gehe ich auf zwei Themen ein, bei denen meiner Wahrnehmung nach mehr Klarheit innerhalb der Informatik und auch zwischen Informatik und ihren Anwendungsdisziplinen notwendig ist. Zum einen auf das Verhältnis von Beschreibung und Beschriebenem in Teil drei und in Teil vier auf die Frage, welchen Beitrag die Informatik zum Verständnis des Begriffs der Semantik oder Bedeutung leisten kann.

Mein Eindruck ist, dass die Situation der heutigen Informatik mit der der Mathematik zu Beginn des 20. Jahrhunderts in gewisser Weise vergleichbar ist. Als Ausdruck ihres vergleichsweisen jungen Charakters werden wesentliche Begriffe von eher naiven, sehr unterschiedlichen und teilweise widersprüchlichen Vorstellungen geprägt.

Bertrand Russel wies 1902 Gottlob Frege in einem Brief darauf hin [9], dass die naive Auffassung des Mengenbegriffs, zu jeder sinnvoll formulierbaren Eigenschaft müsse es auch eine Menge der Dinge geben, denen diese Eigenschaft zukommt, widersprüchlich war. Sein einfaches Bei-

✉ Johannes Reich
johannes.reich@sap.com

[1] SAP SE, Dietmar-Hopp-Allee 16, 69190 Walldorf, Deutschland

spiel waren die Mengen mit der Eigenschaft, sich nicht selbst zu enthalten. Diese ließen sich nicht zu einer Menge zusammenfassen, weil die Frage, ob diese Menge sich nun selbst enthalte oder nicht, zu einem Widerspruch führt.

Die vermeintliche Unklarheit was eine Menge „tatsächlich“ ist, hielt die Mathematiker in der Folge aber nicht davon ab, sie als Grundlage der modernen Mathematik anzusehen. Tatsächlich hatte sich die Vorstellung der Mathematiker, was unter einer „genauen Kenntnis“ eines mathematisches Begriffs zu verstehen ist, im Laufe dieser Diskussion geändert.

Leslie Lamports [15] hat die Tendenz der Informatik, Scheinprobleme durch unterschiedliche Formulierungen zu erzeugen, als „Whorfian Syndrome“ bezeichnet. Tatsächlich muss sich diese „Whorfian-Syndrome-Informatik“ aufgrund ihres Querschnittscharakters mit den Konzepten vieler anderer Wissensdomänen in einer wechselseitigen Beziehung auseinandersetzen. Diese wechselseitige Beziehung birgt einerseits die Chance, einen entscheidenden Beitrag zu einem differenzierteren Verständnis unserer Welt zu leisten, aber andererseits auch das Risiko, nicht nur die Informatik selbst, sondern auch unsere Alltagswelt mit falsch verstandenen informatischen Konzepten unnötigerweise erheblich zu verwirren. Für beides gibt es mittlerweile gute Beispiele.

Was scheint in der Informatik auf den ersten Blick verwirrend? Einerseits scheint alles in der Informatik auf dem Transport von Informationen zu basieren – andererseits scheint dieser aber bei der Beschreibung von Operationen, wie sie die imperativen Programmiersprachen konzeptuell dominieren, gar keine Rolle zu spielen. Einerseits scheint die Informatik durch das Konzept der Berechenbarkeit geprägt zu sein, in dem Determinismus herrscht und in dem Zustand nur passager notwendig ist – andererseits scheinen die Interaktionen zwischen komplexen Systemen „auf gleicher Augenhöhe“ in der Regel aber doch nichtdeterministisch und zustandsbehaftet zu sein. Einerseits scheinen Systeme durch Interaktion zu Supersystemen zu komponieren – andererseits aber auch wieder nicht. Einerseits scheint in der Informatik ein Modell etwas zu beschreiben – andererseits scheint in der Informatik ein Modell etwas Beschriebenes zu sein. Einerseits scheint das Konzept der Semantik im Bereich der Berechenbarkeit überflüssig – andererseits scheint die Informatik zu der Aufklärung von Semantik einen wesentlichen Beitrag liefern zu können.

Diese Verwirrung lässt sich, wie ich versuchen werde zu zeigen, mit einer genaueren, v. a. auf die Mathematik gestützten Betrachtung, aufklären. Bei genauerer Betrachtung ist aus informatischer Perspektive eben System nicht gleich System, Interaktion nicht gleich Interaktion, ausgetauschte Zeichen nicht gleich ausgetauschte Zeichen, Zustand nicht gleich Zustand, Entscheidung nicht gleich Entscheidung und Freiheit ist nicht gleich Freiheit.

Die mit ungenauer Betrachtung sich einschleichenden Widersprüche wirken sich hingegen sehr hinderlich auf das Verstehen aus. Beispiele dafür sind etwa das Verhältnis von Information und Daten, das Verständnis von Architektur oder die Begründung von Semantik.

Chaim Zinn [32] dokumentiert 130 verschiedene Definitionen von Daten, Information und Wissen. Sollte man etwa Informationen als „Informiertheit“ in Bezug auf Daten verstehen, wie es das recht verbreitete Model der sogenannten „Wissenspyramide“ (z. B. [11]) vorschlägt – oder doch eher Daten bezogen auf Informationen?

Redet ein Informatiker über Softwarearchitektur, stellt sich zum einen die Frage, ob er nicht doch über Systemarchitektur redet. Und verstehen wir unter der Architektur eines IT-Systems seine Struktur, dann stellen wir zum anderen fest, dass schon kein Konsens beim Verständnis seiner Elemente, also der Komponenten und deren Beziehung über Interfaces untereinander besteht. In sogenannten Referenzarchitekturen werden häufig hierarchische Strukturen ohne klares Ordnungskriterium eingeführt (z. B. [8, 12, 29]). Die Spannung zwischen der Objektorientierung und über Nachrichten kommunizierende Prozessen wurde bisher nicht gelöst. Und auch ob ein Modell nun eine Beschreibung oder etwas Beschriebenes ist, wie schon erwähnt, unklar.

Bei der Frage, wie unsere sprachlichen Ausdrücke zu ihrer Bedeutung kommen, und damit zusammenhängend, welche Rolle das Konzept der Semantik für die aufwandsarme Herstellung von Interoperabilität technischer Systeme im Zeitalter der umfassenden Vernetzung spielt, wird es wirklich bunt.

Die Folgen sind nicht nur innerhalb der Informatik dramatisch. Dinge, die im Alltag jedem Menschen verständlich erschienen, etwa die Unterscheidung zwischen dem Datenblatt einer Heizung, der Heizung selbst, sowie den Geschäftsprozessen, in die eine Heizung eingebunden ist, scheinen mit dem Auftauchen der Informatik plötzlich rätselhaft verwirrend (Beispiel aus [25]). Und die Folgen sind teuer: So kristallisierte sich etwa in Standardisierungsdiskussionen, die im Rahmen der Industrie 4.0-Initiative der Bundesregierung seit 2012 stattfinden, erst nach Jahren langsam heraus, dass mit neu eingeführten Termen wie „Verwaltungsschale“ gleichzeitig über Datenmodelle (entspricht dem Datenblatt), Komponentenmodelle (entspricht der Heizung) und Prozessmodelle (entspricht den Geschäftsprozessen) geredet wurde [25] (mittlerweile als „Verwaltungsschale“ vom Typ 1, 2 und 3 bezeichnet [3]).

Informatik ist keine Kunst, oder gar Zauberei, sondern eine Wissenschaft zur Gestaltung unserer Welt. Und die meisten ihrer Konzepte, wie Dokumente, Prozesse, Systeme etc., kann meiner Ansicht nach jeder gut ausgebildete Ingenieur mit seinem Alltagsverständnis gut erfassen. Dennoch gibt es einiges, das die Informatik in der Tat besonders und in gewissem Sinne auch auf den ersten Blick verwir-

rend macht. Mit dieser Reihe unternehme ich daher auch den Versuch, aufzuzeigen, wo dieses Alltagsverständnis eine gute Basis der gegenseitigen Verständigung mit Informatikern darstellt und an welchen Stellen uns tatsächlich genuin informatische Konzepte begegnen, die dann aber auch jeder, der sich mit einer Informatikerin verständigen will, wenigstens in ihren Grundzügen kennen sollte. Es ist in diesem Rahmen sicherlich nicht möglich, alle diese Konzepte im Detail auszubreiten. Dazu verweise ich auf [21, 23, 24].

Darüber hinaus ist mir wichtig zu vermitteln, dass eine wohlverstandene Informatik tatsächlich menschlicher wird. Mit ihr können wir aufzeigen, dass eben nicht die Berechenbarkeit die Welt mit ihrem Determinismus dominiert, sondern wir permanent große Vorteile aus ihrer Unberechenbarkeit, aus ihrer Unbestimmtheit ziehen. Tatsächlich leistet eine solche Informatik einen essenziell wichtigen Beitrag für unser Verständnis solch wichtiger alltagssprachlicher Begriffe wie der unserer persönlichen Freiheit – was vor den aktuellen gesellschaftlichen, wesentlich durch die Informatik möglich gemachten Entwicklungen der Megainteraktionsnetzwerke, auch zu erwarten wäre und meiner Ansicht nach auch dringend erforderlich ist.

Zum weiteren Vorgehen in diesem Artikel: Den inhaltlichen Teil beginne ich mit dem nach meinem Verständnis zentralen Begriff des Systems. Zum einen unterstreicht das den Charakter der Informatik als Ingenieursdisziplin. Zum anderen brauchen wir ihn, um das eigentliche Konzept der Informatik zu definieren, das sie unverwechselbar macht: die Information. In Abschn. 3 beschreibe ich, wie Information durch den Fokus auf das Unterscheidbare entsteht. Der Rest ist eigentlich die Anwendung mathematisch formulierbarer Konzepte. Dies zeigt sich wesentlich in dem Konzept der Komposition, das meiner Ansicht nach in verschiedener Gestalt die Informatik dominiert. Zum einen in der Informationsverarbeitung im Sinne der Theorie der Berechenbarkeit, die ich in Abschn. 4 vorstelle und auf die sich der Datenbegriff in Abschn. 5 wesentlich stützt. Zum anderen in der Beschreibung der Interaktion von Systemen in ihren verschiedenen Spielarten, auf die ich im zweiten Artikel dieser Reihe dann eingehen werde. Insofern schließe ich mich Stavros Tripakis an, der in [30] meint, dass *„Composition and compositionality should probably be the most important concepts in modern system thinking“*.

Der Systembegriff

Naturwissenschaftlich beschreiben wir die Welt mittels Zustandsfunktionen, die die Zeit auf Zustandswerte abbilden (s. Abb. 1). Andere häufig verwendete Bezeichner für diese Funktionen sind auch „Zustandsgröße“, „Variable“, „Signal“ oder einfach nur „Zustand“, wobei letzterer oft auch den Wert bezeichnet, den eine Zustandsfunktion zu einem Zeitpunkt annimmt. Je nach Zeitskala und Wertebereich kann es sehr unterschiedliche Zustandsfunktionen geben. Für die klassische Informatik genügen diskrete Zeitskalen und endliche Wertebereiche. Das bedeutet insbesondere, dass wir im Weiteren davon ausgehen, dass eine Zustandsfunktion zu einem Zeitpunkt nur Einzelwerte und keine Mengen repräsentieren kann.

Systeme entstehen, wenn wir annehmen, dass diese Zustandswerte nicht unabhängig voneinander sind, sondern sich aufeinander in der Zeit beziehen. Die in gewisser Weise einfachste Beziehung ist die einer Funktion, weil ihre Richtung, basierend auf ihrer Eindeutigkeit eine klare Abgrenzung zwischen „Eingabe“ und „Ausgabe“ ohne weitere Zusatzannahmen ermöglicht. Ein solches System grenzt dann in natürlicher Weise ein „Inneres“ vom Rest der Welt, der Umgebung ab, in dem vermittels der Systemfunktion Eingabe- von Inneren- und Ausgabezustandsfunktionen unterschieden werden können.

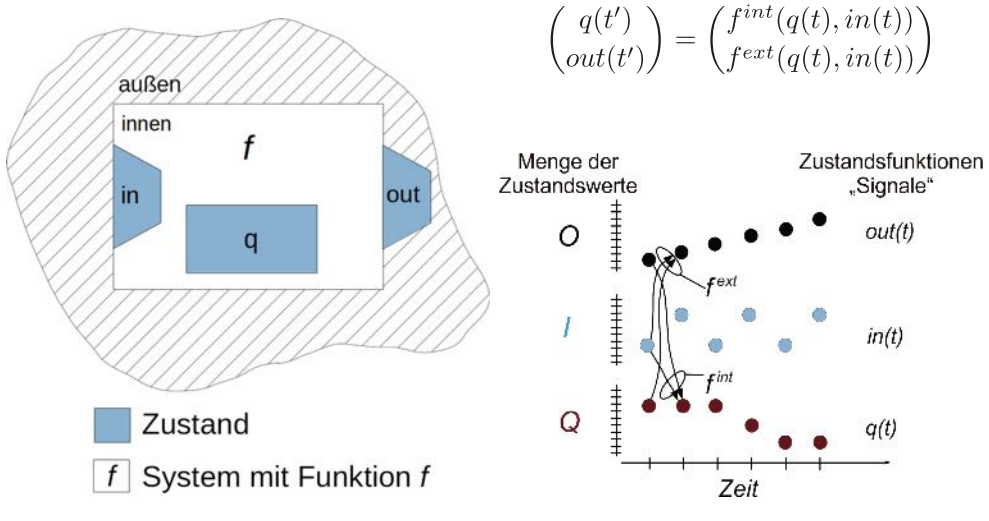


Abb. 1 Ein diskretes System mit seinen drei, ggfs. vektorwertigen Zustandsfunktionen $(in, out, q) : T \to I \times O \times Q$, die die Systemzeit T auf ihre jeweilige Wertemengen I, O, Q abbilden. Der Zusammenhang dieser Werte zu den Zeitpunkten (t, t') wird durch die Systemfunktion $f = (f^{\text{int}}, f^{\text{ext}})$ hergestellt, wie rechts dargestellt

Damit erhalten wir ein sehr dynamisches Bild von der Welt, weil nun Systeme beständig entstehen und vergehen, je nachdem ob sich ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Werten verschiedener Zustandsfunktionen in der Zeit ausbildet oder auch verschwindet.

Dieses Systemmodell illustriere ich in Abb. 1. Dort wird gezeigt, wie die Systemfunktion f einen Eingabezustandswert $in(t)$ und inneren Zustandswert $q(t)$ zum Zeitpunkt t in einem Zeitschritt $t \rightarrow t' = t + 1$ auf einen Ausgabezustandswert $out(t')$ und einen neuen inneren Zustandswert $q(t')$ abbildet. Für eine Diskussion alternativer Systemmodelle verweise ich auf [24].

Da sich in unserem Systemmodell das Ergebnis der Systemfunktion immer auf den nächsten Zeitpunkt $t' = t + 1$ bezieht, können wir aus unserer Verhaltensbeschreibung die explizite Abhängigkeit von der Zeit eliminieren. Dazu gehen wir zu einem I/O-Transitionssystem (I/O-TS)[1] über (z. B. [1, 20]), dessen Übergänge durch einen 4er-Tupel (i, o, p, q) aus Eingabezeichen i, Ausgabezeichen o, Startzustand p und Zielzustand q beschrieben werden. Dabei beziehen sich i und p auf den Zeitpunkt t und o und q auf den Zeitpunkt t'.

Systeme, die immer ihre gesamte Eingabe abbilden, nenne ich einfach. Um auch das Verhalten von Systemen darstellen zu können, die nur auf Teile ihrer Eingaben reagieren, führe ich zusätzlich das leere Zeichen ϵ ein und definiere für ein Alphabet $A^\epsilon = A \cup \{\epsilon\}$. Besitzt ein Eingabezeichen in einer Komponente das leere Zeichen ϵ, dann spielt diese Komponente für die Abbildung dieses Zeichens keine Rolle. Solche Systeme nenne ich „Multiinputsysteme“.

Beschreiben wir mit einem I/O-TS $\mathcal{A}$ das ganze System $\mathcal{S}$, dann ist die Transitionsrelation $\Delta_\mathcal{A}$ der Graph der Systemfunktion $f_\mathcal{S}$ und entsprechend deterministisch. Für die Transitionsrelation $\Delta_\mathcal{A} \subseteq I^\epsilon \times O^\epsilon \times Q \times Q$ des I/O-TS $\mathcal{A}$ gilt dann für alle Zeiten $(t, t' = t + 1)$ seiner Existenz, dass $(\text{in}_\mathcal{S}(t), \text{out}_\mathcal{S}(t'), q_\mathcal{S}(t), q_\mathcal{S}(t')) \in \Delta_\mathcal{A}$ und dass $\Delta_\mathcal{A}$ darüber hinaus keine weiteren Elemente enthält.

Mit einem I/O-TS lassen sich jedoch ebenso nur Teile des Verhaltens eines Systems beschreiben, etwa im Sinne einer Projektion. Das wird v. a. für die Beschreibung des Verhaltens von interaktiven Systemen wichtig. Dann ist die Transitionsrelation ggfs. auch nichtdeterministisch.

Die Interaktion der beschriebenen Systeme basiert auf gemeinsamen Zustandsfunktionen die für die „sendenden“ Systeme die Ausgabe und für die „empfangenden“ System die Eingabe repräsentieren. In der Welt der I/O-TSe entspricht dieser Systemkopplung die Kopplung über identische I/O-Zeichen: Die Ausgabezeichen des „sendenden“ TS sind die Eingabezeichen des „empfangenden“ TS. Die Transitionsrelation des Produkt-TS der interagierenden TSe ergibt sich als entsprechende systematische Restriktion der unbeschränkten Produkt-Transitionsrelation gemäß der Anforderung, dass eingehende Zeichen zu verarbeiten sind (s. [21]).

Information

Ralph V. L. Hartley [10], Claude E. Shannon [27, 28] und andere hatten die bahnbrechende Idee, die Zustände der Natur nicht als Orte, Geschwindigkeiten oder Spannungen zu bemessen, sondern sich auf das Unterscheidbare zu fokussieren. Um weiter über die Zustandswerte reden zu können, mussten sie nun für jeden einzelnen Wert ein neues Symbol einführen und fassten alle diese neu eingeführten Symbole zu einem „Alphabet“ zusammen. Die Information war „erfunden“. Also etwa „0“ oder „1“ im Falle einer binären Unterscheidbarkeit, wobei die Gestalt der Zeichen unerheblich ist. Hauptsache, sie sind ihrerseits unterscheidbar und alle haben sich darauf geeinigt, welche unterscheidbaren Zustandswerte in welchen Systemen mit welchen Zeichen benannt werden sollen.

Gehen wir zusätzlich davon aus, dass die beteiligten interagierenden Systeme sich durch die Interaktion strukturell nicht verändern, können wir mit dieser Information nun genau zwei Dinge anstellen: Wir können sie erstens „übertragen“ und zweitens können wir sie „verarbeiten“.

Information zu übertragen bedeutet, den Wert einer Ausgabezustandsfunktion eines Systems in einer Eingabezustandsfunktion eines weiteren Systems so zu reproduzieren, dass man ihn sowohl hier wie da mit demselben Symbol benennen darf. Informationsübertragung geschieht demnach per definitionem immer *zwischen* Systemen. Sinnvoll über „Informationsübertragung“ zu sprechen, setzt somit die Einigung über die Bezeichnung der unterscheidbaren Zustandswerte in den verschiedenen Systemen strikt voraus. Im einfachsten Fall ist die Ausgabezustandsfunktion des „Senders“ und die Eingabezustandsfunktion des „Empfängers“ schlicht identisch. In der Welt der I/O-TSe entspricht das exakt dem beschriebenen Kopplungsmechanismus.

Damit erhalten wir auch die nachträgliche Rechtfertigung, warum wir uns im Rahmen der Informatik auf die in Abschn. 2 beschriebenen diskreten Systeme beschränken können und finden in den Alphabeten I, O und Q die Mengen unterscheidbarer Zeichen.

Informationen zu verarbeiten, heißt dann, die Zeichen über die einfache Identitätsbeziehung hinaus aufeinander zu beziehen, was per definitionem *innerhalb* der Systeme geschieht. Systeme, deren Funktion die Informationsübertragung selbst ist, nennen wir „Kanal“.

[1] Diese I/O-TS werden in der Literatur auch Transducer und im deterministischen Fall auch Mealy-Automat genannt [26].

Komposition und Berechenbarkeit

Komposition

Komposition bedeutet in der Sprache der Mathematik, aus zwei oder mehr mathematischen Entitäten mithilfe einer mathematischen Abbildung eine weitere zu bilden. Sind $\mathcal{S}_1, ..., \mathcal{S}_n$ unsere betrachteten mathematischen Entitäten und $C_\mathcal{S}$ als partielle Funktion[2] der Kompositionsoperator mit entsprechenden Definitions- und Wertemenge, dann ergibt sich die zusammengesetzten Entität als:

$$\mathcal{S}_{ges} = C_\mathcal{S}(\mathcal{S}_1, ..., \mathcal{S}_n). \quad (1)$$

So bildet etwa die Addition das Kreuzprodukt der natürlichen Zahlen auf die Menge der natürlichen Zahlen ab oder der Negationsoperator der Aussagenlogik die Menge aller Aussagen auf sich selbst ab. Sind $\mathcal{S}_1, ..., \mathcal{S}_n$ und $\mathcal{S}_{ges}$ aus derselben Wertemenge, spreche ich auch von einer „homogenen", ansonsten von einer „inhomogenen" Komposition. Beispiele homogener Kompositionen sind etwa die im nächsten Abschnitt vorzustellende Komposition berechenbarer Funktionen aus berechenbaren Funktionen oder auch die im nächsten Artikel vorgestellte Komposition von Systemen zu Supersystemen.

Informationsverarbeitung mit berechenbaren Funktionen

Die Beschreibung der Informationsverarbeitung wurde durch drei auf den ersten Blick recht unterschiedliche, aber bei näherer Betrachtung äquivalente Konzepte der rekursiven Funktionen [14], der Turingmaschine [31] sowie dem λ-Kalkül [5] begründet – vielleicht die Keimzelle des Lamportschen „Whorfian-Syndroms".

Das Konzept der rekursiven, oder auch berechenbaren Funktionen hat den Vorteil, dass wir für seine Formulierung keine Konzepte einführen müssen, die an sich schon einen gewissen „informatischen" Charakter haben, wie etwa Automaten oder formale Kalküle. Es illustriert meiner Ansicht nach am besten den konstruktiven Charakter der Informatik als Ingenieursdisziplin und v. a. auch ihre Beziehung zum Systembegriff.

Konkret konnte Stephen Kleene in seiner bahnbrechenden Arbeit [14], basierend auf Überlegungen von Kurt Gödel, zeigen, dass ausgehend von gegebenen Elementaroperationen (Nachfolger, Konstante und Identität) sich alle weiteren berechenbaren Operationen durch die folgenden 3 Regeln konstruieren lassen (F_n sei die Menge aller Funktionen auf den natürlichen Zahlen mit Arität n):

1. *Comp:* Sei $g_1, ..., g_n \in F_m$ und $h \in F_n$ berechenbar, dann ist $f = h(g_1, ..., g_n)$ wiederum berechenbar.
2. *PrimRec:* Sind $g \in F_n$ und $h \in F_{n+2}$ berechenbar und $a \in \mathbb{N}^n, b \in \mathbb{N}$ dann ist die Funktion $f \in F_{n+1}$, gegeben durch $f(a, 0) = g(a)$ und $f(a, b + 1) = h(a, b, f(a, b))$ wiederum berechenbar.
3. $\boldsymbol{\mu}$*-Rec:* Sei $g \in F_{n+1}$ berechenbar und $\forall a \exists b$ sodass $g(a, b) = 0$ und die μ-Operation $\mu_b[g(a, b) = 0]$ ist definiert als das kleinste b mit $g(a, b) = 0$. Dann ist $f(a) = \mu_b[g(a, b) = 0]$ wiederum berechenbar.

Eine Funktion wird also berechenbar, wenn sie sich aus anderen, wiederum berechenbaren Funktionen zusammensetzt, bis hinab zu „irgendwie" gegebenen Elementarfunktionen. Berechenbarkeit ist damit ein sehr einfaches (homogen) kompositionales Konzept, mit gerade einmal 3 Kompositionsregeln: Man kann Funktionen hintereinander oder parallel anwenden (*Comp*), man kann sie auf eine vorgegebene Anzahl an Zwischenergebnissen anwenden (*PrimRec*), oder man kann sie so oft auf Zwischenergebnissen anwenden, bis ein (wiederum berechenbares Problem) damit gelöst wird, etwa eine Nullstelle gefunden wurde (μ-*Rec*).

Da wir gesagt hatten, dass die konkrete Wahl unseres Alphabets irrelevant ist, lässt sich dieser Berechenbarkeitsansatz unmittelbar von den natürlichen Zahlen auf alle diskreten Alphabete übertragen. Darüber hinaus sind, vergleichbar mit Konstanten, auch Zufallsvariablen als Elementarfunktionen möglich. Mit diesen lassen sich auch nichtdeterministische Berechnungen konstruieren.

Daten

Alonso Church hat das (Daten-)Typkonzept in die Informatik eingeführt, um die Wohlgeformtheit seines λ-Kalküls sicherzustellen [6]. Tatsächlich ist der Datenbegriff wegen der Äquivalenz der drei Ansätze zur Berechenbarkeit nicht auf ein Kalkül oder gar eine Programmiersprache angewiesen.

Anschaulich können wir Daten als Informationen verstehen, von denen wir grundsätzlich wissen, wie wir sie zu verarbeiten haben [2, 22]. Was meine ich damit konkret? Zunächst verstehen die meisten Informatiker unter Datentypen die Verbindung von einem Alphabet und einer Menge von Funktionen, die dieses Alphabet als Wertebereich haben [16, 17, 19]. Es gibt jedoch auch abweichende Vorstellungen, etwa das Alphabet alleine schon als Typ zu betrachten (z. B. [4]) oder Typen als Äquivalenzklasse von Variablen (z. B. [18]).

[2] Partiell bedeutet, dass diese Funktion nicht für alle möglichen Entitäten erklärt ist, d. h. nicht jede Entität für jede Komposition geeignet ist.

Allerdings gibt es bei der Menge der Funktionen Klärungsbedarf. Beschränken wir uns auf eventuell gegebene Elementarfunktionen, dann wären etwa die beiden Datentypen $\mathcal{T}_1 = (\mathbb{N}, \{incr\})$ mit $incr(x) = x + 1$ und der erweiterte Datentyp $\mathcal{T}_1' = (\mathbb{N}, \{incr, incr2\})$ mir $incr2(x) = incr(incr(x))$ verschieden. Das entspricht aber nicht unserer Intuition. Dies können wir berücksichtigen, wenn wir die Menge der betrachteten Funktionen auf alle Funktionen, die sich aus den gegebenen Elementarfunktionen unter den 3 Berechenbarkeitsregeln bilden lassen, erweitern. Dann wären beide Datentypen tatsächlich in diesem Sinne gleich.

Das entspricht unserer Intuition, dass sich etwa in einer Programmiersprache ein Datentyp nicht ändert, nur weil wir mit seiner Hilfe eine neue Operation definiert haben.

Mit „Daten als Informationen verstehen, von denen wir grundsätzlich wissen, wie wir sie zu verarbeiten haben“ meine ich daher konkret, dass wir zu einem Alphabet eine zugeordnete Menge von Elementaroperationen kennen und so mit den 3 Berechenbarkeitsregeln grundsätzlich alle damit konstruierbaren Funktionen konstruieren könnten.

Ein einfaches Beispiel ist der Datentyp einer 64-Bit-Gleitkommazahl gemäß IEEE-Standard. Hier sind die Elementaroperationen +, -, * und /, die heutzutage alle von den modernen Rechenzentraleinheiten zur Verfügung gestellt werden. Sie alle gehen von einer bestimmten Struktur dieser 64 Bits aus, etwa dass die ersten 56 Bits für die Mantisse und die restlichen 8 Bits für den Exponenten zu einer zuvor vereinbarten Basis vorgesehen sind. Genau genommen sind dies Elementarfunktionen, die auf Paaren von Gleitkommazahlen operieren. Die genaue theoretische Behandlung solcher Datentupel kann unterschiedlich erfolgen und führt über diesen Artikel hinaus. Ebenso die Möglichkeit, Operationen als Datümer zu betrachten (z. B. [16]).

Zwei begriffliche Abgrenzungen sind zum Verständnis von Daten im vorgestellten Sinne wichtig. Zum einen die Abgrenzung gegenüber sogenannten „Abstrakten Datentypen“ oder den mit ihnen verwandten „Objekten“ im Sinne von Instanzen von Klassen der Objektorientierung (OO). Solche Objekte stellen eine Verbindung von einer konkret bestimmten, endlichen Menge berechenbarer Funktionen mit einer konkreten Zustandsfunktion her. Von deren Zustandswerten wissen wir dann nicht nur „grundsätzlich“, wie sie verarbeitet werden „könnten“, sondern wir wissen, wie sie tatsächlich verarbeitet werden. Objekte bzw. Instanzen von Klassen im Sinne der OO sind also eher Systeme (s. Abschn. über Systeme) und keine Datentypen im vorgestellten Sinn. Entsprechend benötigen sie eine Initialisierung („Konstruktor“). Diesen Bezug haben Datentypen nicht.

Zum anderen ist die Abgrenzung zwischen einem Datentyp, der sich auf eine Wertemenge bezieht, und dem Konzept, das er ggfs. repräsentieren soll, wesentlich. Unterhalten sich zwei Menschen etwa über Temperatur in einem physikalischen Sinn, dann ist es sehr unwahrscheinlich und auch gar nicht notwendig, dass sie beide genau dasselbe Verständnis von Temperatur haben. Vielleicht ist der eine Mensch eine Physikerin mit einer Promotion im Bereich thermodynamischer Beschreibung von Quantenvielteilchensystemen und der andere Mensch ihr 8-jähriger Sohn, der ihr erzählt, dass er heute, bei 30 °C in der Schule hitzefrei bekommen hat. Reden hingegen zwei Menschen über einen Datentyp „Temperatur“, dann ist es möglich und auch zu hoffen, dass beide über dasselbe reden, also beide dieselben Elementaroperationen kennen und das Konzept der Berechenbarkeit verstanden haben.

Abstraktion durch Äquivalenzklassenbildung

Bisher haben wir uns in unserer Darstellung immer auf einzelne Zeichen und Zustandsübergänge beschränkt. Das wird für komplexere Anwendungsfälle schnell unübersichtlich. Komplexere Anwendungsfälle lassen sich deutlich einfacher darstellen, wenn es uns gelingt, uns auf das „Wesentliche“ zu fokussieren. In Bezug auf unsere I/O-TSe bedeutet das, dass wir bestimmte Transitionen bezügliche eines Kriteriums als äquivalent ansehen.

Mathematisch gesprochen wollen wir mithilfe einer Relation die bisher betrachteten Transitionsrelationen in Äquivalenzklassen aufteilen unter Erhaltung einer uns wesentlichen Eigenschaft.

Eine sogenannte Äquivalenzrelation $\sim$ auf einer Menge R ist eine Relation, die die drei folgenden Eigenschaften für drei Elemente $a, b, c \in R$ besitzt:

1. *Reflexivität*: $a \sim a$. D. h. jedes Element ist zu sich selbst äquivalent.
2. *Symmetrie*: $a \sim b \Rightarrow b \sim a$: D. h. Äquivalenz gilt immer in beide Richtungen.
3. *Transitivität*: $a \sim b$ und $b \sim c \Rightarrow a \sim c$. D. h. sind jeweils a zu b und b zu c äquivalent, so ist auch a zu c äquivalent.

Eine Äquivalenzrelation hat die gewünschte Eigenschaft, ihre Bezugsmenge immer vollständig in paarweise disjunkte Teilmengen, die sogenannten Äquivalenzklassen aufzuteilen und dabei gewisse Eigenschaften zu konservieren. Damit lässt sich die mathematische Äquivalenzklassenbildung als Abstraktion vom Einzelfall hin zu einer „Verallgemeinerung“ verstehen.

Ich stelle zwei unterschiedliche Äquivalenzklassenkonstruktionen für die Transitionsrelation der I/O-TSe vor, die unterschiedliche Aspekte hervorheben. Eine für den deterministischen und eine für den nichtdeterministischen Fall.

Objekte im Sinne der Objektorientierung

Im Fall eines deterministischen I/O-TSs können wir die Transitionsrelation Δ in Subtransitionsrelationen Δ_l zerlegen, die ihrerseits deterministisch sind, soweit es uns opportun erscheint. Damit definiert jede von ihnen eine Funktion δ_l mit $(o, q) = \delta_l(i, p)$ für $(p, q, i, o) \in \Delta_l$. Tatsächlich besteht δ_l damit aus zwei Teilen, wobei der erste Teil für die objektorientierte Art [7, 13] steht, eine Zustandsänderung eines sogenannten „Objekts“ darzustellen, indem die Zustandsfunktion mit einem Namen bezeichnet wird, dem „Objektnamen“. Dieser Zustandsfunktion werden dann die Operationen zugeordnet, etwa so: outputParameters = objectName.operation(inputParameters). Die zweite Gleichungsrelation für die Entwicklung des Werts des inneren Zustands ist in der Welt der Objektorientierung nur implizit gegeben.

Wir sehen, dass „Objekte“ im Sinne der Objektorientierung eigentlich Systeme in unserem Sinne sind, weswegen man eigentlich besser „System“- statt „Objekt-Orientierung“ sagen sollte.

Dokumente und Hauptzustände

Gewöhnlich beschreiben wir Interaktionen, etwa im Geschäftsleben nicht mit dem Bezug auf konkrete, bis ins Detail ausgefüllte Dokumente. Stattdessen abstrahieren wir und sagen etwa, „Ich bestelle ein Ware, indem ich eine Bestellung versende“, oder „Ich überweise einen Geldbetrag, indem ich eine Überweisung ausfülle und abschicke“. Und vom Empfänger eines solchen Dokuments sagen wir vielleicht, dass er von einem Wartezustand mit Erhalt des Dokuments zusammen mit seiner Entscheidung, unserem Ansinnen nachzukommen, in einen Zustand entsprechender Geschäftigkeit wechselt.

D. h. wir abstrahieren von vielen Details, was bestellt wird, wie viel bestellt wird, die Identitäts- und Adressdaten des Kunden usw., und betrachten alle diese Übergänge in Bezug auf diese Darstellung als gleichwertig. Diese Fokussierung führt offensichtlich dazu, die Zeichenmengen in „Dokumentenklassen“ und die Zustandswertemenge in „wichtige“ und „weniger wichtige“ Zustände zu unterteilen.

Die Grundidee dieser Äquivalenzklassenkonstruktion besteht darin, diese Partitionierung nicht direkt von i, o, p und q abhängig zu machen, sondern nur von der wichtigen Komponente des Zustands sowie der Dokumentenklasse des Eingabedokuments und der Erfüllung einer zusätzlichen Bedingung.

Ich führe daher zunächst eine Funktion $parse$ ein mit $(docCls, param) = parse(a)$, die jedem Zeichen a eines I/O-TS eine Dokumentenklasse $docCls(a)$ und einen Wert einer Parametermenge $param(a)$ zuordnet. Wir können also jedes Zeichen als eine Instanz eines Dokuments einer gegebenen Dokumentenklasse ansehen, das bestimmte Parameterwerte repräsentiert.

Zweitens teile ich den Zustand p des I/O-TS in eine Modus-Komponente und einen Rest auf: $p = (mode(p), rest(p))$.

Und drittens führe ich zu jedem Modus $mode(p)$ und jeder Dokumentenklasse $docCls(i)$ der Eingangsdokumente eine Testfunktion $cond_{mode(p),docCls(i)}$ ein, die testet, ob zusätzlich die Werte des Restzustands und der Parameter der Eingabedokumente eine zu bestimmende Bedingung erfüllen oder nicht.

Damit lässt sich jede Transition eindeutig einer Äquivalenzklasse zuordnen, die durch 5 Angaben beschrieben wird: der Moduswert des jeweiligen Start- und Zielzustands, die Dokumentenklasse jeweils von Ein- und Ausgabe sowie eine Bedingung. In Anlehnung an die Notation $p \xrightarrow{i/o} q$ als Ersatz für $(i, o, p, q) \in \Delta$ schreiben wir die Äquivalenzklasse Δ_l auch als:

$$mode(p) \xrightarrow{docCls(i),cond_{mode(p),docCls(i)}(p_{rest},param_i)/docCls(o)} mode(q) \qquad (2)$$

Auf diese Darstellung werde ich im Laufe der Artikelserie bei der Darstellung von Interaktionen zurückkommen.

Diskussion

Unser Verständnis der Informatik entwickelt sich in dem Spannungsfeld aus unserer Alltagsintuition und genuin informatischen Konzepten. Im günstigen Fall trägt die Informatik mit ihrem Fokus auf die Begrenztheit der Unterscheidbarkeit ihren Teil zur Weiterentwicklung unseres Denkens bei – im ungünstigen Fall verstellt sie uns den Blick auf das Wesentliche.

Die Leistungsfähigkeit einer Informatik, die sich auf das beschriebene Fundament der Systemmodelle, der Information, und der Komposition stützt, muss sich letztlich an der Frage messen, wie sie unser Verständnis unserer Welt verbessert.

Meiner Ansicht nach ergeben sich aus der in diesem Artikel entwickelten Sicht auf die Informatik in dieser Hinsicht drei wichtige unmittelbare Konsequenzen. Erstens gibt es keine zwei verschiedenen Welten der Informatik und der Physik, die auf geheimnisvolle Weise „wechselwirken“ (entgegen etwa dem Modell in [8]). Sondern: Es gibt nur eine Welt, die wir unterschiedlich beschreiben. Das ist insbesondere im Bereich der sogenannten cyberphysikalischen Systeme, aber auch für unsere Vorstellung der Mensch-Maschine-Interaktion zunehmend von ganz praktischer Bedeutung.

Zweitens lässt sich nun mit Klärung der Frage, was denn aus Sicht der Informatik eigentlich zwischen Systemen, die

über Signale miteinander kommunizieren, „transportiert“ wird – nämlich die Information – auch feststellen, was insbesondere *nicht* transportiert wird – nämlich irgendeine Bedeutung. Tatsächlich formuliert Claude E. Shannon in [27] explizit, dass eventuelle Bedeutungen der übertragenen Signale für seine Betrachtungen des Transports völlig „irrelevant“ seien. Mit ihrem Konzept der Information, das im selben Atemzug auch deren Transport und ihre Verarbeitung unterscheiden lässt, legt uns die Informatik den Schlüssel zum Erfassen eines sehr leistungsfähigen Konzepts der Bedeutung ausgetauschter Zeichen in den Schoß.

Wenn wir im Rahmen der Informatik über die Bedeutung transportierter Informationen für die beteiligten Systeme sprechen wollen, etwa in dem Sinne, dass nicht alles was gleich unterscheidbar ist (also eine Information ist) auch gleich bedeutsam ist (also gleich relevant ist) kann diese Bedeutung ausschließlich durch ihre Verarbeitung entstehen. Damit können wir sagen, dass Bedeutung in einem informatischen Sinne „erteilt“ wird. Für diese Vorstellung spricht auch, dass wohl jeder der Feststellung zustimmen würde, dass Information, die nicht verarbeitet wird, ganz sicher bedeutungslos ist, in dem Sinne, dass sie keine Wirkung entfalten wird. Mehr dazu dann im vierten Artikel dieser Serie.

Und drittens ergibt sich ein gewisser „virtueller“ Charakter rein informatisch beschreibbarer Systeme. In dieser Beschreibung hatten wir ja gerade von der konkreten Realisierung ihrer Zustandswerte abstrahiert und für deren Bezeichnung stattdessen die informatischen Alphabete eingeführt. Damit lassen sich auch ganze informatische Systeme entsprechend einfach transportieren. Aber genauso endet ihr „virtueller“ Charakter eben dort, wo die Abstraktion, dass die Struktur von Systemen in der Interaktion invariant bleibt und es allein auf die Unterscheidbarkeit ankommt, ihre Gültigkeit verliert. Wenn ich etwa auf die Nase falle, kann man die unterscheidbaren Zustände „Nase heile“ und „Nase blutet“ als eine Information ansehen, die man auch etwa mit einer Münze codieren könnte (Kopf versus Zahl). Aber dieser Aspekt ist für mich dann (wahrscheinlich) nicht der wesentliche.

Hätten die Evangelisten der Objektorientierung (OO) in den 1990er-Jahren recht gehabt (z. B. [13]), wäre die Entstehung der Data Economy unverständlich – immerhin beruht der aktuelle Börsenwert (Jan. 2022) der 5 größten US-amerikanischen IT-Konzerne Google (Alphabet), Amazon, Facebook (Meta Platforms), Apple und Microsoft von ca. 9,5 Billionen US$ weitgehend auf dem wirtschaftlichen Wert von Daten – und nicht von Objekten im Sinne der OO. Tatsächlich ist die Festlegung der Verarbeitung von Informationen wie sie mit der Objektorientierung geschieht, unserem Modell der Semantik folgend, nichts anderes, als ihre Semantik festzulegen. Genau das vermeidet das vorgestellte Datenkonzept, indem es einen Datentyp als eine Festlegung begreift, die sich durch die Konstruktion einer weiteren berechenbaren Operation i.S. der Berechenbarkeit nicht verändert.

Und hätte der von mir hochgeschätzte Leslie Lamport mit seiner Feststellung, „Computer science is largely about computation“ [15] in jeder Hinsicht recht, dann könnte ich mir die weiteren 3 Artikel dieser Serie wahrscheinlich sparen und wäre stattdessen mit einem kurzen weiteren Abschnitt über Systemkomposition, die sich auf die Komposition berechenbarer Funktionen stützt, schon fertig. Aber: Informatik ist im Wesentlichen eine Theorie der Interaktion. Und ihr Konzept der Berechenbarkeit kommt nur dort zum Tragen, wo wir Systemfunktionen zusammensetzen. Wie ich im nächsten Teil dieser Reihe zeigen werde, ist das aber für eine große Klasse der Interaktionen nicht der Fall, nämlich für alle die Interaktionen, die nichtdeterministisch und zustandsbehaftet sind und die wir am besten mit Protokollen beschreiben. Mehr dazu im nächsten Artikel.

Literatur

1. Alur R (2015) Principles of cyber-physical systems. MIT Press, Cambridge
2. Bitkom (2020) Vorschlag zur systematischen Klassifikation von Interaktionen in Industrie 4.0 Systemen – Hinführung zu einem Referenzmodell für semantische Interoperabilität (White paper)
3. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWI) (2020) Verwaltungsschale in der Praxis: Wie definiere ich Teilmodelle, beispielhafte Teilmodelle und Interaktion zwischen Verwaltungsschalen (Version 1.0)
4. Cardelli L, Wegner P (1985) On understanding types, data abstraction, and polymorphism. ACM Comput Surv 17(4):471–523
5. Church A (1936) An unsolvable problem of elementary number theory. Am J Math 58:345–363
6. Church A (1940) A formulation of a simple theory of types. J Symb Log 5:56–68
7. Dahl O-J, Nygaard K (1966) Simula – an algol-based simulation language. Commun ACM 9(9):671–678
8. DIN. SPEC 91345:2016-04 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0), 2016.
9. Gabriel G, Hermes H, Kambartel F, Thiel C, Veraart A et al (1976) Gottlob Frege – Wissenschaftlicher Briefwechsel. Meiner, Hamburg
10. Hartley RV (1928) Transmission of information. Bell Labs Tech J 7(3):535–563
11. Hey J (2004) The data, information, knowledge, wisdom chain: the metaphorical link. Intergov Oceanogr Comm 26:1–18
12. ITU-T. X.200 Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model, 1994.
13. Jacobson I (1992) Object oriented software engineering: a use case driven approach, 1. Aufl. Addison-Wesley Professional
14. Kleene S (1936) General recursive functions of natural numbers. Math Ann 112(5):727–742
15. Lamport L (2010) Computer science and state machines. In: Concurrency, compositionality, and correctness. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S 60–65
16. Liskov BH, Wing JM (1994) A behavioral notion of subtyping. Acm Trans Program Lang Syst 16(6):1811–1841
17. Mitchell JC (2000) Foundations for programming languages, 3. Aufl. MIT Press, Cambridge

18. Parnas DL, Shore JE, Weiss D (1976) Abstract types defined as classes of variables. ACM SIGPLAN Not 11(SI):149–154
19. Pierce BC (2002) Types and programming languages. MIT Press, Cambridge
20. Reich J (2010) Finite system composition and interaction. In: Fähnrich K-P, Franczyk B (Hrsg) 40. GI Jahrestagung (2), volume 176 of LNI (page 603)
21. Reich J (2021) Composition, cooperation, and coordination of computational systems. preprint arXiv:1602.07065
22. Reich J (2018) Data. preprint arXiv:1801.04992
23. Reich J (2022) A theory of interaction semantics. preprint arXiv:2007.06258
24. Reich J (2021) Komposition und Interoperabilität von IT-Systeme. Inform Spektrum 40:339–346
25. Reich J, Zentarra L, Langer J (2020) Industrie 4.0 und das Konzept der Verwaltungsschale – eine kritische Auseinandersetzung. HMD 58:661–675. https://doi.org/10.1365/s40702-020-00645-4
26. Sakarovitch J (2009) Elements of automata theory. Cambridge University Press
27. Shannon CE (1948) A mathematical theory of information. Bell Syst Tech J 27(379–423):623–656
28. Shannon CE (1949) Communication in the presence of noise. Proc IRE 37(1):10–21
29. Tolk A, Turnitsa CD, Diallo SY, Winters LS (2006) Composable M&S web services for net-centric applications. J Def Model Simul 3(1):27–44
30. Tripakis S (2016) Compositionality in the science of system design. Proceeding IEEE 104:960–972
31. Turing AM (1936) On Computable Numbers, With an Application to the Entscheidungsproblem. Proc Lond Math Soc Ser 2 42:230–265
32. Zins C (2007) Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge. J Am Soc Inf Sci 58(4):479–493

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Springer Nature oder sein Lizenzgeber hält die ausschließlichen Nutzungsrechte an diesem Artikel kraft eines Verlagsvertrags mit dem/den Autor*in(nen) oder anderen Rechteinhaber*in(nen); die Selbstarchivierung der akzeptierten Manuskriptversion dieses Artikels durch Autor*in(nen) unterliegt ausschließlich den Bedingungen dieses Verlagsvertrags und dem geltenden Recht.

Informatik Spektrum (2022) :381–388
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01509-5

HAUPTBEITRAG

IT-gestützte Aus- und Weiterbildung im tertiären Bildungsbereich – Informatik und Wirtschaftsinformatik

Peter Mertens[1]

Angenommen: 2. Oktober 2022 / Online publiziert: 9. November 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung
Der tertiäre Bildungssektor im deutschsprachigen Raum fächert sich zunehmend auf. Das gilt für die Typen von Hochschulen wie auch für die Professuren. Dazu kommen neue technische Möglichkeiten für Fernunterricht per Internet. In der Kombination ergeben sich eine nicht einfach zu ordnende Vielfalt und Unübersichtlichkeit, aber auch Elemente eines fruchtbaren Wettbewerbs.
Die Informatik und ihre Anwendungsfächer, wegen ihrer Marktnähe vor allem die Wirtschaftsinformatik, sind einerseits *Gegenstand der Aus- und Weiterbildung*, auch weil ihre dynamische Weiterentwicklung in Grundlagen und Anwendungen vielfältiges neues Wissen, Technologien und Techniken hervorbringt, die verbreitet werden müssen. Andererseits sind sie auch *bildungsökonomisches Werkzeug*, um die Effizienz der Aus- und Weiterbildungsprozesse zu steigern. Beispielsweise können sie mit ihren Forschungsergebnissen zur Personalisierung und Benutzermodellierung die Didaktik der Online-Kurse verfeinern oder Techniken zur Verhinderung von Betrug bei Online-Prüfungen entwickeln.
Durch neue, gut durchdachte Arbeitsteilung und marktwirtschaftliche Konkurrenz ebenso wie Kooperation – vergleichbar mit Güter- und Dienstleistungsmärkten – könnten auch in der Ausbildung und in der Weiterbildung Effizienz- und Kostenvorteile für die beteiligten Institutionen, Lehrenden und Lernenden entstehen. Wegen der wahrscheinlich in den nächsten Dekaden noch stärker als gegenwärtig schon eintretenden Sparzwänge und Fachkräfteengpässe sind einschlägige Überlegungen, Ausarbeitung von Szenarien und Pilotversuche zu empfehlen. Allerdings müsste ein „optimaler Koordinierungsgrad" angestrebt werden. In Anbetracht der föderalen Struktur des Bildungswesens in Deutschland und der Gefahr, dass eine bürokratielastige europaweite Vereinheitlichung gefordert wird, wäre dies eine sehr anspruchsvolle Aufgabe.

Einleitung – Problemskizze

In jüngerer Zeit ist die Hochschullandschaft in Deutschland vielfältiger geworden (Tab. 1). Allein in Bayern gibt es jetzt über 30 Hochschulen verschiedenen Typs. Dadurch werden der Überblick und die Auswahl erschwert, z. B. für junge Menschen bei der Suche nach dem passenden Beruf oder der geeigneten Ausbildungsform und -stätte. Die deutschen Universitäten und auch verschiedene nicht universitäre Hochschulen orientieren sich am Humboldt'schen Ideal der Einheit von Forschung und Lehre. Dieses Prinzip hat Vor- und Nachteile. Zu den Nachteilen zählt, dass nicht alle leidenschaftlich Forschenden das wünschenswerte Interesse an exzellenter Lehre oder die dazu erforderliche Begabung und Ausbildung mitbringen und umgekehrt. Zudem fördert in vieler Hinsicht sehr gute Forschung die Reputation mehr als sehr gute Lehre. Auch mögen die Lehrinhalte zu speziell auf die (aktuellen) Forschungsschwerpunkte der Lehrenden ausgerichtet sein. Der Präsenzunterricht bedingt oft in Bau und Unterhalt teure Gebäude (v. a. Hörsäle), die über das Jahr hinweg nicht gut ausgelastet sind (Leerkosten).

Die informationstechnische Entwicklung (Technodruck), die Pandemie und die Preissteigerungen bei der Energie (Bedarfssog) sowie die damit einhergehende Zunahme der IT-gestützten Heimarbeit („Homeoffice") haben dazu beigetragen, dass neuerdings im Internet viele Fernkurse angeboten werden. Da es zahlreiche Varianten gibt, die unterschiedliche Bezeichnungen tragen und sich zuweilen nur in Feinheiten unterscheiden, verwenden wir in der Folge die neutrale Bezeichnung „internetgestützter Fernunterricht" und die Abkürzung I-FER. Es handelt sich um Wissensvermittlung in ganz unterschiedlichem Kontext, z. B. allgemeine fachliche Bildung und Weiterbildung, Weiterentwicklung von Mitarbeitenden in geografisch dezentra-

✉ Peter Mertens
peter.mertens@fau.de

[1] Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg, Deutschland

Tab. 1 Spektrum der Hochschultypen

Die neueren Lehr- und Prüfungsformen können grob charakterisiert und den traditionellen gegenübergestellt werden, sodass sich ein Spektrum ergibt. Eine gewisse Verallgemeinerung, die von Betroffenen in Ausnahmefällen als ungerecht empfunden werden mag, müssen wir in Kauf nehmen

Hochschultyp: Explizite Eliteuniversität
Merkmale: Von vorneherein (bei Konzeption und Errichtung) überdurchschnittliche Ausstattung pro Studierende(n). Unter Umständen sehr gut ausgerüstete Forschungslabore. Besonders strenge Zulassungsbedingungen und entsprechend aufwendige Auswahlverfahren. Ein Beispiel ist die neue Technische Universität Nürnberg

Hochschultyp: Allgemeine staatliche Universität
Merkmale: Breites Fächerangebot mit besonderen Chancen zur interdisziplinären Forschung und Lehre. Oft im internationalen Vergleich sehr geringe Studiengebühren
Dozentinnen und Dozenten häufig mit reiner Hochschullaufbahn (wenig Erfahrung als Fachspezialist/Fachspezialistin und/oder Führungskraft in der Praxis)

Hochschultyp: Spezielle staatliche oder privat finanzierte Universität oder Fachhochschule
Merkmale: Fokussiertes Fächerangebot (u. a. Landesverteidigung, Kunst, Medizin, Sport, Verwaltung, Wirtschaft). Wegen starker Spezialisierung Übergang der Absolventinnen und Absolventen in die Praxis vorgezeichnet. Beispiele sind die Bundeswehruniversitäten Hamburg und München, die Medizinische Hochschule Hannover, die Deutsche Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer, die Deutsche Sporthochschule Köln und die WHU-Otto-Beisheim-School of Management in Vallendar

Hochschultyp: Fachhochschule
Merkmale: Zulassungsbedingungen weniger eng als bei Universitäten. Auswahl von Dozentinnen und Dozenten mit profunden Praxiskenntnissen und Erfolgen bei der Entwicklung neuer Produkte und Prozesse, z. B. Patente

Hochschultyp: Hochschulen mit hohem Anteil an IT-gestütztem Fernunterricht
Merkmale: Besonders vielfältige Lehrangebote, zum Teil nach dem Baukastenprinzip. Teilweise starke Ausrichtung der Lehre an aktueller Nachfrage vom Arbeitsmarkt. U. a. Buchführung über die ausgewählten Module und die dazu bestandenen Tests/Examina (verwandt mit Nano Degrees) statt punktueller Abschlussprüfung (z. B. Bachelor). Beispiele sind die Virtuelle Hochschule Bayern (s. Abschn. 3) und die Fernuniversität in Hagen, die auch Bachelor- und Masterstudiengänge wie reine Präsenzuniversitäten anbietet

Hochschultyp: Duale Hochschule mit berufsorientiertem Angebot
Merkmale: Besonders viele Lehrangebote, zum Teil nach dem Baukastenprinzip. Starke Ausrichtung der Lehre an der aktuellen Nachfrage vom Arbeitsmarkt. Bachelor mit überdurchschnittlich vielen von den Studierenden pro Semester zu erbringenden Leistungen, ausgedrückt in ECTS. Enger Kontakt zu den „dualen Partnerunternehmen". Auswahl der Studierenden erfolgt durch den „dualen Partner" nach den Beschäftigungsmöglichkeiten. Pilot in Deutschland ist die Duale Hochschule Baden-Württemberg; in anderen Bundesländern sind Gründungen nach diesem Vorbild angedacht

Hochschultyp: Akademie mit kompakten Kursen in Nachbardisziplinen für fortgeschrittene Studierende und Absolventinnen und Absolventen
Merkmale: Besonders leistungsfähigen, in einem gründlichen und aufwendigen dreistufigen Verfahren ausgewählten Studierenden aller Fachrichtungen, vorwiegend Informatik, Ingenieurwesen, Rechtswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, die an einer staatlichen Präsenzhochschule studieren, werden in der vorlesungsfreien Zeit oder nach dem originären Studium (Aufbaustudium) Kenntnisse in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Kenntnisse zum interdisziplinären Arbeiten, Personalführung, Unternehmensgründung, Projektmanagement, Selbstmanagement u. a. vermittelt. Ein Beispiel ist die Bayerische Eliteakademie München

lisierten Konzernen, Beschreibungen von Zweck und Bedienungsanleitungen von Produkten („virtueller Beipackzettel") bis hin zu indirekter Werbung für physische Produkte und Dienstleistungen.

Viele dieser Angebote zeichnen sich dadurch aus, dass sie

a) sehr speziell sind und ein scharf abgegrenztes Wissen vermitteln (vgl. Tab. 2);
b) von Spezialisten des Gebiets, das gelehrt wird, erarbeitet und geprüft wurden;
c) Inhalte haben, welche besonders aktuell sind (zurzeit etwa Probleme des deutschen Lieferkettensorgfaltspflichtengesetzes);
d) die Möglichkeiten und Vorzüge des Mediums, soweit es die Veranschaulichung betrifft, nutzen (z. B. Filme, Animation, grafische Tricks, Simulationen, Augmented und Virtual Reality, Einspielen von Stellungnahmen von Pionieranwendern neuer Systeme sowie Interviews mit solchen Personen, mit Kritikern und mit „Vordenkern");
e) gedruckten Text, Audio und Video kombinieren.

Sollte sich diese Form der Wissensvermittlung und Weiterbildung dauerhaft etablieren, was wahrscheinlich ist, so steht zu erwarten, dass Online-Kurse sich – anders als der Unterricht in Präsenzhochschulen – *landesweit vergleichen* lassen, so wie z. B. physische Produkte, Lehrbücher oder kommerzielle Dienstleistungen, etwa Versicherungen. Solche Vergleiche könnten in Form von kritischen Rezensionen der Kurse, Erfahrungsberichten durch Journalistinnen/Journalisten von Fachzeitschriften oder durch professionelle Tests und Testpersonen erfolgen und somit zu einer allmählichen oder auch raschen Qualitätssteigerung führen. Kriterien wären die fachliche Seriosität der Inhalte, die Didaktik und der Preis. Ausschreibungen, Wettbewerbe und

Auszeichnungen für besonders gelungene Lehrpakete („IT-Oscar“) könnten diese Entwicklung weiter voranbringen.

Zu den I-FERs gehören die Nano Degrees, die ursprünglich vor allem von dem deutschstämmigen Informatiker Sebastian Thrun an der Stanford University erprobt und eingeführt wurden. Die Nano Degrees mag man als Nachfolger von kompletten Ausbildungsgängen per Fernunterricht sehen, die aus „einem Guss“ entwickelt wurden, d. h. als Übertragung von Hochschuldisziplinen mit Lehre, Prüfung, Zertifizierung, Vergabe von Titeln in den Fernunterricht per Internet. Mit diesem ganzheitlichen Konzept wurde Thrun nicht wirklich zufrieden. Ein Hauptgrund lag darin, dass die *Abbrecherquote* der Studierenden sehr hoch war und somit die Zahl der Graduierten niedrig. Thrun zog daraus den Schluss, dass eine Art *Baukasten* mit frei von den Studierenden zu wählenden Bausteinen den Bedarf an Bildung und Weiterbildung am Arbeitsmarkt näherkomme. Er schlug daher vor, dass die Lernenden statt eines kompletten Studiengangs kleinere, oft sehr spezielle Fernkurse („Nanos“) absolvieren, die mit Prüfungen – in der Regel online – und darüber ausgestellten Zertifikaten abgeschlossen werden. Es findet sich auch der Begriff „Microlearning“ [5]. Im Umfang entsprechen die Nano Degrees etwa fünf bis zehn ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System zur einheitlichen Leistungsmessung, zum Leistungsvergleich und zur Übertragung von erbrachten Leistungen zwischen verschiedenen Institutionen). Das Ausbildungsprofil, das die Lernenden entwickeln, fortschreiben und bei Bewerbungen vorlegen, ist die Gesamtheit der bestandenen Kurse („Degrees“), eine Art „Elektronisches Studienbuch“.

Eine gewisse Verwandtschaft zeigt sich mit den vielen Webinars und mit den MOOCs (Massive Open Online Courses). Im nächsten Abschnitt sind Ausprägungen der Lehrangebote beschrieben. Die Begriffsbildung ist nicht abgeschlossen, weder in der Fachwelt noch in Laiendarstellungen.

In der Gesamtheit werden die hier nur skizzierten Entwicklungen bereits als „Mögliche Revolution des Bildungssystems“ gesehen [4].

Vielleicht ist die Zeit gekommen, *Bezugsrahmen, Systematiken, Konzepte* und *Szenarien* zu entwickeln, welche den Studierenden ebenso wie den Arbeitgebern den Überblick weiter erleichtern und die klassische und inzwischen breit ausgefächerte Präsenzaus- und -weiterbildung mit den Möglichkeiten des Online-Unterrichts bzw. des IT-gestützten Fernunterrichts systematisch verbinden. An die Stelle der Konkurrenz träte die Kooperation bzw. eine partielle Integration. Vermehrt liest man jetzt die Bezeichnung „Hybridlehre“. In einer Studierendenbefragung in der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg sprachen sich 83 % der Antwortenden für verschiedene Formen der Hybridlehre aus. Eine Umfrage der US-Bildungsorganisation Graduate Management Admission Council (GMAC) erbrachte ein wachsendes Interesse der Studierenden von Wirtschaftshochschulen an Verbindungen von Präsenz- und Online-Unterricht [11]. Eine Herausforderung bestünde darin, möglichst die Vorteile der beiden Lehrformen zu ernten und die Nachteile zu vermeiden und so per Saldo einen Fortschritt auch der Bildungsökonomie zu erreichen.

Es fällt auf, dass sich unter den Lehrangeboten viele befinden, die zu Gebieten der *Informatik* und der *Wirtschaftsinformatik* gehören (Tab. 2). Daher wählen wir solche (in einer Zufallsstichprobe gefundenen) Kurse zum Beispiel. Die nach eigener Darstellung größte Online-Plattform der Welt, Udemy mit über 200.000 Kursen, ist auf Lehre der In-

Tab. 2 Zufallsstichprobe aus informatikbezogenen Inhalten von IT-gestütztem Fernunterricht

Die Beispiele stammen meist aus Werbemaßnahmen der Anbieter, die den Verfasser im letzten Jahr (Juli 2021 bis Juni 2022) erreichten, und zum kleineren Teil aus Fachaufsätzen. Sie sind alphabetisch geordnet

Ausbildung zum Chief Digital Officer, Berufsbild Chief Digital Officer, Best-practices Modelling, Business Intelligence und Analytics, Corporate Digital Responsibility für Führungskräfte, Customer Journey – wie und wo findet mich meine Kundschaft, Data Analytics für die Analyse und Gestaltung von Wertströmen, Data Mining zur Qualitätssicherung, Datenanalyse im Unternehmen (Data Science), Datenschutz-Auditing, Datenverschlüsselung und Wiederherstellung, Datenvisualisierung – die Zukunft des Diagramms, Desktop Publishing, Details of the Simio Series (Simulationswerkzeug, Mensch-Aufgaben-Zuordnung in der Fertigung), Macht der digitalen Plattformen, Digital Tools und soziale Interaktion, Digitale Dienstleistungen mit EU und Drittländern, Digitale Plattform-Geschäftsmodelle, Digitaler Posteingang, Digitaler Produktpass, Digitales Recruiting von IT-Fachkräften, DSGVO 2022/23 – Umsetzung in der Praxis, Einführung in Cloud-Technologien, Embedded Systems, Erfolg im Online-Handel, Ethical Hacking, Experimente für Augmented Reality, Facebook Ads, Fachinformatik Daten- und Prozessanalyse, Finanzkommunikation – Excel, Gestaltung interaktiver Systeme, Google Ads, Green IT-Consultant, Grundlagen der KI, Grundlagen des Software Engineering, Industrial Hacking, Intelligente Prozessautomatisierung – Trends 2022, Internet der Dinge – Geschäftsmodellentwicklung, Internet Fragmentation, IT-Forensic Readiness, IT-Grundschutz-Praktiker, IT-Management und Recht, IT-Sicherheit, IT-Sicherheitsbeauftragter, IT-Sicherheitsvorfälle, KI-Management im Unternehmen, KI und Nachhaltigkeit, Kryptographie-Praxis, Lagerlogistik, Lehrgang zum Datenschutzbeauftragten gemäß DSGVO und BDSG, Medieninformatik, Mensch-Computer-Interaktion, Metaverse, Mobile Geräte (Smartphone, Tablets) in der Arbeitswelt sicher einsetzen, Modellierung mit Python und Excel im Finanzwesen, Objektorientierte Programmierung, Optimizing a Manufacturing Cell, Period statistics tomorrow, Powerpoint, Prozessanalyse, Prozessorientiertes Vorgehen bei der Auswahl und Einführung von IT-Anwendungssystemen, Python, Resiliente Lieferketten mit Daten, Robot Process Automation (RPA) Enablement, Rolle des Moderators im digitalen Raum, Schulung zu Cybergefahren (Awareness-Training), Schulung zum Digital Workshop Moderator, Scrum, Sichere digitale Identitäten, Six Sigma, Social media – rechtssicher posten, Umweltschutz bei der Digitalisierung, Verkaufen auf Facebook, Wirtschaftsingenieurwesen – Digitale Wirtschaft, Wissensmanagement, Zentrale Abläufe in der E-Commerce-Logistik

formatik spezialisiert (z. B. Programmieren, Data Science, KI, Autonome Systeme, Cybersecurity, Cloud Computing).

In diesem Beitrag werden mögliche Erscheinungsformen und Varianten skizziert und die Vor- und Nachteile bilanziert.

Ausprägungen der Lehr- und Prüfungsangebote von IT-gestütztem Fernunterricht

Die folgenden Abschnitte sollen die *Vielfalt* der gegenwärtig zu beobachtenden oder angedachten neueren Erscheinungsformen in Stichworten (morphologisch) aufzeigen.

Träger Staat – Unternehmen – Private Stiftungen.

Medien Nur online. I-FER mit Schwerpunkt auf Vorlesungen, wobei die Lernenden im Netz Fragen stellen können (oft auch als MOOC bezeichnet). I-FER ergänzt durch Präsenzveranstaltungen. Online-Fernkurse ergänzt durch schriftliche Materialien (Lehrbücher, Skripten, Lehrbriefe). I-FER ergänzt durch Beratungsgespräche. I-FER ergänzt durch dedizierte Plattformen für Fragen und Kommentare der Lernenden. I-FER, wobei die Schulen den Lernenden Hilfen bei der Beschaffung der Hardware stellen (so z. B. die Wilhelm Büchner Hochschule). I-FER, wobei Präsenzseminare als Vorbild dienen (Vorträge mit der Möglichkeit, dass die Lernenden den Referenten Fragen stellen oder Anmerkungen machen können, oft *Webinare* genannt). Spezielle „Marktplätze" für Nachhilfe. Fernkurse, wobei Unternehmen der IT-Branche Module zu ihren Produkten bzw. der von ihnen benutzten Methoden (u. a. Algorithmen) beisteuern. In diese Richtung gehen Initiativen des Salesforce-Konzerns, der auf Kundenbeziehungsmanagement spezialisiert ist, [12] und der SAP SE mit einem vielfältigen Angebot, das man über [9] erreicht, aber auch Verlage von Fachzeitschriften, z. B. die WirtschaftsWoche (WiWoeLearning), oder von Fachbüchern wie die Akademie der Haufe-Verlagsgruppe. Sogar Urlaubsveranstalter können sich Lernmodule vorstellen, sodass Lernende die Zeit nutzen, Wissenslücken zu schließen [6].

Aufnahmebedingungen Vorbildung. Erfolgreiches Arbeiten mit einem Probemodul. Auswahlgespräch online.

Prüfungen Online. Präsenzprüfungen.

Dokumentation der Ergebnisse Einzelzertifikate, z. B. Nano Degrees. Bestätigungen über einen Kurs, bestehend aus mehreren Modulen bzw. mehreren Nano Degrees. Akademische Bestätigungen über einen Studiengang (Bachelor, Master, Diplom) auf dem Niveau von Hochschulen, IHK-Schulungen u. a.

Integration der Lehrangebote Keine Anrechnung. Anrechnung von Prüfungen, die an einer Präsenzhochschule in einem Studiengang erworben wurden, auf das I-FER. Anrechnung der I-FER auf ein Studium an einer Präsenzhochschule. Einbau von einzelnen Kursen und/oder Nano Degrees in die Studien- und Prüfungsordnungen von Präsenzhochschulen (s. nächsten Abschnitt).

Formen des Einbaus von Fernunterrichtselementen in die traditionelle Hochschulausbildung

Eine Entwicklung mag darin bestehen, dass traditionelle Hochschulen teilweise Ideen und Konzepte aus dem I-FER übernehmen (*Blended Learning*). Bedingt vergleichbar wäre das Marktgeschehen bei handelbaren Gütern: Spezielle Kurse entsprechen Einzelteilen und ganze Lehrgänge Baugruppen. Die Präsenzhochschulen beziehen Einzelteile und Baugruppen, so wie etwa Automobilhersteller die Reifen oder ganze Bordnetze von Fremdlieferanten kaufen. Elemente wären:

1. *Gelegentliches* Abspielen von fremdbezogenen Filmen und Trickfilmen in Vorlesungen, Übungen und Seminaren (z. B. In-memory Computing, Fehler bei Systemkonzeption, Systementwicklung, Programmierung, Test und ihre Folgen, dazu ihre Entdeckung und Behebung). Ein Schwerpunkt wäre die *Veranschaulichung* von Automation in Produktion und Logistik, z. B. von Robotern mit ihrem Aufbau und ihren Arbeitsvorgängen, auch Fehlgriffen, Fahrten von Prototypen hochautomatisierter Fahrzeuge, auch Unfälle damit, weitgehend automatisierte Kommissioniersysteme im Versandhandel. Derartige Lehrformen könnte man als „virtuelle Betriebsbesichtigungen" interpretieren.
2. Interviews mit Fach- und Führungspersonen, z. B. zu ihren Einschätzungen von Plänen, neuen in Praxis und Wissenschaft entwickelten Methoden, etwa KI, Erfahrungen mit Prototypen, Gründe für Fehlschläge.
3. Streitgespräche zwischen Fachpersonen, z. B. zu längerfristigen Chancen der KI in bestimmten Anwendungsbereichen oder zu Kryptowährungen.
4. Kleine, in sich abgeschlossene Lehrgegenstände ohne Prüfung, z. B. Übertragung der Programmierten Unterweisung [7] von der Buchform in einen Mensch-Computer-Dialog oder umfangreiche, mit Simulationen verbundene Fundierung von großen betrieblichen Investitionsentscheidungen [8].

5. Kleine, in sich abgeschlossene Lehrgegenstände nach Art der Nano Degrees, d. h. mit Prüfungen und Zertifikaten, die in der Präsenzhochschule als „Scheine“ anerkannt werden. Eine bedeutende Hilfe dazu dürfte eine Plattform werden, die nach Art eines Schaufensters oder einer jährlichen Messe den Vergleich der Angebote von Lehrsoftware erleichtert. Diese virtuelle Messe könnte auch das Forum für öffentliche Preisverleihungen abgeben (s. den ersten Abschnitt).

Eine relativ weit fortgeschrittene Zusammenarbeit von Präsenzhochschulen und einer Organisation, die Fernunterricht anbietet, ist die Virtuelle Hochschule Bayern (VHB).

Diese bezeichnet sich als „virtuellen Campus“ für 33 Trägerhochschulen. Die VHB offeriert Studierenden, die in bayerischen Universitäten sowie Hochschulen für angewandte Wissenschaften (Fachhochschulen) immatrikuliert sind, unter der Bezeichnung „CLASSIC vhb“ entgeltfreie Lehre. Zurzeit hat sie rund 500 Kurse im Repertoire. Nicht in Bayern eingeschriebene Studierende und Dritte, z. B. Unternehmen, können gegen Bezahlung teilnehmen.

Die Präsenzhochschulen sollen nur *unterstützt* werden. Ihre Existenzberechtigung wird nicht bestritten. Vielmehr können sie virtuelle Lehrangebote in ihren Lehrplan integrieren. Als Maß für den Umfang des Lehrstoffes dienen ECTS. Komplette Studiengänge sind nicht Aufgabe der VHB; insoweit besteht Ähnlichkeit mit Nano Degrees.

Die recht breite Palette von Kursen umfasst auch Informatik und Wirtschaftsinformatik. In der Selbstbeschreibung findet man eine Formulierung, wonach „die Lernenden bei den Herausforderungen des Digitalen Wandels unterstützt“ werden sollen.

Das Lehrangebot in *Informatik* enthält u. a. Kurse zu (Aufzählung hier in alphabetischer Folge, nicht vollständig): Advanced C++-Programmierung, Grundzüge der grafischen Datenverarbeitung, Information Retrieval, Relationale Datenbanken, Tele-Experiments with Mobile Robots. Dazu kommt „Business Application Re-Engineering“ (man fragt sich, warum dieser Kurs nicht der Wirtschaftsinformatik zugeordnet ist).

Auf dem Gebiet der *Wirtschaftsinformatik* findet man u. a. Kurse zu: Betriebliche Informationssysteme, Einführung in die Entwicklung mobiler Anwendungssysteme (Apps) für das Betriebssystem Android, Grundlagen und Anwendungsbereiche des Electronic Commerce, IT-Support im Supply Management, SAP-Grundlagen: Geschäftsprozesse zu Einkauf und Vertrieb, SAP-Geschäftsprozesse – Logistik-Überblick, Produktion und Customizing, SAP-Programmierung: ABAP-Grundlagen.

Man erkennt an diesen Aufzählungen keine geschlossene Darstellung, keine Trennung von Überblick und Spezialisierung, keinen Bezugsrahmen. Die Auswahl der Gegenstände, die online gelehrt werden sollen, erfolgt nach dem Bedarf: Immer wenn mindestens zwei Hochschulen den Bedarf für den gleichen virtuellen Kurs an die VHB melden, hat dieser gute Chancen, finanziert und aufgenommen zu werden. Dies bedingt, dass das Angebot eher an Hochschulen oder Unternehmen geht, die ihr Ausbildungskonzept bzw. dessen Systematik für sich selbst entwickelt haben und ihre Pflicht- und Wahlfächer zugrunde legen. Mit anderen Worten: Es handelt sich um den Austausch von Lehrmodulen, die eine Hochschule erstellt und eine andere Einrichtung als Studienleistung im Rahmen ihres Pflichtpensums anerkennt oder als *Ergänzung* einfügt, ähnlich wie Gastvorträge oder Exkursionen, jedoch ausführlicher.

Eine zweite Kategorie trägt die Bezeichnung „OPEN-vhb-Kurse“. Diese werden „anderen an akademischen Inhalten interessierten Zielgruppen“ entgeltfrei bereitgestellt.

Die dritte Kategorie ist das „Smart-vhb-Angebot“. Es gehört zum Typ Blended Learning. Adressaten sind *Dozenten*. Ihnen werden kompakte *Einführungen* geboten, z. B. in die Künstliche Intelligenz oder in Industrie 4.0.

VHB offeriert den Kursentwicklern, den Hochschulen und weiteren Nutzern Assistenz und Hilfsmittel, z. B. ein Repositorium (das ist eine Art Angebotsverzeichnis der verfügbaren Kurse), Mindestnormen, Ratschläge und Anregungen zu Verbesserungen, Hilfen zur Qualitätssicherung und einen Newsletter mit Hinweisen auf neue Kurse.

Eine gewisse Verwandtschaft mit der VHB zeigt die Virtuelle Fachhochschule (VFH), in der vor allem Fachhochschulen im norddeutschen Raum zusammenarbeiten. Die VHB und die VFH haben eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen.

Organisation/Koordination/ Qualitätssicherung/Bepreisung

Das starke, dynamische Wachstum des IT-gestützten Fernunterrichts bringt die Vorteile eines marktwirtschaftlichen Wettbewerbs mit sich, aber auch die Gefahr von Wildwuchs, Redundanz, Vernachlässigung von Bezugsrahmen, Systematiken u. a. m. Auch könnten sich „schwarze Schafe“ aufdrängen, die zu übertrieben werblich gefärbten Angeboten und Versprechen in Bezug auf die Erlernbarkeit und von erworbenem Wissen und dessen Verwertbarkeit am Arbeitsmarkt neigen. Deshalb gilt es, Formen der Koordination und der Qualitätssicherung auf allen Ebenen des tertiären Bildungssektors zu entwickeln. Die in den vorigen Abschnitten aufgeführten Beispiele zeigen, dass Kataloge der Anbieter von I-FER (noch) recht unsystematisch und im jeweiligen Fachgebiet nicht vollständig ausfallen können.

Man kann sich staatliche oder halbstaatliche Organisationen vorstellen, die diese Funktionen wahrnehmen, u. a. Bildungsministerien, spezialisierte Behörden, Gutachter- und Beratungsgremien, Industrie- und Handelskammern, Wis-

senschaftliche Gesellschaften, Berufsverbände. Sie wären beratend oder auch verantwortlich für:

1. Aufbau der *Studienpläne* (Pflicht- und Wahlmodule),
2. Definition der *Pflichtinhalte* (nach dem Vorbild derer von Schulen),
3. Vorgabe der *Prüfungsmodalitäten* (u. a. Sicherung, dass ein Prüfling ohne unzulässige fremde Hilfe und Hilfsmittel arbeitet, Mindestkenntnisse, Grenzen zwischen Bestehen und Nicht-Bestehen, maximale Zahl der Wiederholungen),
4. *Berichtswesen* über Vorbilder und abschreckende Beispiele im nationalen und internationalen Rahmen („Benchmarking"), Schwachstellen, Organisation des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

Zur *Entgeltregelung* für die Überlassung von Lehrbausteinen kommen verschiedene Preismodelle in Betracht. Beispiele: einmaliger Fixpreis, Entgelte abhängig von der Zahl der Aufrufe, getrennte Bepreisung von Kursen für das Lehrpersonal, Tolerierung von nicht aufdringlicher Werbung für Sonderleistungen, etwa einschlägige Bücher oder Nachhilfeunterricht, Prüfungsgebühren.

Unabhängig davon müssen die *Verträge* zwischen den Produzenten und den nutzenden Institutionen und Personen so gestaltet werden, dass die Hersteller nicht unabgesprochen und unkoordiniert *Änderungen* („Updates") erzeugen, die die nutzenden Institutionen nolens volens und im schlimmsten Fall sehr kurzfristig zu Anpassungen im Lehr- und Prüfungsprozess einschließlich lokal entwickelter Software und Begleitmaterial in Papierform zwingen.

Vor allem in staatlichen Präsenzhochschulen mag die Frage gestellt werden, inwieweit die Hochschullehrenden ihre in Stunden bemessenen *Lehrverpflichtungen* (Deputate) erfüllen, wenn sie größere Teile ihrer Vorlesung durch Fernlehrmaterial ersetzen, denn dies erspart ihnen viel Vorbereitungs- und je nach Ausgestaltung auch Prüfungsaufwand.

Sollen den Produzenten von Online-Lehrmaterial, die im Hauptberuf Beamte an einer staatlichen Präsenzhochschule sind, Kurse, welche in *mehreren* Hochschulen eingesetzt werden, auf ihr Lehrdeputat angerechnet werden, und wenn ja, wie?

Es gibt zwei Reformpfade: Entweder man überlässt die Entwicklung neuer Arten der Aus- und Weiterbildung dem „freien Spiel der Kräfte" oder man strebt auf staatlicher Ebene ein Konzept an, welches in Pilotversionen erprobt, schrittweise verbessert und schließlich landesweit juristisch fundiert und eingeführt wird. Auf dem Hintergrund des föderalen Systems der Bundesrepublik Deutschland dürfte das keine leichte Aufgabe sein. Sollte die Europäische Union die Beteiligung aller EU-Staaten einfordern, so droht eine hohe Bürokratielast. Man erkennt die sehr weitreichenden Pläne der EU-Kommission daran, dass sie in Krisenfällen sogar die Reihenfolgen im Rahmen der Fertigungssteuerung einzelner Industriebetriebe beeinflussen will [10]. Ein Mittelweg könnte eine Lösung für die schon jetzt recht ähnlichen Aus- und Weiterbildungssysteme der deutschsprachigen Länder sein.

Vergleich des IT-gestützten Fernunterrichts mit konventioneller Ausbildung

Es drängt sich auf, die skizzierte Ausbildung über I-FER mit herkömmlichem Unterricht in Präsenzhochschulen zu vergleichen. Eine zu allgemeine Gegenüberstellung findet allerdings Grenzen insoweit, als verschiedene Ausprägungen „in einen Topf geworfen" werden. Die folgende Gegenüberstellung geht von einer gewissen Reife und Koordination des Lehrangebots, wie im vorigen Abschnitt behandelt, aus.

1. Eine Ansammlung von Lehrpaketen ist keine *geschlossene Ausbildung*.
2. Das Humboldt'sche Konzept einer *engen Verbindung von Forschung und Lehre* in der Universität ist im bisher üblichen I-FER in der Regel nicht verwirklicht.
3. Neue gesicherte bzw. begutachtete *Forschungsergebnisse* könnten in besonderen Lehrpaketen verbreitet werden und fänden u. U. rascher ein breites, kritikfähiges Publikum als über Fachzeitschriften mit oft langen Zeiten zwischen Einreichung des Manuskripts bis zur Veröffentlichung und zum Einbau in die Lehre. Ähnliches gilt für Vorträge vor einem ausgewählten Publikum, z. B. in Seminaren des Hauptstudiums (Master-Studiengänge, Promotionsstudium).
4. Spontane *Rückfragen* der Lernenden an die Lehrenden und umgekehrt sowie Diskussionen untereinander wie in einem Präsenzseminar mit gutem Zahlenverhältnis zwischen Lehrenden und Lernenden (d. h. kein Massenbetrieb wie in manchen Universitätsfächern zumindest in Deutschland) sind in stark automatisierten Versionen des I-FER nicht einfach möglich. Die Entwicklung von *Beziehungsnetzen* und Freundschaften zwischen den Studierenden wird schwieriger bis hin zum Unmöglichen.
5. I-FER könnte wegen des *Wettbewerbs* der Angebote im Netz rascher in guten Lösungen konvergieren als Hochschulunterricht, soweit er wegen unterschiedlicher Präferenzen und Begabungen der Lehrenden und Lernenden sowie wegen stark streuender Engagements in der Lehre auch unterschiedliche Ausbildungserfolge zeitigt. Teilweise könnten die im privatwirtschaftlichen Sektor entwickelten („herausgemendelten") didaktischen Ideen den Präsenzhochschulen Anregungen für die eigene Lehre liefern, so wie es im sekundären

Bildungssektor flexible Privatschulen in Relation zu staatlich gelenkten Schulen tun [2].

6. I-FER würden durch die Verbreitung von Interviews, Diskussionen u. ä. den Einfluss von Spitzenkräften, v. a. aus der Privatwirtschaft, die direkt oder indirekt an der Aus- und Weiterbildung mitwirken, stärken.
7. Es winken erhebliche *Einsparungen* durch die Mehrfach- bzw. Vielfachverwendung von aufwendig zu produzierenden Filmen, Veranstaltungen mithilfe von besonderen optischen Effekten, Interviews u. a. m. sowie bei Errichtung und Unterhalt der Hochschulbauten (Fixkostendegression).
8. Die Lernenden würden vermehrt *Fahrtkosten* zwischen ihrer Wohnung und der Präsenzhochschule und *Aufenthaltskosten* am Lernort sparen; diesen Einsparungen stehen höhere Kosten für die Datenübertragung zu den und von den Lernenden und Investitionen in die heimische IT-Ausrüstung gegenüber. Dazu kommen die umweltschonenden Effekte.
9. Die zentrale Koordination des kommerziellen Angebots (Beseitigen von Lücken im Stoff, Beurteilung und Zulassung (Akkreditierung) von Angeboten, Qualitätssicherung, Verhinderung von Betrug bei Prüfungen) verursacht Kosten und zusätzliches Personal.
10. Es ergeben sich flexiblere Möglichkeiten einer Verbindung der Ausbildung mit einer *Berufstätigkeit*. Dies kann in den kommenden Jahrzehnten des extremen Fachkräftemangels, vor allem in Deutschland, von besonderer Bedeutung werden, auch dann, wenn sich der Fortschritt von Technologie, Technik, naturwissenschaftlichem, informatischem und wirtschaftswissenschaftlichem Wissen nochmals beschleunigen sollte.
11. I-FER eignen sich zur *Weiterbildung*, wenn sich in etablierten Berufsfeldern neue Techniken durchsetzen, wie z. B. Elektro- statt Verbrennungsmotoren. Der 2022 ausgeschiedene Vorstandsvorsitzende der Bundesagentur für Arbeit, Scheele, schrieb: „Wir brauchen ein Jahrzehnt der Weiterbildung“ [13].
12. Mit geeigneten Verbindungen von traditionellem Unterricht bzw. traditioneller Ausbildung, etwa in bestimmten Zweigen des Handwerks, und I-FER könnte auch den aufkommenden Klagen – vor allem von mittelständischen Unternehmen vieler Art – es gäbe in Deutschland eine zu hohe Studenten- und Akademikerrate bei gleichzeitigem Mangel an Auszubildenden („Azubis“), Arbeitern, Angestellten und Beamten, teilweise Rechnung getragen werden [3].
13. I-FER eignet sich besser als eine Präsenzhochschule für die Aus- und Weiterbildung von Personen mit Mobilitätseinschränkungen.
14. Die wichtige Frage, ob I-FER der Präsenzlehre bei gegebenem Lehrgegenstand (Stoff) über- oder unterlegen ist, kann allgemeingültig nicht beantwortet werden. Bisherige Untersuchungen führten zu sehr differenzierten Ergebnissen. Beispielsweise werden gemessen:
    a) Wirkung der Parameter in den *Phasen* des Lernprozesses (Messung in der Mitte oder am Ende des Kurses) [1];
    b) Typ der Lernenden (z. B. Abiturientinnen und Abiturienten, Studierende im Grund- und Hauptstudium, Promovierende, Praktikerinnen und Praktiker);
    c) Akzeptanz;
    d) Freude am Lernen;
    e) Art der Belohnung für bestandene Prüfungen.

Vertiefende, allerdings nicht einfache Abschätzungen und Berechnungen, z. B. Kostenstellen- und Kostenträgerrechnungen, Investitionsrechnungen und Kosten-Nutzen-Vergleiche, sollten, etwa über ein Schwerpunktprogramm, in die Wege geleitet werden.

Danksagung Die folgenden Damen und Herren haben mir wertvolle Auskünfte gegeben: Frau Professorin Dr. Petra Morschheuser, Duale Hochschule Baden-Württemberg, und die Herren Philip Ebner, MSc, Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik und Personalentwicklung der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Professor Dr. Robert Grebner, Vizepräsident der Virtuellen Hochschule Bayern, Dr. Jürgen Hagedorn, SAP SE, Professor Dr. Lars Mönch, FernUniversität Hagen, sowie Professor Dr. Heribert Popp, Technische Hochschule Deggendorf.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

1. Ciolacu MI, Popp H (in Bearbeitung) Education 4.0. Smarte (IoT- und KI-gestützte) Hochschulbildung. In: de Witt C, Cloerfeld C, Wrede E (Hrsg) Künstliche Intelligenz in der Bildung. Springer
2. Cress Z (2022) Privatschulen können zum Role Model werden. In: Handelsblatt v. 24.6.2022, S 163
3. Gillmann B (2022) Das Ende des „Akademisierungswahns“. In: Handelsblatt v. 7.7.2022, S 11
4. Hromkovic J, Lacher R (2019) E-Learning – Erwartungen, Möglichkeiten und Grenzen. Wirtsch Inform Manag 11(6):356–363
5. Hüppe M (2019) E-Learning: Content allein reicht nicht. Wirtsch Inform Manag 11(6):383

6. Kotowski T (2022) Urlaubsportale. In: FAZ v. 16.5.2022, S 22
7. Mertens P, Bodendorf F (2005) Programmierte Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 12. Aufl. Bd. 1. Gabler, Wiesbaden
8. Mertens P et al (1975) Das computerunterstützte Entscheidungstraining. Z Betriebswirtsch 12:793–820
9. OpenSAP-Learning-Platform: Unter diesem Google-Stichwort erreicht man eine Vielzahl von Hinweisen auf das aktuelle Angebot.
10. O. V. (2022) Brüssel will Produktion feinsteuern. In: FAZ v. 20.9.2022, S 17 (Vgl. auch die Gesetze für „digitale Dienste" (Digital Services Act) und für „digitale Märkte" (Markets Act), in: Kafsack, H., Eine kurze „digitale Agenda", FAZ v. 19.9.2022, S. 17, sowie die Bedenken gegen planwirtschaftliche Eingriffe der EU bei: Koch, M. und Volkery, C., Kritiker sprechen von „Planwirtschaft", Handelsblatt v. 20.9.2022, S. 10)
11. Paoli N (2022) Studieren im hybriden Hörsaal. In: Handelsblatt v. 23.9.2022, S 19
12. Salesforce Trailhead. https://salesforce.com/de/services/learn/overview/. Zugegriffen: 14. Okt. 2022
13. Scheele D (2022) Die Arbeit wird uns nicht ausgehen, aber .... Wirtschaftswoche 29(29):10

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Informatik Spektrum (2022) :389–394
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01510-y

HAUPTBEITRAG

Task Mining. Definition und der Einsatz im Unternehmen

Lars Kornahrens[1] · Sebastian Kritzler[1] · Sassan Torabi-Goudarzi[1]

Angenommen: 26. September 2022 / Online publiziert: 7. November 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Zusammenfassung
Task Mining ist ein Ansatz, mit dem Tätigkeiten entlang der Prozesse aus der Sicht des Arbeitsplatzes betrachtet werden. Durch die enge Verbindung zu Prozessen und Tätigkeiten erfährt Task Mining eine zunehmende Beliebtheit im Geschäftsprozess- und Workflowmanagement. Hierfür werden Ereignisdaten erfasst, die Interaktionen zwischen dem Benutzer und der Softwarelandschaft dokumentieren. Die Auswertung dieser Daten erfolgt mithilfe der Techniken des Data Minings, allerdings liegt der Fokus auf der Prozessebene. Letztendlich lassen sich so die realen Ist-Ausführungen von Prozessen durch die Anwender auf höchster Detailebene in Prozessmodelle zu überführen. Der primäre Einsatzzweck von Task Mining ist derzeit im Bereich der Robotic Process Automationen (RPA) zu verordnen, verlagert sich aber zunehmend in die Ergänzung von Process Mining. Dieser Artikel bietet eine Einführung in das Themenfeld Task Mining, einschließlich dessen Durchführung, und grenzt den Begriff Task Mining vom Process Mining ab. Zudem wird abschließend eine Übersicht der bestehenden Softwarelösungen geboten.

Abstract
Task mining is an approach that looks at activities along processes from the workplace point of view. Due to the close connection of processes and activities, task mining is becoming increasingly popular in business process management and workflow management. For this purpose, event data is collected that documents interactions between the user and the software landscape. The evaluation of this data is done with the help of data mining techniques, but the focus is on the process level. Ultimately, the actual execution of processes by users can be transferred into process models at the highest level of detail. The primary use of task mining is currently in the area of Robotic Process Automation (RPA), but it is increasingly shifting to complement Process Mining. This article provides an introduction to the topic of task mining, including its implementation, and distinguishes the term task mining from process mining. In addition, an overview of the existing software solutions is provided.

Einleitung

Die voranschreitende Digitalisierung führt dazu, dass zunehmend der unterstützende Einsatz von Softwaresystemen entlang der Prozesse in den Organisationen erfolgt. Dies führt zu einer Verlagerung der Tätigkeiten und Entscheidungen innerhalb der Prozesse in die digitale Welt. Hinzu kommen die Auflösung und Verschiebung von Grenzen in der Organisation. Die Gründe hierfür sind zum einen die zunehmende Ablösung hierarchischer Fachstrukturen durch prozessbasierte Organisationsstrukturen als auch eine engere Einbeziehung externer Akteure in die Prozessabläufe der Organisation. Im Gesamten betrachtet führt diese Entwicklung zu tiefgreifenden strukturellen Veränderungen, wodurch auch komplexere und umfangreichere Prozesse entstehen. In Hinblick auf die Digitalisierung folgt eine stärkere Vernetzung und Technologisierung der Prozesse, einschließlich der beteiligten Akteure. Ausgehend von dieser Entwicklung ist es vor allem aus der unternehmerischen Perspektive und der Wettbewerbsfähigkeit erforderlich, die tatsächlichen Prozesse und Tätigkeiten im Unternehmen transparent und ganzheitlich abzubilden und zu verstehen. Erst dann ist auch eine optimale Steuerung, Optimierung oder Automatisierung der Prozesse möglich. Diese und weitere Aufgaben fallen in den Bereich des Geschäftsprozess- und Workflowmanagements. Hierfür stellt Process Mining ein bereits bekanntes und weit etabliertes Hilfsmittel dar

✉ Lars Kornahrens
lars.kornahrens@aws-institut.de

[1] August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH, Uni-Campus D 5 1, 66123 Saarbrücken, Deutschland

[1–3]. Im Gegensatz zum Process Mining stellt Task Mining einen neueren Ansatz dar, der eine detailliertere Betrachtungsweise auf die Prozesse verfolgt. Der Fokus liegt hierbei auf den einzelnen ausgeführten Arbeitsschritten entlang der Prozesse und ist demnach aufgrund der feineren Granularität eher auf der Workflowebene angesiedelt [4]. Mit dem Begriff Mining verfolgen Process Mining und Task Mining einen ähnlichen Ansatz: die Auswertung von ereignisbasierten Daten auf der Prozessebene [5]. Jedoch sind eine detaillierte Definition, Abgrenzung und Positionierung von Task Mining erforderlich, da bestimmte Unterschiede bestehen. Dies wird in Abschn.. 3 näher erläutert. Der anschließende Abschn. 2 verdeutlicht zunächst die Relevanz von Task Mining. Der Abschn. 4 beschreibt das Task Mining vorrangig aus der praktischen Perspektive und bietet einen Überblick über den Ablauf der einzelnen Schritte. Eine Gegenüberstellung verschiedener bereits existierender Task-Mining-Lösungen ist im Abschn. 5 aufgeführt. Abschließend umfasst Abschn.. 6 die Zusammenfassung und einen Ausblick.

Der Inhalt und das Ziel des Artikels bestehen somit zum einen aus der Definition, Positionierung und klaren Abgrenzung von Task Mining gegenüber dem Process Mining. Zum anderen erfolgt eine allgemeine Beschreibung des Ablaufs von Task Mining in der Praxis sowie eine Gegenüberstellung entsprechender Task-Mining-Anbieter, die bereits auf dem Markt bestehen.

Die Bedeutung von Task Mining für Unternehmen

Damit Unternehmen die eigenen Prozesse optimieren oder automatisieren können, ist es notwendig, dass die Prozesse vollkommen und transparent im aktuellen Ist-Zustand erfasst sind. Eine Möglichkeit, um dies zu erreichen, ist die manuelle Erfassung von Prozessen, was jedoch hohe Arbeitsaufwände und damit hohe Kosten verursacht. Dabei kann es ebenfalls zu menschlichen Fehlern kommen, was das Ziel der Erfassung von vollkommenen und transparenten Prozessen behindert. Diese Fehler können in der späteren Dokumentation von Prozessen (z. B. in der Form eines Prozessmodels) negative Auswirkungen haben [6]. Aus diesem Grund trennen sich mehr Unternehmen von der manuellen Erfassung von Prozessen und greifen zu der verlässlicheren und kostengünstigeren Alternative, dem Task Mining.

Neben der Erfassung von Prozessen gibt es weitere Gründe für die Einführung einer Task-Mining-Software. Die erfassten Prozesse können zum einen für Automatisierungen genutzt werden, aber auch für das On- und Offboarding von Mitarbeitern. Dies sorgt dafür, dass Wissen über Prozesse nicht mit den Mitarbeitern das Unternehmen verlässt, es bleibt weiterhin dem Unternehmen erhalten. Demnach kann es auch sinnvoll für Schulungszwecke verwendet werden [7]. Im Weiteren lassen sich die Prozesse untersuchen, um Engpässe zu erkennen und Optimierungen vorzunehmen [8].

Die Erfassung von Prozessen aus der Sicht des Arbeitsplatzes lässt demnach mehrere Vorteile mit sich kommen. Die Prozesse können kontinuierlich und automatisch entdeckt werden und detailliert in einem Prozessmodel abgebildet werden. Für die Analyse und das Monitoring von Prozessen kann dies ebenfalls genutzt werden, da das Task Mining Informationen zu den notwendigen Kennzahlen liefert. Sich oftmals wiederholende und standardisierte Prozesse können von der Software erkannt werden und geben dem Unternehmen Hinweise auf das Potenzial, diese mittels Robotic Process Automation (RPA) zu automatisieren. Damit müssen diese Aufgaben nicht mehr von Mitarbeitern ausgeführt werden und werden zukünftig von Software-Bots übernommen [6]. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, die Mitarbeiter bei der Ausführung ihrer Tätigkeiten durch eine Entscheidungsfindung zu unterstützen. Hierfür lassen sich identische und bereits erfolgreich absolvierte Arbeitsabläufe im Prozess heranziehen [8].

Was ist Task Mining? Definition, Positionierung und Abgrenzung

Zu dem gegenwärtigen Zeitpunkt des Artikels hat sich Task Mining in Hinblick auf Industrie und Forschung erst in den letzten Jahren etabliert und weist im Vergleich zu dem bekannteren Process Mining einen eher niedrigen Bekanntheitsgrad auf. Allerdings existieren auch ähnliche, jedoch ältere Konzepte, die unter anderen Begriffen bekannt sind. Ein Beispiel hierfür ist das Workflow Mining, das in der Industrie keine Verwendung fand und zudem die entsprechende Literatur um mindestens zwei Jahrzehnte veraltet ist [9, 10]. Andere Begriffe, die ein sehr ähnliches Konzept verfolgen, sind in den letzten Jahren obsolet geworden.

Im Vergleich zu Process Mining verfolgt Task Mining eine detailliertere Betrachtung der Prozesse, indem die durchgeführten Tätigkeiten entlang der Prozesse und aus der Sicht des Arbeitsplatzes in den Fokus gerückt werden. Dies sorgt perspektivisch für eine feinere Granularität bzw. einen höheren Detaillierungsgrad. Process Mining bezieht sich eher auf die Ausführung der Prozesse und den darin enthaltenen Tätigkeiten. Dies lässt sich auch anhand der vorhandenen Schnittstellen zu dem Geschäftsprozess- und Workflowmanagement begründen. Process Mining ist demnach eher auf der technisch-konzeptionellen Ebene angesiedelt, da der Fokus darauf liegt, was zu tun ist oder was getan wurde. Task Mining hingegen ist eher auf der darunterliegenden operativen Ebene zuzuordnen, indem beschrieben

Tab. 1 Erläuterung der Fachbegriffe im Kontext Task Mining

Begriff	Beschreibung
Prozess	Ein Geschäftsprozess wird als ein regulärer und mehrfach auftretender Vorgang mit einem fest definierten Anfang und Ende beschrieben. Ein Prozess besteht aus mehreren Arbeitsschritten bzw. Activities, die von verschiedenen Abteilungen und Personen durchgeführt werden können. Der Prozess verfolgt die Erreichung eines definierten Ziels. Dabei kommen unterstützend Softwaresysteme zum Einsatz, die prozessbezogene Informationen verarbeiten bzw. erzeugen [4]
Process Instance	Eine Process Instance beschreibt eine einmalige spezifische Ausführung eines Prozesses und beinhaltet eine Abfolge der durchgeführten Arbeitsschritte [3]
Activity Instance (Task)	Eine Activity Instance beschreibt die durchgeführten Arbeitsschritte, die Bestandteil einer Process Instance sind. Mehrere Process Instances können einem Prozess zugeordnet werden [3]
Event	Events entstehen durch die Interaktion zwischen dem Benutzer und dem Softwaresystem, das während der Activity Instances zum Einsatz kommt [2]. Diese Interaktionen lassen sich durch Screenshots aufzeichnen und mit dem zugehörigen Event verbinden
Trace	Zur Analyse werden die aufgezeichneten Ereignisse zu einem Trace zusammengefasst. Die Ereignisse werden den entsprechenden Process Instances zugeordnet, d. h. gruppiert und anhand des Zeitstempels chronologisch aufsteigend sortiert [2]
Event Log	Das Event Log enthält eine strukturierte Liste aller Traces, die wiederum die protokollierten Events enthalten. Somit lässt sich die Abfolge der Events einer Activity Instance für eine Auswertung im Detail betrachten werden [2]

wird, wie etwas getan werden soll oder wie etwas getan wurde [1, 4, 9].

Neben dem Geschäftsprozess- und Workflowmanagement weist Task Mining ebenfalls Schnittstellen zum Data Mining auf. Es handelt sich hierbei, analog zum Process Mining, um eine Auswertung ereignisbasierter Daten auf der Prozessebene. Dabei kommen Techniken des Data Minings zum Einsatz, bei denen die Orientierung nach dem Prozessablauf im Vordergrund steht und somit keine völlig datengetriebene Auswertung im klassischen Sinne des Data Minings erfolgt. Ein weiterer Aspekt ist, dass Data Mining

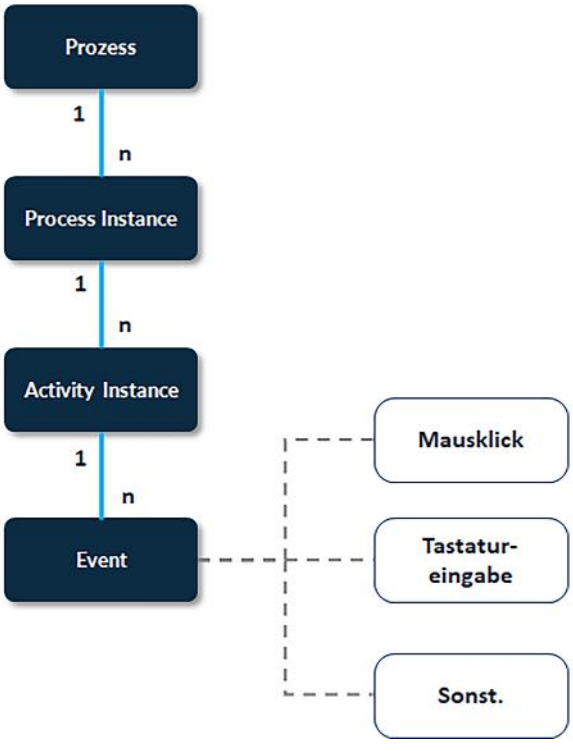


Abb. 1 Abhängigkeiten der Fachbegriffe. (Basierend auf [3])

eng mit der Wissensgenerierung aus Daten bzw. Informationen in Zusammenhang steht, dem Knowledge Discovery in Databases (KDD). Demnach verfolgt durch den Einsatz der Methoden und Techniken des Data Minings das Task Mining ebenfalls das Ziel, Wissen über die durchgeführten Tätigkeiten entlang der Prozesse im Unternehmen zu generieren [5, 11].

Die Tab. 1 sowie Abb. 1 dienen der Vermittlung grundlegender Begrifflichkeiten, die im Kontext des Task Minings Anwendung finden. Der Prozess stellt formal die höchste Ebene dar und enthält mehrere Arbeitsschritte. Durch die Ausführung von Prozessen werden sogenannte Process Instances erzeugt. Innerhalb dieser Process Instances erfolgt wiederum eine Ausführung der im Prozess enthaltenen Arbeitsschritte, die als Activity Instances bzw. Tasks bezeichnet werden. Entlang der Prozesse im Unternehmen kommen unterstützend Softwaresysteme zum Einsatz, die prozessbezogene Daten und Informationen erzeugen bzw. verarbeiten. Dies hat zur Folge, dass während der Process Instances und den darin enthaltenen Activity Instances ereignisbasierte Daten bzw. Events erzeugt werden. Die in den Events enthaltenen Daten dokumentieren die Interaktion zwischen dem Benutzer und dem zum Einsatz kommenden Softwaresystem. Im Kontext des Task Minings besteht jedes Event aus einem Mausklick oder einer Tastatureingabe und wird anhand von Screenshots aufgezeichnet. Mit dem Task Mining erfolgt eine Auswertung dieser Events bzw. Eventdaten auf der Prozessebene. Allerdings sind hierfür die Gruppierung und Sortierung der Events in Traces erforderlich. Dazu werden die Events zunächst den entsprechenden Process Instances zugeordnet und nachfolgend mithilfe des Zeitstempels in den Eventdaten chronologisch aufsteigend sortiert. Dadurch, dass ein Prozess öfters ausgeführt werden kann, entstehen somit mehrere Process Instances bzw. Traces. Alle Traces zu einem Prozess werden gemeinsam in einem Event Log zusammengeführt. Basierend auf die-

sem Event Log lässt sich anhand des Task Minings ein detailliertes Prozessmodell generieren. Das Prozessmodell bildet somit die Interaktionen zwischen dem Benutzer und dem Softwaresystem zu den Process Instances und den darin enthaltenen Activity Instances ab. Dadurch sind tiefere Einblicke in die Ausführung der einzelnen Arbeitsschritte bei der Prozessausführung aus der Sicht des Arbeitsplatzes möglich.

In Hinblick auf das Aufzeichnen von Events durch Screenshots und der anschließenden Auswertung sind die verschiedenen Datenarten zu berücksichtigen. Die drei Datenarten lassen sich in unstrukturierte Daten (Screenshots, Text), semistrukturierte Daten (Internetdaten) und strukturierte Daten (Datenbanktabellen) unterscheiden. Im Gegensatz zum Process Mining, das häufig auf strukturierten Daten aus Datenbanktabellen arbeitet, liegt der Fokus beim Task Mining überwiegend auf der Verwendung unstrukturierter Daten. Der Grund hierfür liegt in der zuvor erwähnten Aufzeichnung von Events durch Screenshots [5]. Für eine Auswertung auf der Prozessebene mithilfe entsprechender Algorithmen ist, im Gegensatz zum Process Mining, explizit für das Task Mining eine Transformation bzw. Überführung der unstrukturierten Daten in strukturierte Daten erforderlich. Das Ziel ist somit die Überführung der Daten aus den Screenshots in das Event Log. Allerdings ist hierbei die Struktur des Event Logs zu berücksichtigen, die aus der bereits erwähnten Gruppierung in Traces besteht, in denen wiederum die Events bzw. Eventdaten enthalten sind. Dieser Vorgang erfolgt im Rahmen der Vorverarbeitung. Zu der Vorverarbeitung zählen außerdem weitere Maßnahmen, die auch beim Process Mining Anwendung finden und allgemein im nachfolgenden Abschn. 4 erwähnt werden. Im Gesamten betrachtet, verfolgen Task Mining und Process Mining mit dem Erfassen, Vorverarbeiten und prozessualen Auswerten von Eventdaten sehr ähnliche Ansätze. Jedoch ist der Detaillierungsgrad beim Task Mining sehr viel höher, was letztendlich im generierten Prozessmodell zu erkennen ist. Für beide Techniken gilt außerdem, dass sie einer konkreten Fragestellung unterliegen. Diese muss zuvor definiert werden, indem z. B. der Fokus auf einen bestimmten Prozess oder bestimmte Teilbereiche eines Prozesses liegt [2, 3].

Eine eindeutige und allgemeingültige Definition des Task Minings ist zum derzeitigen Zeitpunkt des Artikels noch nicht bekannt. In der Wissenschaft wird Task Mining unter den jeweiligen Aspekten und Anwendungszwecken verschieden definiert. Daher ist eine Abgrenzung bzw. das Aufzeigen von Gemeinsamkeiten zu dem eng verwandten Process Mining hilfreich. Van der Aalst bezieht sich bei der Definition von Task Mining auf die Erfassung von Interaktionen und die Nutzbarkeit der Daten für RPA. Demnach lässt sich Task Mining verwenden, um repetitive Tätigkeiten innerhalb der Prozesse aufzudecken und die Möglichkeit für eine Automatisierung zu schaffen [12]. Průcha und Skrbek beschreiben Task Mining als ein Teil des Process Minings, was eine Implementierung von RPA als Ziel verfolgt [13]. In beiden Definitionen ist eine Überschneidung in Hinblick auf den Einsatz von RPA erkennbar. Aus einem Literaturreview von Mayr geht hervor, dass Task Mining eine technologische Innovation ist, die aktuelle Entwicklungen aus den Bereichen Process Mining und Data Mining vereint. Dabei werden die Interaktionen von Mitarbeitern im direkten Arbeitsumfeld aufgezeichnet, verarbeitet und mit den Prozessdaten im Unternehmen verknüpft [14]. Wir definieren Task Mining als eine Technologie, die es Unternehmen ermöglicht, detailliertes Wissen über die eigenen Prozesse zu generieren. Der Fokus liegt hierbei auf den tieferen Einblick in die Prozesse, insbesondere wie die darin enthaltenen Tätigkeiten mit dem Einsatz von Softwaresystemen tatsächlich ausgeführt werden. Darauf basierend lassen sich Schwachstellen erkennen, Abläufe optimieren und darüber hinaus die Integration von RPA vorantreiben.

Der nachfolgende Abschnitt bietet einen Überblick über den praktischen Ablauf von Task Mining im Unternehmen, so wie es mit dem Einsatz einer entsprechenden Software realisierbar wäre. Dabei wird unter anderem auf die Vorverarbeitung eingegangen, die in diesem Abschnitt erwähnt wurde. Im weiteren Verlauf werden die Fachbegriffe aus der Tab. 1 verwendet.

Task Mining in der Praxis – Einsatz im Unternehmen

Die praktische Durchführung von Task Mining lässt sich aus mehreren Perspektiven betrachten. Damit ein allgemeines Verständnis über die Ausführung von Task Mining unter der Anwendung einer entsprechenden Software geschaffen wird, erfolgt dies durch operative Betrachtungsweise. Dazu wird im Folgenden erklärt, wie die Task-Mining-Software im Unternehmen eingesetzt wird. Auf die technische Sicht des Task Minings wird in einem geringeren Umfang eingegangen.

Task Mining setzt den Arbeitsaufwand der Mitarbeiter und den Einsatz entsprechender Softwaresysteme voraus. Das Zusammenspiel von Mitarbeiter und Softwaresystem für die Durchführung der Prozesse bildet somit die Ausgangssituation für das Task Mining. Analoge Tätigkeiten, die einen Medienbruch darstellen, wie z. B. das Scannen, Unterschreiben und Faxen eines Dokuments, können demnach nicht erfasst werden. Mitarbeiter, welche Prozesse erfassen, müssen eine Recording-Software nutzen. Diese Software speichert dann die einzelnen Interaktionen, während der Mitarbeiter einen Prozess durchführt. Nach jeder

Durchführung muss dieser Prozess beendet und gegebenenfalls für einen neuen Prozess wiederholt werden. Dies sollt dabei helfen, die Prozesse und die Process Instances voneinander zu trennen.

Der Einsatz des Recorders sollte im Vorhinein geschult werden, da ein falscher Umgang zu verfälschten Ergebnissen führen kann. Ein Beispiel hierfür wäre, wenn ein Mitarbeiter die privaten Interaktionen während der Pause mit aufzeichnet und dies dann im Nachhinein hochlädt. Mehrere Mitarbeiter können jedoch gleichzeitig einen gleichen Prozess aufzeichnen, da dies als getrennte Process Instances erfasst wird. Sollten Mitarbeiter jedoch Fehler im Aufnahmeprozess machen, dann können diese meist im Nachhinein bereinigt werden.

Aus der technischen Perspektive betrachtet wird bei der Aufnahme mit dem Recorder zu jedem Event, wie z. B. einem Mausklick oder einer Tastatureingabe, ein Screenshot erzeugt und zusammen mit einem Zeitstempel gespeichert. Nach der Aufnahme erfolgt das Hochladen der Screenshots bzw. Events in ein externes System. Hier wird die Verarbeitung durchgeführt. Dazu werden relevante Eventdaten für das Bilden von Traces für Event Log aus den Screenshots extrahiert, wie z. B. die ID der Process Instance oder der Name der Activity Instance. Auch der Zeitstempel für die chronologisch aufsteigende Sortierung der Events im Trace gehört hierzu, sowie das Schwärzen sensibler Informationen in den Screenshots. Sofern die ID der Process Instance oder der Name der Activity Instance nicht automatisch durch die Software erkannt werden kann, ist eine manuelle Zuordnung erforderlich. Ein weiterer Teil der Task-Mining-Software ist ein Dashboard, das entweder als lokale oder als Web-Applikation implementiert ist. Mit dem Dashboard können Informationen über die Aufzeichnungen abgerufen werden. Hierzu gehört z. B. die Anzahl der unterschiedlichen Prozesse, die Ausführungshäufigkeit und die Ausführungsdauer. Über das Dashboard lassen sich auch Events manuell den Activity Instances und der Process Instance zuordnen, z. B. aufgrund einer fehlenden ID oder fehlender Namen. Darauf können Machine-Learning-Algorithmen zurückgreifen, um zukünftig die Events besser zuordnen zu können. Umgekehrt lassen sich auch nicht relevante Screenshots manuell entfernen. Wenn die Aufzeichnungen mit dem Recorder korrekt durchgeführt wurden und der Event Log fehlerfrei ausgewertet wurde, lassen sich je nach verwendeter Task-Mining-Software weitere Schritte planen. Das mit dem Task Mining generierte Wissen lässt sich anhand von Prozessmodellen oder Empfehlungen veranschaulichen. Darauf basierend können Prozessmanager oder Prozessverantwortliche entsprechende Maßnahmen treffen. Je nach Task-Mining-Anbieter wird ein unterschiedlich großes Spektrum an Funktionalitäten geboten. Dies umfasst z. B. das Schaffen von Prozesstransparenz, dem Monitoring mithilfe von Kennzahlen oder das Erkennen von Best-Practices. Weiterhin ist auch die Optimierung durch das Erkennen von Automatisierungspotenzialen möglich, indem repetitive Events wie z. B. bestimmte Eingaben erkannt und Empfehlungen für den Einsatz von Bots bzw. RPA empfohlen werden. Im nachfolgenden Abschnitt werden einige der Task-Mining-Anbieter vorgestellt und auf die Besonderheiten der jeweiligen Software kurz eigegangen.

Überblick über die existierenden Task-Mining-Lösungen

Die Tab. 2 bietet einen groben Überblick über die Task-Mining-Softwarelösungen verschiedener Anbieter am Markt, die im Rahmen einer Recherche ermittelt wurden. Zu den jeweiligen Anbietern ist die Unternehmensgröße, gemessen an der Anzahl der Mitarbeiter, dem Gründungsjahr und dem Funktionsumfang der Task-Mining-Software aufgeführt.

Die Funktionen lassen sich in zwei Oberkategorien unterteilen, dem Process Analytics und der Process Automation. Process Analytics unterteilen sich wiederum

Tab. 2 Übersicht Task-Mining-Anbieter

Anbieter	Mitarbeiter	Gründung	Monitoring/KPI	Benchmarking	Process Optimization	RPA	Low Code/No Code
Celonis	2500	2011	X	X	X	–	–
UiPath	2800	2005	X	X	–	X	X
SoftwareAG	4600	1969	X	–	–	X	–
Minit	50+	2013	X	X	X	X	–
StereoLOGIC	15+	2008	–	–	X	X	–
Automation Anywhere	2200	2003	–	–	–	X	X
Cyclone	800	2015	–	–	–	X	X
Blueprism	1000+	2001	X	X	X	–	X
NICE	7500	1986	X	X	X	X	–
Edgeverve	2000+	2014	X	X	–	X	–
Workfusion	300	2010	X	X	–	X	X
Laiye	500	2015	X	X	–	X	X
UltimateSuite	10+	2017	X	X	X	X	–

in Monitoring/KPI, Benchmarking und Process Optimization. Monitoring/KPI beschreibt das Überwachen der Prozesse anhand von Kennzahlen. Mit dem Benchmarking erfolgt ein Vergleich zwischen Prozessen, wodurch Best Practices ermittelt werden können. Process Optimization ermittelt das Optimierungspotenzial, darauf basierend lassen sich Verbesserungen in den Prozessen realisieren. Die Oberkategorie Process Automation unterteilt sich in die Unterkategorien RPA und Low Code/No Code. RPA beschreibt den Einsatz von Robotic Process Automation. Durch Low Code/No Code können Anwender eigene Bots für die Automatisierung der Softwareanwendungen erstellen, ohne das explizites Wissen in der Programmierung solcher Bots notwendig ist.

Die Größe der ausgewählten Unternehmen lässt sich durch die Anzahl der Mitarbeiter veranschaulichen. Diese reicht von 15–50 (StereoLOGIC und Minit) bis hin zu 4600–7500 (SoftwareAG und NICE). In Hinblick auf die Gründungsjahre sind dabei sowohl ältere Unternehmen aus den Gründungsjahren 1969 bis 1987 (SoftwareAG und NICE) als auch neuere Unternehmen aus den Gründungsjahren 2015 bis 2017 (Cyclone, Laiye und UltimateSuite) enthalten. Wie in der Tab. 2 zu erkennen ist, bieten die Anbieter mit ihrer Softwarelösung ein verschiedenes Spektrum an Funktionen an. Auffällig, dass viele Unternehmen im Bereich der Task-Mining-Softwarelösungen in den letzten 15 Jahren gegründet wurden. Allerdings ist hierbei auch zu berücksichtigen, dass größere Konzerne kleinere Unternehmen bzw. Start-ups übernommen haben, wie z. B. die Übernahme von Minit durch Microsoft.

Fazit und Ausblick

Task Mining entwickelt sich zunehmend zu dem nächsten „Big Thing“ im Bereich der Prozesserfassung und -analyse. Derzeit ist eine Marktkonsolidierung im Bereich Process Mining und Task Mining zu beobachten. Während Process Mining die Sicht der Daten auf einen Prozess einnimmt, ermöglicht Task Mining die Komplettierung um die Sicht des Arbeitsplatzes auf die Prozesse und somit eine ganzheitliche Erfassung und Betrachtung von Prozessen. Während Process Mining ein grundlegendes Wissen um den zu analysierenden Prozess und der im Einsatz befindlichen Software voraussetzt, ist es mittels Task Mining möglich, auch verborgene Prozesse und diesen zugrunde liegenden Softwareanwendungslandschaften aufzudecken, zu erfassen sowie zu analysieren. Neben dem Geschäftsprozess- und Workflowmanagement, Process Intelligence sowie Process Automation ergeben sich somit perspektivisch auch Einsatzmöglichkeiten im Wissensmanagement und Enterprise Architecture.

Literatur

1. Peters R, Nauroth M (2019) Process-Mining – Geschäftsprozesse smart, schnell und einfach. Springer, Berlin
2. Fahland D, Koschmider A (2020) Process-Mining – und Prozessmanagement. De Gruyter
3. van der Aalst W (2016) Process-Mining – Data Science in Action. Springer, Berlin
4. Gadatsch A (2020) Grundkurs Geschäftsprozess-Management – Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen. Springer, Berlin
5. Cleve J, Lämmel U (2020) Data Mining. De Gruyter
6. Promitzer A, Torabi-Goudarzi S, Werth D (2022) Objectively assessing the suitability of digital processes for robotic process automation, S 6
7. North K (2011) Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen. Gabler
8. Frey-Luxemburger M (Hrsg) (2014) Wissensmanagement – Grundlagen und praktische Anwendung. Springer, Berlin
9. van der Aalst WMP, van Dongen BF, Herbst J, Maruster L, Schimm G, Weijters AJMM (2003) Workflow mining: a survey of issues and approaches. Data Knowl Eng. https://doi.org/10.1016/S0169-023X(03)00066-1
10. Abdelkafi M, Bousabeh D, Bouzguenda L, Gargouri F (2012) A comparative study of workflow mining systems, S 939–945 https://doi.org/10.1109/SETIT.2012.6482040
11. Fayyad U, Piatetsky-Shapiro G, Smyth P (1996) Knowledge discovery and data mining: towards a unifying framework, in Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96), S 82–88
12. van der Aalst W, Carmona J (Hrsg) (2022) Process mining handbook. Springer, Berlin
13. Průcha P, Skrbek J (2022) Use of FURIA for improving task mining. AIP. https://doi.org/10.18267/j.aip.183
14. Mayr A, Herm L-V, Wanner J, Janiesch C (2022) Applications and challenges of task mining: a literature review

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Springer Nature oder sein Lizenzgeber (z.B. eine Gesellschaft oder ein*e andere*r Vertragspartner*in) hält die ausschließlichen Nutzungsrechte an diesem Artikel kraft eines Verlagsvertrags mit dem/den Autor*in(nen) oder anderen Rechteinhaber*in(nen); die Selbstarchivierung der akzeptierten Manuskriptversion dieses Artikels durch Autor*in(nen) unterliegt ausschließlich den Bedingungen dieses Verlagsvertrags und dem geltenden Recht.

Informatik Spektrum (2022) :395–401
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01508-6

HAUPTBEITRAG

Vorschlag eines morphologischen Kastens zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten

René Theuerkauf[1] · Stephan Daurer[2] · Sayed Hoseini[3,8] · Jens Kaufmann[3] · Stephan Kühnel[1] · Florian Schwade[4] · Emal M. Alekozai[5] · Uwe Neuhaus[6] · Heiko Rohde[7] · Michael Schulz[6]

Angenommen: 29. September 2022 / Online publiziert: 25. November 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung

Data-Science-Projekte sind typischerweise interdisziplinär, adressieren vielfältige Problemstellungen aus unterschiedlichen Domänen und sind häufig durch heterogene Projektmerkmale geprägt. Bestrebungen in Richtung einer einheitlichen Charakterisierung von Data-Science-Projekten sind insbesondere dann relevant, wenn über deren Durchführung entschieden werden soll – beispielsweise anhand von Kriterien wie Ressourcenbedarf, Datenverfügbarkeit oder potenziellen Risiken. Nach bestem Wissen der Autoren fehlt es jedoch in Wissenschaft und Praxis bisher an einschlägigen Ansätzen.

Mit diesem Artikel wird ein erster Schritt auf dem Weg hin zu einem Ansatz für eine einheitliche Charakterisierung von Data-Science-Projekten gegangen, indem ein morphologischer Kasten vorgeschlagen wird, der im Rahmen einer dreischrittigen Analyse auf Basis eines Fragenkataloges abgeleitet wurde. Er umfasst sieben Dimensionen mit 32 Dimensionsausprägungen und wird anhand einer Fallstudie aus dem Gebiet der Predictive Maintenance illustriert. Der morphologische Kasten bietet theoretische und praktische Anwendungspotenziale für den strukturierten Vergleich von Data-Science-Projekten und die Definition von Projektportfolios, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Er ist somit als Vorschlag und Anstoß zum Einstieg in einen weiterführenden Diskurs anzusehen.

Einleitung

Für Data-Science-Projekte lassen sich diverse Vorgehensmodelle finden [10]. Dass diese so zahlreich sind, lässt sich dadurch begründen, dass Data Science ein modernes und aktiv beforschtes Themengebiet ist, in dem die praktische Anwendung im Vordergrund steht. Data-Science-Projekte weisen dabei einige Besonderheiten auf [16], sodass nicht einfach beliebige Projekt-Vorgehensmodelle angewendet, übertragen oder adaptiert werden können. Eine dieser Besonderheiten ist der gezielte Blick auf den Aspekt der Wissenschaftlichkeit. Unter dem Titel „Where is the Science in Data Science Projects?“ zielte ein Workshop auf der INFORMATIK 2021 darauf ab, die Frage nach der Wissenschaftlichkeit in Data-Science-Projekten aus Sicht von Theorie und Praxis stärker zu beleuchten [7].

Im Rahmen dieses Workshops entwickelten die Teilnehmer:innen zunächst prototypische Data-Science-Projekte, die nachfolgend hinsichtlich unterschiedlicher Aspekte der in die Projektarbeit einfließenden Wissenschaftlichkeit bewertet wurden. Grundlage der Bewertung waren Elemente aus dem Data Science Process Model (DASC-PM) [17], im Speziellen ein Fragenkatalog für die Beschreibung von Schlüsselbereichen und Phasen von Data-Science-Projekten. Die unmittelbare Erkenntnis im Workshop war, dass sich wissenschaftliche Arbeit in mannigfaltiger Form in Abhängigkeit der jeweiligen Projektcharakteristika manifestiert. Die Festlegung dieser Charakteristika ist dabei weder eindeutig noch einfach. Berücksichtigt werden können im Allgemeinen so verschiedene Aspekte wie Daten, Analysen, Team- oder Organisationsstrukturen [14]. Auch im Workshop wurden im Rahmen der Diskussion über die Ergebnisse von den Teilnehmer:innen unterschiedliche Attri-

✉ René Theuerkauf
rene.theuerkauf@wiwi.uni-halle.de

1 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Deutschland

2 DHBW Ravensburg, Ravensburg, Deutschland

3 Hochschule Niederrhein, Mönchengladbach, Deutschland

4 Universität Koblenz, Koblenz, Deutschland

5 Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Deutschland

6 NORDAKADEMIE Hochschule der Wirtschaft, Elmshorn, Deutschland

7 valantic, Hamburg, Deutschland

8 Hochschule Niederrhein, Krefeld, Deutschland

bute von Data-Science-Projekten genannt. Eine offensichtliche Erklärung verschiedenartiger Ausprägungen der Wissenschaftlichkeit im Projektkontext ergab sich auf Basis dieser Diskussionen allerdings nicht.

Die Anzahl der verfügbaren Vorgehensmodelle und die unterschiedlichen Aufbereitungen in der Literatur zu Data-Science-Projekten lassen vermuten, dass eine Beschreibung der Projekte anhand bestimmter Attribute nicht zu einer zwingend einheitlichen Darstellung führt. Die Erkenntnisse aus dem Workshop bestätigen dies und zeigen, dass bei den Teilnehmer:innen auch das eigentlich einer Darstellung vorgelagerte einheitliche Verständnis der unterschiedlichen Attribute im Allgemeinen und der Wissenschaftlichkeit im Besonderen fehlt. Es zeigt sich im Anschluss weiterhin, dass die in Wissenschaft und Praxis häufig erfolgreich gewählte Reduktion eines Optionenraums zur Beschreibung von Phänomenen oder Konzepten auf zwei Dimensionen – wie z. B. die Risiko-Matrix (vgl. Brauweiler [4]), der Ordnungsrahmen der Business Intelligence (vgl. Gluchowski [6]) oder die Matrix für „Types of Openness“ bei der Betrachtung von Informationsressourcen (vgl. Schlagwein et al. [15]) – für den vorliegenden Fall nicht plausibel anwendbar scheint, weil sie diesen nicht nur zu stark vereinfacht, sondern dem Aspekt keine Rechnung trägt, dass bestimmte Attribute für einzelne Projekte schlicht nicht charakteristisch, sondern exogen gegebene Einschränkungen sind. Dazu zählen bspw. die Anzahl der Projektmitglieder, die Orientierung an kommerziellen Zwecken, die Wiederverwendbarkeit oder ein Dokumentationszwang.

Der vorliegende Artikel entwickelt daher umfassendere Vorschläge zur geeigneten Charakterisierung von Data-Science-Projekten. Dazu werden in Abschn. 2 zunächst der theoretische Hintergrund zur Data Science und verwandte Arbeiten beleuchtet. Darauf aufbauend adressiert Abschn. 3 den zentralen Beitrag dieses Artikels, d. h. die Sammlung von Dimensionen und Dimensionsausprägungen zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten und deren Präsentation in Form eines morphologischen Kastens. Dieser Kasten stellt einen ersten Schritt hin zur Darstellung der Diversität von Data-Science-Projekten dar, ohne dabei Ansprüche auf Vollständigkeit, Prägnanz oder Eindeutigkeit zu erheben. Vielmehr ist er als ein erstes Ergebnis und damit Ausgangsbasis für einen wissenschaftlichen Diskurs anzusehen – mit dem Potenzial, fortlaufend adaptiert und/oder erweitert zu werden. In Abschn. 4 wird dieses Ergebnis exemplarisch auf einen Anwendungsfall angewendet und damit gezeigt, inwieweit sich die Projektcharakteristika mithilfe des morphologischen Kastens abbilden und voneinander abgrenzen lassen. Der Beitrag schließt in Abschn. 5 mit einer Zusammenfassung, der kurzen Diskussion von Limitationen und einer Darstellung von Potenzialen für weitere Forschung aus dem Blickwinkel der (Wirtschafts-)Informatik.

Der in diesem Beitrag vorgestellte Vorschlag für einen morphologischen Kasten soll allerdings nicht nur als Basis für weitere Forschung dienen. Vielmehr liefert er auch Anwendungspotenziale für die Praxis. Er erlaubt, Projekte im eigenen und fremden Umfeld strukturiert, d. h. im Rahmen von dezidierten Dimensionen und Charakteristika, zu beschreiben und ermöglicht somit die Definition (und unter Umständen auch die Steuerung) von Data-Science-Projektportfolios.

Theoretische Grundlagen und verwandte Arbeiten

Data Science

Die Besonderheiten der Data Science sollen nachfolgend näher beleuchtet werden, gestützt auf die Definition von Schulz et al. [17]:

> „Data Science ist ein interdisziplinäres Fachgebiet, in welchem mit Hilfe eines wissenschaftlichen Vorgehens, semiautomatisch und unter Anwendung bestehender oder zu entwickelnder Analyseverfahren Erkenntnisse aus teils komplexen Daten extrahiert und unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Auswirkungen nutzbar gemacht werden.“

Der Hauptzweck von Data-Science-Projekten besteht darin, Erkenntnisse über Daten zu gewinnen, die als Grundlage für Analysen dienen. Dabei ist Data Science nicht auf die An- und Verwendung bestimmter Methoden oder Algorithmen beschränkt. Vielmehr kommt es darauf an, dass Ergebnisse systematisch generiert werden. Deshalb wird in der Literatur zunehmend betont, dass Data-Science-Projekte einem wissenschaftlichen Ansatz folgen sollten, der im Bereich der Data Science häufig zwangsläufig interdisziplinär ist [7, 17, 18]. Die Interdisziplinarität spiegelt sich darin wider, dass Data-Science-Projekte ein gründliches Verständnis sowohl einer bestimmten anwendungsspezifischen Domäne als auch mathematische und statistische Kenntnisse voraussetzen. Da der Einsatz von Technologie bei der Verarbeitung komplexer Daten und für die Gewährleistung von Reproduzierbarkeit unerlässlich ist, ist zudem ein solides technologisches (Grund-)Verständnis erforderlich.

Die potenzielle Nutzung sowie der Missbrauch von Daten haben intensive Auswirkungen auf die Gesellschaft, die im Rahmen der Data Science ebenso ihre Berücksichtigung finden wie die Nutzung von datenbasierten Erkenntnissen in marktorientierter Form. Der Wert eines jeden Data-Science-Projekts wird ergo durch seine ökonomischen und/oder sozialen Ergebnisse, seine Prozesse und die gewonnenen Erkenntnisse bestimmt.

Verwandte Studien

Saltz et al. [14] arbeiten auf Basis von Fallstudien insgesamt 14 Charakteristika zur Beschreibung von Data-Science-Projekten aus einer dezidiert soziotechnisch teamorientierten Sichtweise heraus. Die Charakteristika werden anschließend durch vier übergeordnete Kontexte zusammengefasst: *1. Daten, 2. Analyse, 3. Team, 4. Organisation*. Die Charakteristika dienen als Grundlage zur Entwicklung eines hierarchischen Prozessmodells, welches auf der höchsten Ebene auf zwei Dimensionen reduziert wird: *Entdeckung* und *Infrastruktur*. Bei Betrachtung der Studie von Saltz et al. [14] fällt auf, dass die zugrunde liegende Arbeitsdefinition der Data Science auf der bekannten Definition von Big Data (siehe bspw. Chen et al. [5]) und deren vier Vs (Volume, Variety, Velocity, Veracity) aufbaut. Obwohl diese Arbeitsdefinition im Laufe der Analyse um soziotechnische und teamorientierte Aspekte erweitert wird, impliziert sie eine engere Sichtweise als die in diesem Artikel herangezogene Definition und erschwert somit eine trennscharfe Unterscheidung zwischen Big-Data-Projekten und Data-Science-Projekten.

Aho et al. [1] untersuchen den typischen Prozessablauf von Data-Science-Projekten ebenfalls anhand von Erkenntnissen aus Fallstudien. Diese wurden im Rahmen von Interviews mit sechs Data Scientists bei sechs Unternehmen mit Geschäftsfeldern in der Data-Science-Beratung durchgeführt. In einem konzeptuellen Modell werden zunächst drei Schlüsselelemente definiert: *1. Experimentieren, 2. Entwicklungsansatz* und *3. interdisziplinäre (Team-)Arbeit*. Diese Schlüsselkonzepte werden weiter in insgesamt 13 verschiedene Charakteristika untergliedert, die kritische Elemente und Herausforderungen aufzeigen, die in Data-Science-Projekten zu finden sind. Auch in dieser Studie wird der Begriff Data Science aus einer engen Sichtweise heraus interpretiert, mit Fokus auf Wissensgenerierung aus u. a. großen Datenmengen unter Anwendung multidisziplinärer Technologien. Die abermals nicht trennscharfe Abgrenzung zu Big Data und die Konzeption der Studie mit dezidiertem Fokus auf Projektrollen und -prozessabläufe erschwert eine Übertragbarkeit auf den Kontext der vorliegenden Untersuchung.

Martinez et al. [10] wählen einen anderen Startpunkt und identifizieren im Rahmen einer Literaturrecherche nicht konkrete Projekte, sondern insgesamt 19 *Methodologien* für das Management von Data-Science-Projekten (wie bspw. Vorgehensmodelle, Methoden des Projektmanagements, Referenzprozesse). Diese Methodologien wurden anhand ihres jeweiligen Schwerpunkts klassifiziert und ihre Kompetenzen im Umgang mit Herausforderungen von Data-Science-Projekten bewertet. Die Bewertung wird auf drei Dimensionen heruntergebrochen: *1. Team-, 2. Projekt-* sowie *3. Daten- & Informationsmanagement*. Jede Methodologie wird anhand dieses Tripels eingeordnet und visualisiert („triangular plots"). Obwohl Martinez et al. [10] den Term Data Science etwas umfangreicher als Saltz et al. [14] und Aho et al. [1] definieren, scheinen sie sich bei ihrer Literatursuche nicht auf den Data-Science-Bereich zu beschränken. Die verwendeten Suchterme werden zwar in der Studie nicht angegeben; es kann jedoch anhand der Suchergebnisse darauf geschlossen werden, dass unter anderem dezidiert nach Methodologien im Kontext Data Mining und Big Data gesucht wurde. Eine Übertragbarkeit der identifizierten Herausforderungen auf den zu untersuchenden Kontext ist deshalb erschwert. In einer darauf aufbauenden Studie präsentieren Martinez et al. [9] empirische Daten aus einer Umfrage unter 237 Fachleuten über die Anwendung von Managementmethoden für Data Science. Dabei werden u. a. auch Erfolgsfaktoren von Data-Science-Projekten analysiert. Da diese Studie jedoch auf der Abhandlung von Martinez et al. [10] aufbaut, liegt ihr das gleiche terminologische Problem zugrunde.

In Summe kann festgehalten werden, dass verwandte Arbeiten, die Charakteristika von Data-Science-Projekten analysieren, einerseits auf einer nicht trennscharfen Abgrenzung zu Big-Data- und Data-Mining-Projekten aufbauen, andererseits eine enger gefasste Definition zugrunde gelegt wird, als in dem vorliegenden Artikel. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Domäne Data Science terminologisch, methodisch und kontextuell einer hohen Dynamik unterliegt und sich im Zeitverlauf stetig weiterentwickelt.

Entwicklung eines morphologischen Kastens zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten

In diesem Abschnitt wird die Ableitung eines Kriterienkataloges zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten beschrieben. Dieser Katalog wird anschließend in Form eines morphologischen Kastens dargestellt. Bei einem morphologischen Kasten handelt es sich um eine Matrix, aufgespannt aus mehreren voneinander unabhängigen Dimensionen, die eine oder mehrere Ausprägungen haben können [13].

Die Grundlage für die Ableitung von Dimensionen und deren Ausprägungen bildet ein Data-Science-Fragenkatalog, der im Rahmen der (Weiter-)Entwicklung des DASC-PM erstellt wurde (siehe dazu Schulz et al. [17], Anhang I). Der Fragenkatalog dient dazu, die Identifikation der wesentlichen Merkmale und Ziele eines Data-Science-Projektes zu unterstützen, um so einen Projektauftrag formulieren zu können. Er wurde iterativ in mehreren Runden von einer Expertengruppe bestehend aus über 20 Teilnehmer:innen aus Praxis und Wissenschaft entwickelt. Er besteht aus ins-

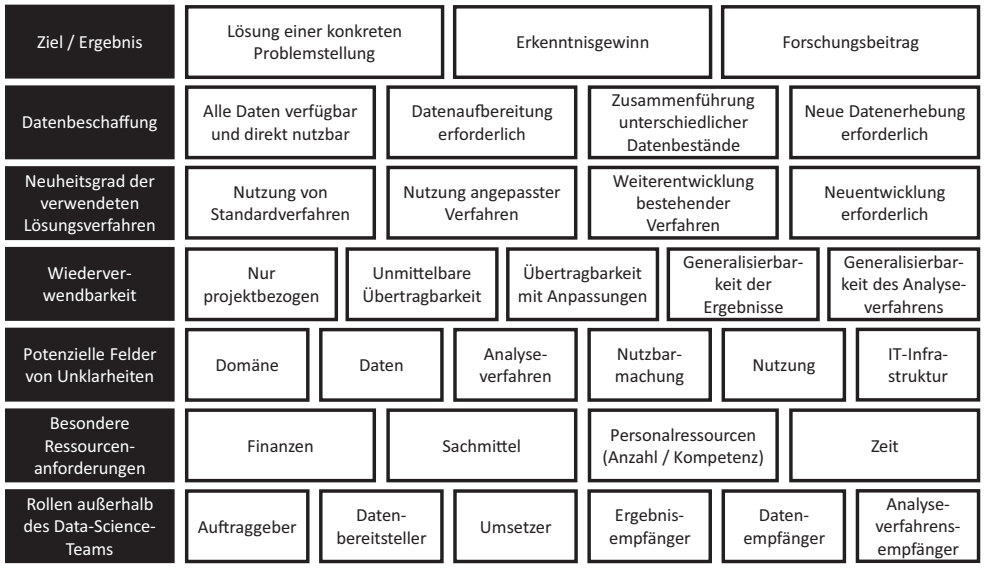


Abb. 1 Morphologischer Kasten zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten

gesamt 72 offenen und geschlossenen Fragen, die den sieben Schlüsselbereichen des DASC-PM, d. h. Domäne, Daten, Analyse, Nutzbarmachung, Nutzung, IT-Infrastruktur und Wissenschaftlichkeit zugeordnet sind. Aufgrund der empirischen Grundlage, der Inhalte und der Zielstellung liefert der Fragenkatalog eine geeignete Ausgangsbasis, um eine erste Annäherung an die Charakterisierung von Data-Science-Projekten zu ermöglichen. Zur Ableitung der Dimensionen und Ausprägungen des morphologischen Kastens wurde der Fragebogen in drei Schritten analysiert:

1. Im ersten Schritt wurden diejenigen Fragen identifiziert, die sich eindeutig auf die Ziele, Konzeptionierung, Ausgestaltung und Durchführung neuer Data-Science-Projekte fokussieren. Fragen, die sich beispielsweise ausschließlich auf die Erhebung eines Ist- oder Soll-Zustandes konzentrieren, wurden hierbei ausgeschlossen, da diese keinen Beitrag zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten liefern. Nach diesem Schritt blieben 28 von 72 Fragen übrig.
2. Im zweiten Schritt wurden die verbliebenen Fragen hinsichtlich der möglichen und zu erwartenden Antworten untersucht. Fragen, die in gleichen oder ähnlichen Antworten bzw. Antwortmöglichkeiten resultierten, wurden in Kategorien zusammengefasst (losgelöst von ihrer Zuordnung zu DASC-PM-Schlüsselbereichen). Dabei entstanden sieben Gruppen von Fragen.
3. Im dritten Schritt wurden die gruppierten Fragen und deren mögliche Antworten inhaltlich analysiert. Daraus wurde der in Abb. 1 dargestellte morphologische Kasten abgeleitet, welcher sieben Dimensionen umfasst (entsprechend der Fragekategorien).

Nachfolgend werden die Dimensionen und deren Ausprägungen kurz erläutert. Für die Charakterisierung eines Data-Science-Projekts lässt der morphologische Kasten die Auswahl mehrerer Ausprägungen pro Dimension zu.

Die Dimension *Ziel/Ergebnis* klassifiziert ein Data-Science-Projekt hinsichtlich des Anliegens/Zwecks bzw. der zu erwartenden Resultate. Die möglichen Ausprägungen der Dimension sind das Lösen einer existierenden/konkreten Problemstellung (bspw. Churn-Analyse), das Erzielen eines Erkenntnisgewinns (bspw. Güte eines bestimmten Klassifikationsmodells für ein Problem) und/oder das Erzielen eines Forschungsbeitrages (bspw. Entwickeln einer neuen Methode zur Spracherkennung). Damit trägt der morphologische Kasten der Relevanz von Data Science in Forschung und Praxis Rechnung.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt von Data-Science-Projekten und damit die zweite Dimension des morphologischen Kastens ist die *Datenbeschaffung*. Hinsichtlich der Datenbeschaffung können Data-Science-Projekte klassifiziert werden nach der Verfügbarkeit/Zugänglichkeit von Daten, der Notwendigkeit zur Datenaufbereitung und -zusammenführung oder der Erhebung von neuen Daten.

Mit der Dimension *Neuheitsgrad der verwendeten Lösungsverfahren* wird ausgedrückt, dass die Methodenauswahl ein wesentlicher Bestandteil von Data-Science-Projekten ist. Zwar können bestehende Verfahren zum Teil unverändert genutzt werden; oftmals ist aber die Anpassung bestehender oder gar die Entwicklung neuer Verfahren als Teil des Projekts notwendig, um die definierten Ziele erreichen zu können. Mögliche Ausprägungen dieser Dimension sind Nutzung von Standardverfahren, Nutzung angepasster Verfahren, Weiterentwicklung bestehender Verfahren und Erfordernis der Neuentwicklung von Verfahren.

Daran schließt sich die Dimension *Wiederverwendbarkeit* an, welche Data-Science-Projekte hinsichtlich der Übertrag- und Generalisierbarkeit von Methoden und Er-

gebnissen klassifiziert. Die Ausprägungen der Dimension reichen dabei von ausschließlich projektbezogener Verwendbarkeit über bloße Übertragbarkeit und Anpassung des Analyseverfahrens bis hin zur vollständigen Generalisierbarkeit von Ergebnissen und (neu entwickelten) Verfahren.

Die Dimension *Potenzielle Felder von Unklarheiten* zielt darauf ab, Projektbereiche zu identifizieren, die besonders häufig mit offenen Fragen und daraus folgenden Unklarheiten einhergehen. Vor dem Hintergrund der engen Verbindung zum DASC-PM ist die Betrachtung dieser Dimension von besonderem Interesse, weil sich in den Ausprägungen sechs der sieben DASC-PM-Schlüsselbereiche wiederfinden. Entsprechend kann für den Umgang mit häufig gestellten Fragen und Unklarheiten bzgl. der Dimensionsausprägungen Domäne, Daten, Analyseverfahren, Nutzbarmachung, Nutzung und IT-Infrastruktur der DASC-PM-Fragenkatalog unterstützend zurate gezogen werden (siehe dazu Schulz et al. [17], Anhang I).

Klassische Fragen hinsichtlich *besonderer Ressourcenanforderungen* aus dem Projektmanagement treffen auch auf Data-Science-Projekte zu. Dabei kann es sich in den Ausprägungen des Ressourcenbedarfs um bspw. Finanzen (d. h. die finanzielle Ausstattung des Projekts), Sachmittel (d. h. projektspezifische Hilfsmittel und Materialien), Personal (d. h. die Anzahl von Projektmitarbeiter:innen sowie deren Kompetenzen) und verfügbare Zeit handeln.

Schließlich sind Data-Science-Projekte hinsichtlich der Beteiligung wichtiger *Rollen außerhalb des Data-Science-Teams* zu betrachten. Projektteamexterne können als Auftraggeber, Datenbereitsteller, Umsetzer sowie als Empfänger von Ergebnissen, Daten und neu entwickelten Analyseverfahren fungieren und damit ganz unterschiedliche Rollen verkörpern. Dabei können diese Teamexternen sowohl aus der eigenen Organisation/dem eigenen Unternehmen stammen als auch von außerhalb.

Demonstration der Anwendung des morphologischen Kastens

Im Folgenden wird die Anwendung des morphologischen Kastens anhand der Fallstudie von Bink und Zschech [3] exemplarisch dargestellt. Da nicht bei allen Dimensionen des morphologischen Kastens entsprechende Ausprägungen explizit erkennbar und die Verfasser dieses Beitrags nicht in die Fallstudie involviert waren, wurden teilweise subjektiv naheliegende, aber plausible Annahmen zur Charakterisierung getroffen. Insgesamt wurde der morphologische Kasten von fünf unabhängigen Forschern für die Fallstudie spezifiziert. Über abweichende Einschätzungen wurde debattiert, bis der Konsens erreicht wurde, der in Abb. 2 zu sehen ist.

Die ausgewählte Fallstudie beschreibt ein Projekt zu Predictive Maintenance (dt.: vorausschauende Instandhaltung). Predictive Maintenance ist ein zustandsorientiertes, präventives Wartungsprogramm. Anstatt sich bei der Planung von Wartungsaktivitäten auf durchschnittliche Lebensdauerstatistiken zu verlassen, nutzt Predictive Maintenance die direkte Überwachung des physischen Zustands von Maschinen, der Anlageneffizienz und anderer Indikatoren, um die tatsächliche mittlere Zeit bis zum Ausfall oder den Effizienzverlust zu bestimmen [11]. Im Kontext von Data Science stellt zustandsorientierte bzw. vorausschauende Instandhaltung einen häufig genannten Anwendungsfall dar (z. B. Bichler et al. [2]).

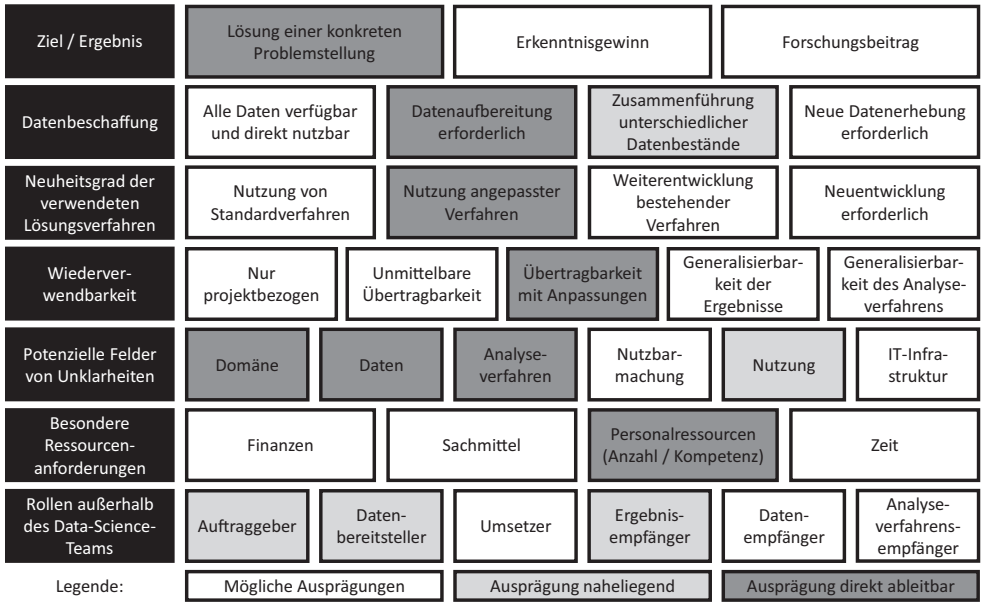


Abb. 2 Dimensionsausprägungen der Fallstudie „Predictive Maintenance“

Die Fallstudie beschreibt eine Situation bei einem europäischen Automobilhersteller. Es geht hierbei um die Verbesserung der Wartungsstrategie einer Fräsmaschine. Die Werkzeuge dieser Fräsmaschine unterliegen einem nutzungsabhängigen Verschleiß. Dieser Verschleiß kann durch verschiedene Korrekturen im operativen Betrieb minimiert werden. Früher oder später müssen die Werkzeuge schließlich getauscht werden. Bei der optimalen Wartungsstrategie geht es jedoch neben der möglichst langen Nutzung von Werkzeugen und Maschinen auch um die Vermeidung von Ausschuss, da die Qualität der produzierten Teile gegen Ende der Lebensdauer der Werkzeuge schlechter wird. Ein Grund hierfür ist, dass Toleranzen nicht mehr zuverlässig eingehalten werden können.

Das *Ziel/Ergebnis* des Projekts kann als Lösung einer existierenden Problemstellung eingeordnet werden. In der Vergangenheit wurden die Werkzeugwechsel nach subjektiver Beurteilung von Fachkräften vorgenommen und sollen nun durch einen datenbasierten Ansatz objektiviert werden. Im Rahmen der *Datenbeschaffung* kann teilweise auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden (Ausbringungsmenge, Korrekturen, Standzeiten). Darüber hinaus konnten nun Sensordaten analysiert werden, die zwar in der Maschine standardmäßig erfasst werden, aber bislang vom Unternehmen nicht ausgewertet wurden (z. B. Durchmesserkorrekturen, Achsauslastung der Frässpindel). Es ist naheliegend, dass dafür unterschiedliche Datenbestände (/-quellen) zusammengeführt werden. Bezüglich des *Neuheitsgrads der verwendeten Lösungsverfahren* ist in diesem Fall von einer Nutzung angepasster Verfahren auszugehen. In Puncto *Wiederverwendbarkeit* kann davon ausgegangen werden, dass das Analyseverfahren bei Vorliegen anderer Gegebenheiten eine Anpassung erfordert, z. B. bei Werkzeugmaschinen eines anderen Typs (Drehstatt Fräsmaschinen) oder eines anderen Herstellers. Die *potenziellen Felder von Unklarheiten* liegen hier sowohl in den Bereichen Domäne, Daten als auch Analyseverfahren. Mit zunehmender Anzahl an Variablen erhöht sich die Komplexität der Zeitreihenanalysen und bietet somit Herausforderungen hinsichtlich der Analyse und der Erklärbarkeit der Ergebnisse während der operativen Nutzung. *Besondere Ressourcenanforderungen* sind bei dieser Fallstudie vor allem im Bereich Personalressourcen zu verorten. Data-Science-Kompetenzen sind im typischen Arbeitsumfeld der Fallstudie immer noch eher selten vorhanden. Somit stellt die Zusammenarbeit zwischen (externen) Data Scientists und (internen) Domänenexperten einen wesentlichen Erfolgsfaktor dar. *Externe Rollen* im Projekt sind in der Fallstudie nicht explizit genannt; sie sind aber im Bereich des Auftraggebers, der Domänenexpertise oder aufseiten des Werkzeugmaschinenherstellers (Ausstattung mit Sensoren, Interpretation der Messwerte etc.) denkbar.

Schlussbetrachtung

Data Science ist ein Themengebiet, das zu verwandten Disziplinen wie Data Mining, Knowledge Discovery oder Big Data Schnittmengen aufweist, sich jedoch durch einige Besonderheiten abgrenzt. Aus einer projektorientierten Sichtweise wurden im vorliegenden Beitrag Eigenschaften identifiziert und dafür Dimensionen und Dimensionsausprägungen zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten gesammelt. Diese wurden in Form eines morphologischen Kastens strukturiert, dessen praktische Anwendbarkeit anschließend anhand einer Fallstudie zur Charakterisierung eines Data-Science-Projekts verdeutlicht wurde.

Das Ergebnis ist ein morphologischer Kasten zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten, der als Vorschlag präsentiert wird. Dieser entstammt keiner systematischen Erhebung, sondern ist das Resultat von Befragungen und Diskussionen einer geschlossenen Expertengruppe. Das Ergebnis ist daher durch subjektive Entscheidungen geprägt, bspw. über die Berücksichtigung und Benennung von Dimensionen und Dimensionsausprägungen oder das Abstraktionslevel. Eine andere Expertengruppe könnte andere Entscheidungen treffen und so zu einer anderen Aufstellung gelangen. Der morphologische Kasten wurde jedoch auf Basis einer dreistufigen Analyse des DASC-PM-Fragenkatalogs und damit verbundener Erfahrungen von über 20 Expert:innen abgeleitet und ist fachlich fundiert. Nach bestem Wissen und Gewissen der Autoren kann das Ergebnis dieses Beitrags somit als ein Fundament für die Darstellung der Heterogenität von Data-Science-Projekten interpretiert werden. Aufgrund des explorativen Charakters des Beitrags bestehen Limitationen hinsichtlich der Aspekte Vollständigkeit, Prägnanz, Eindeutigkeit und Generalisierbarkeit. Die Ergebnisse sind im Rahmen zukünftiger Forschung zu verifizieren.

Für Wissenschaft und Praxis wird mit dem morphologischen Kasten ein erster Schritt hin zu einer deutlicheren Abgrenzung verschiedenartiger Data-Science-Projekte geleistet, die bspw. in Abhängigkeit der präsentierten Dimensionen und Dimensionsausprägungen unter Umständen auch unterschiedlicher Steuerung bedürfen. Dies ist insbesondere für den Aufbau von Data-Science-Projektportfolios zur Risikodiversifikation auch praktisch von hoher Relevanz, da verschiedenartige Projekte mit unterschiedlichen Risiken einhergehen können (bspw. Verfügbarkeit von Daten, benötigte Ressourcen etc.) und differenzierter Risikosteuerungsmethoden bedürfen.

Die Autoren dieses Beitrags sehen den Vorschlag eines morphologischen Kastens zur Charakterisierung von Data-Science-Projekten zudem als Ausgangsbasis für den Einstieg in einen wissenschaftlichen Diskurs an – mit dem Potenzial, fortlaufend adaptiert und/oder erweitert zu werden. Zukünftige Forschung könnte auch bspw. den stärker syste-

matischen Ansätzen von Nickerson et al. [12] und Kundisch et al. [8] folgen und eine neue Taxonomie für die Charakterisierung von Data-Science-Projekten auf Basis empirischer Daten entwickeln.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

1. Aho T, Sievi-Korte O, Kilamo T, Yaman S, Mikkonen T (2020) Demystifying data science projects: a look on the people and process of data science today. In: Morisio M, Torchiano M, Jedlitschka A (Hrsg) Product-focused software process improvement, Bd. 12562. Springer, Cham, S 153–167
2. Bichler M, Heinzl A, van der Aalst W (2017) Business analytics and data science: once again? Bus Inf Syst Eng 59:77–79
3. Bink R, Zschech P (2018) Predictive Maintenance in der industriellen Praxis. HMD Prax Wirtsch 55:552–565
4. Brauweiler H-C (2015) Risikomanagement in Unternehmen. Springer, Wiesbaden
5. Chen M, Mao S, Liu Y (2014) Big Data: A Survey. Mob Networks Appl 19:171–209
6. Gluchowski P (2001) Business Intelligence: Konzepte, Technologien und Einsatzbereiche. HMD Prax Wirtsch 222:5–15
7. Kaufmann J, Kühnel S, Theuerkauf R, Alekosai EM, Hoseini S, Neuhaus U, Schulz M (2021) Where is the science in data science projects? In: Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) (Hrsg) Informatik 2021. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S 1729–1741
8. Kundisch D, Muntermann J, Oberländer AM, Rau D, Röglinger M, Schoormann T, Szopinski D (2021) An update for taxonomy designers. Bus Inf Syst Eng 64:421–439. https://doi.org/10.1007/s12599-021-00723-x
9. Martinez I, Viles EG, Olaizola IG (2021) A survey study of success factors in data science projects. In: 2021 IEEE International Conference on Big Data, S 2313–2318
10. Martinez I, Viles E, Olaizola IG (2021) Data science methodologies: current challenges and future approaches. Big Data Res 24:100183
11. Mobley RK (2002) Introduction to predictive maintenance, 2. Aufl. Plant Engineering Ser. Elsevier Science & Technology, Oxford
12. Nickerson RC, Varshney U, Muntermann J (2013) A method for taxonomy development and its application in information systems. Eur J Inf Syst 22:336–359
13. Ritchey T (1998) Fritz Zwicky, Morphologie and policy analysis. In: 16th Euro Conference on Operational Analysis in Brussels, Belgium. FOA, Defence Research Establishment, S-17290 Stockholm, Sweden.
14. Saltz J, Shamshurin I, Connors C (2017) Predicting data science sociotechnical execution challenges by categorizing data science projects. J Assoc Inf Sci Technol 68:2720–2728
15. Schlagwein D, Schoder D, Fischbach K (2010) Openness of Information Resources – A Framework-based Comparison of Mobile Platforms. ECIS 2010 Proceedings. Association for Information Systems (AIS). https://aisel.aisnet.org/ecis2010/163. Zugegriffen: 21.08.2022
16. Schulz M (2020) Data-Science-Projekte und ihre Besonderheiten. Wirtsch Inform Manag 12:376–381
17. Schulz M, Neuhaus U, Kaufmann J, Kühnel S, Alekozai EM, Rohde H, Hoseini S, Theuerkauf R, Badura D, Kerzel U, Lanquillon C, Daurer S, Günther M, Huber L, Thiée L-W, zur Heiden P, Passlick J, Dieckmann J, Schwade F, Seyffarth T, Badewitz W, Rissler R, Sackmann S, Gölzer P, Welter F, Röth J, Seidelmann J, Haneke U (2022) DASC-PM v1.1 – Ein Vorgehensmodell für Data-Science-Projekte. Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt. http://dasc-pm.org. Zugegriffen: 21.08.2022
18. van der Aalst W (2016) Process mining. Springer, Berlin, Heidelberg

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Informatik Spektrum (2022) :402–403
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01504-w

KOLUMNE

Der Megatechnische Pharao

Edy Portmann[1]

Angenommen: 24. Juli 2022 / Online publiziert: 3. November 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung
In seiner Common-Sense Kolumne integriert der Informatiker Edy Portmann, ganz im Sinne der „School of Life“ (einem artistischen Kollektiv von Psychologen, Philosophen und Schriftstellern), westliche und asiatische Paradigmen. Er kommt zum Schluss, dass eine Priese „Wabi-Sabi“ unsere Herausforderungen mit heutigen „Megamaschinen“ (Jochen Kirchhoff) leichter angehen liessen.

Mit einer aus dem alten Ägypten motivierten Idee eines „Megatechnischen“ Pharaos, der nicht mehr nach Pyramiden, sondern vielmehr nach Maschinen für die Götter verlangt, weist der Naturphilosoph Jochen Kirchhoff mahnend darauf hin, dass es sich beim Projekt unserer Zeit um den Bau einer „Megamaschine“ handeln könnte. Heute sollen diese Megamaschinen laut Kirchhoff nun mithilfe maschinellen Lernens aus großen Datenmengen (Big-Data) aber unsere letzten, noch verbleibenden „Götter“ vollständig ersetzen, um so die letzten Grenzen unserer natürlichen Umwelt beseitigen zu können. Seine Maschine ist im Grunde genommen ein Anachronismus, der uns auf die alte Logik der antiken Welt verweist, welche uns mittels künstlicher Intelligenz punktgenau aus den Fesseln des unstetigen Menschseins befreit. Wie ist das gemeint?

Seit den alten Griechen, die noch auf der Suche nach perfekten Kreisen, Quadraten und Dreiecken waren, ist, zumindest die westliche Welt, von dem Streben nach Perfektion, Symmetrie und idealen Proportionen durchdrungen. Unser westlicher Sinn für Schönheit ist also von einer Suche nach universellen Gesetzen etwa in der Mathematik sowie einem Verlangen nach Vollkommenheit und Ewigkeit geprägt. Aristoteles (384–322 v. Chr.), dem später weitere westliche Denker folgten, kam mit seinem „Satz vom ausgeschlossenen Dritten“ zu dem Schluss, dass alles entweder wahr oder falsch sein muss. Zwischen wahr, was heute in der Megamaschine als 1 codiert wird, und falsch als 0, scheint es nichts mehr zu geben. Doch stimmt das wirklich? Oder gibt es möglicherweise besser geeignete Konzepte, welche auch die grauen Nuancen zwischen Schwarz und Weiß berücksichtigen?

Die asiatische Logik und Ästhetik unterscheiden sich laut dem Kollektiv „School of Life“ erheblich von unserer westlichen. Besonders eindrücklich zeigt sich dies etwa im japanischen Begriff „Wabi-Sabi“, für welchen es in unseren westlichen Sprachen kein Analogon gibt. Der Begriff verweist auf die Schönheit der Unbeständigkeit, Unvollkommenheit, Einfachheit sowie Melancholie. Er entspringt nicht, wie etwa seine griechischen Pendants, der Liebe zur Unbesiegbarkeit, Jugend und Makellosigkeit, sondern eher der Achtung vor dem, was vergänglich, zerbrechlich, leicht angeknackst und bescheiden ist. In der japanischen Vorstellung von Ästhetik sind Dinge stets schöner, wenn sie die Zeichen des Alters und der Individualität in sich tragen. Ein Tröpfchen Glasur oder ein mit Gold restaurierter Riss einer Keramik, dem sogenannten „Kintsukuroi“ (dt. Goldreparatur), werden in diesem Sinne wertgeschätzt, nicht verborgen.

Im Westen hat, abgesehen von Galileo Galilei (1564–1641), welcher Aristoteles zumindest teilweise infrage stellte, wohl über 2000 Jahre lang niemand wirklich die griechische Logik und Ästhetik angezweifelt. Dieses nicht Infragestellen dieser Klassiker könnte nun aber, in Verbindung mit der digitalen Transformation, genau der Grund für unsere Spaltung, Voreingenommenheit gegenüber anderen (Personen-)Gruppen sowie Desinformation durch die heutigen Maschinen sein. Der menschliche Geist ist dank seiner Kultur, seiner Sprache sowie seiner Sozialisation anpassungsfähig und kooperativ. Da sie größtenteils immer noch in der Binärlogik ruht, hat sich unsere westliche Logik, auf die wir in der Digitalisierung bauen, in letzter Zeit, seien wir ehrlich, jedoch leider nicht mehr wirklich weiter-

✉ Edy Portmann
edy.portmann@unifr.ch

[1] Universität Freiburg (Schweiz), Bd de Pérolles 90, 1700 Fribourg, Schweiz

entwickelt, was momentan unsere, über die Jahre erkämpften Bürgerrechte und Gesetze gefährden könnte.

Kirchhoff glaubt, dass die Natur, sowie unser menschlicher Geist, ein vielfältiges, komplexes und unerschöpfliches Potenzial bergen. In meiner Vorstellung zeigt Wabi-Sabi, dass Intelligenz nur aus Akzeptanz des Vergänglichen und Unvollkommenen entstehen kann. Wabi-Sabi könnte zu einem neuen KI-Ansatz heranwachsen, den wir auch beim Bau der neuen Megamaschine einsetzen könnten. So wie wir Menschen das faltige Gesicht eines Mitmenschen mit Sympathie wahrnehmen können, so sollten wir für die KI-Konstruktionen dieselbe Schönheit darin wiederfinden. Unsere menschliche Perspektive davon ist nicht nur relativ, sondern auch offen für Veränderungen und Verbesserungen. Wenn wir uns dieser unscharfen Ideale noch mehr bewusstwerden, dann können wir doch auch lernen, vergänglichen Konstruktionsweisen mehr Wertschätzung entgegenzubringen. Meines Erachtens sollte so ein Blick auf die Dinge, die wir sonst andernfalls ablehnen oder mit Verachtung betrachten, das Herz der digitalen Transformation sein.

Funding Open access funding provided by University of Fribourg

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Edy Portmann

Informatik Spektrum (2022) :404–406
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01501-z

FORUM

13 Jahre Gewissensbits: Wir ziehen um!

Christina B. Class[1] · Wolfgang Coy[2] · Constanze Kurz[3] · Otto Obert[4] · Rainer Rehak[5] · Carsten Trinitis[6] · Stefan Ullrich[7] · Debora Weber-Wulff[8]

Online publiziert: 3. November 2022
© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Liebe Leserin, lieber Leser,

seit gut 13 Jahren, seit der 4. Ausgabe 2009 des Informatik Spektrums, haben wir 78 Fallbeispiele mit Fragen geschrieben, um uns alle zum Nachdenken zu bringen und mit Ihnen zu diskutieren – in der Kolumne Gewissensbits. Vorangegangen waren einige Jahre, in denen wir Fallbeispiele entwickelten und ein Buch schrieben.

Die Fachgruppe „Informatik und Ethik“ wurde im Dezember 2003 gegründet. Sie entstand aus dem Arbeitskreis „Informatik und Verantwortung“, der die Ethischen Leitlinien von 1994 überarbeitete. Diese zweite Version der Leitlinien wurde 2004 vom Präsidium der GI verabschiedet. Schnell einigten wir uns darauf, dass wir uns als Fachgruppe insbesondere auch um den Diskurs bemühen wollen. Bereits in den Leitlinien stand, dass die GI Diskussionen über ethische Fragen in der Informationstechnik initiieren und fördern wolle. Ausgehend von unseren Erfahrungen in der Lehre und dem Ansatz des *Critical Thinking*, der in den USA verbreitet ist, entwickelten wir über mehrere Jahre hinweg das Format der Gewissensbits.

2009 kam unser Buch („Gewissensbisse – Ethische Probleme der Informatik. Biometrie – Datenschutz – geistiges Eigentum“, tanscript Verlag) heraus und parallel dazu veröffentlichten wird im August 2009 die ersten Gewissensbits im Informatik Spektrum, ein Fallbeispiel namens „Biometrie“ [1]. Es behandelte die Nutzung von Fingerabdrücken zur Zahlung in einer Schulmensa und deren Nachnutzung, um den Diebstahl zweier Beamer aufzuklären.

In unserem Blog veröffentlichten wir den Fall und luden zur Diskussion ein. Unter anderem wurde die Frage aufgeworfen, ob ein solches Szenario realistisch sei. „Kaum vorstellbar ist jedoch, daß ein Schuldirektor eine solch heikle Maßnahme (schon das Sammeln der Fingerabdrücke) auf seine Kappe nimmt bzw. dazu die Rückendeckung der Schulpolitiker erhält.“ [1]. Eine Recherche ergab, dass an einigen Schulen in Deutschland bereits zwei Jahre zuvor, 2007, die Bezahlung per Fingerabdruck eingeführt wurde (z. B. [2]). Wir schreiben bewusst „Recherche“! Die Fallbeispiele des Buchs wurden über mehrere Jahre entwickelt, getestet und überarbeitet. Als wir uns den Fall „Biometrie“ überlegten, wussten wir nichts davon, dass Schulen bald Fingerabdrücke von Schüler*innen zum Zahlen in Schulmensen in Deutschland einsetzen würden. Die Realität hatte uns eingeholt.

So erging es uns mehr als einmal. Wir entwickelten Fallbeispiele, um Möglichkeiten und die damit verbundenen moralischen Fragestellungen zu diskutieren und stellten immer wieder fest, wie uns die Realität einholte – und manchmal zu überholen schien. Scherzhaft meinten wir in der Gruppe einmal, wir sollten vielleicht aufhören, Fallbeispiele zu entwickeln und die Zukunft „herbeizureden“.

Selbst im Team entstanden ein um das andere Mal intensive Diskussionen: Alle Fallbeispiele werden, nachdem sie entwickelt wurden, in einem Etherpad der Fachgruppe vorgelegt. Hier können Vorschläge zum Text direkt aufgenommen oder bearbeitet werden, und es entstehen dabei häufig Diskussionen im Chat – um Details wie Namen, Begriffe oder Wortspiele, bis hin zu wesentlichen Aspekten oder erweiterten Handlungssträngen des Falls. In einem Fall wurde innerhalb des Teams der Einwand aufgeworfen, dass der Fall gar sehr konstruiert daher käme und wenig realistisch sei. Umso größer die Überraschung, als klar wurde,

✉ Christina B. Class
cclass@acm.org

1 Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Jena, Deutschland
2 HU Berlin, Berlin, Deutschland
3 Berlin, Deutschland
4 Main DigitalEthiker GmbH, Karlstadt am Main, Deutschland
5 Weizenbaum-Institut für die vernetzte Gesellschaft, Berlin, Deutschland
6 TU München, München, Deutschland
7 KI-Ideenwerkstatt für Umweltschutz (ZUG), Berlin, Deutschland
8 HTW Berlin, Berlin, Deutschland

dass dieses Fallbeispiel auf einem aktuellen anonymisierten und etwas veränderten Fall basierte.

Ja, die Realität hat uns das eine oder andere Mal überrascht und immer wieder deutlich gemacht, wie wichtig die Diskussion dieser Fragen und auch der Beitrag von Fallbeispielen für die Diskussion ist.

Manche Fälle entstanden auch als Reaktion auf ein konkretes Ereignis. So griffen wir den Gesichtserkennungstest am Bahnhof Südkreuz in Berlin direkt auf. Auf Aussagen des damaligen Bundesinnenministers Seehofer in der Presse, der Fehlversuch sei erfolgreich gewesen [3], antworteten wir mit einem abgewandelten Fall, um deutlich zu machen, was diese Zahlen bedeuten, wenn viele Personen betroffen sind (Fallbeispiel „Statistische Irrungen“ [4]). Persönliche Rückmeldungen in Gesprächen zeigten, dass dies ein Fall ist, der sich auch für Kurse zu Statistik oder Data Literacy eignet. In dem Beitrag „Data Literacy: Kompetenzrahmen für Hochschulen“ [5] wird auf diesen Fall hingewiesen, um Daten im Kontext gesellschaftlicher und kultureller Wechselwirkungen zu betrachten.

Nicht alle Fälle beinhalten informatikspezifische Fragen oder haben einen technischen Kern. So haben wir zum Beispiel die Themen Plagiate, Pseudokonferenzen und Ghostwriting mehrfach aufgegriffen.

Die gemeinsame Entwicklung von Fallbeispielen und unsere Diskussionen änderten auch unseren Blick auf die Welt. Immer wieder stellten wir uns die Frage, ob sich daraus ein Fallbeispiel machen lasse. Die Teilnahme an einem Workshop „Teilhabe in der digitalen Transformation“ der Evangelischen Kirche im Rheinland führte dazu, die Frage, inwiefern die zunehmende Digitalisierung arme Menschen ausschließt, aufzugreifen (Fallbeispiel „Abgehängt?“ [6]).

Wir alle können immer wieder in Dilemma-Situationen kommen, die nicht direkt mit Informatik verknüpft sind, als Privatpersonen, im beruflichen oder universitären Umfeld. Auf einen Fall möchten wir daher besonders hinweisen: „Karins Dilemma“ [7]. Dieser Fall spricht eine solche Situation an. Das Wort „Informatik“ spielt hier kaum eine Rolle und könnte durch eine beliebige andere Disziplin ersetzt werden. Es geht um sexuelle Belästigung im universitären Umfeld und die Ausnutzung der Machtposition eines Professors. Leider kommen solche Fälle in der Realität immer wieder vor. Und leider ist es bei solch ungleichen Machtverhältnissen auch für Personen, die unterstützen wollen, nicht immer folgenlos. Das Fallbeispiel hat nur einen Autor. Als emeritierter Professor und Mann war es der explizite Wunsch von Wolfgang Coy, dass das Beispiel nur unter seinem Namen veröffentlicht wird und nicht zusammen mit jemandem, der oder die noch etwas zu verlieren hat.

Was verdeutlicht dieser Fall? Unser moralisches Urteil ist nicht nur im Zusammenhang mit Informatik gefragt. Zivilcourage braucht es nicht nur, wenn z. B. auf mangelnden Datenschutz hingewiesen wird. Nein! Wir sind in unterschiedlichsten Situationen herausgefordert und müssen Stellung beziehen. Das moralische Urteil zu schärfen, Dilemmata zu diskutieren, sich Lösungsmöglichkeiten zu überlegen und den Blick für den Anderen, die Betroffene zu schärfen hilft in den unterschiedlichsten Situationen des Lebens. Auch darum sind uns die Diskussionen bereits bei der Entwicklung der Gewissensbits, der Fallbeispiele, im Zusammenspiel mit den aufgeworfenen Fragen, wichtig.

Die Fallbeispiele laden alle dazu ein, sich mit Fragen der Ethik auch ohne Philosophie- oder Informatikstudium zu beschäftigen. So behandelt der Fall „Menschenrechte“ Fragen der Kooperation mit einer Universität in einem Land, das für gravierende Menschenrechtsverletzungen bekannt ist [8]. Auch dieser Geschichte liegt ein wahrer Kern zugrunde. Aber auch unsere auf den ersten Blick rein „technischen Fälle“ weisen auf tiefer liegende moralische Probleme hin.

Die Fallbeispiele sind für Diskussionen mit Student*innen, im Kollegen- oder Freundeskreis entwickelt. Einige Fallbeispiele eignen sich auch für die Schule. Allerdings muss man hier darauf achten, dass die Fälle einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler*innen darstellen. Auch müssen die Fragen bei jüngeren Schüler*innen gegebenenfalls präzisiert und angepasst werden.

Wir wurden immer wieder darauf angesprochen, ob wir nicht Lösungsvorschläge für unsere Fallbeispiele, d. h. Antworten auf unsere Fragen veröffentlichen könnten. Unsere klare Antwort lautet hier: Nein, das wollten wir nie. Das Ziel der Fallbeispiele besteht ja gerade darin, die verschiedenen Aspekte eines Falls zu erkennen und zu diskutieren und dann gemeinsam zu einer Lösung zu gelangen. Hier handelt es sich um einen demokratischen Aushandlungsprozess, und es gibt oft nicht einfach „die“ eine richtige Lösung. Wesentlich ist aber, dass wir lernen, ins Gespräch zu kommen.

Um die Diskussion zu fördern, richteten wir in unserem Blog auch die Kommentarfunktion ein. Und wir haben darauf geachtet, auf alle Einwände und Kommentare zu reagieren und zu antworten. In ganz seltenen Fällen mussten wir leider auch Kommentare löschen, weil sie vollkommen unpassend oder unangemessen waren. Den ein oder anderen, auch etwas grenzwertigen oder „speziellen“ Kommentar haben wir dagegen zugelassen. An dieser Stelle erwähnen möchten wir einen Kommentar von „Gott“ zu unserem Fallbeispiel „Data Mining für Public Health“ [9]: „Totaler scheiss so was schlechtes habe ich noch nie erlebt. Die fragen kann ja ein drei Jähriger beantworten ohne das er denn Text gelesen haben muss“ (man beachte die Orthographie).

Dies ist unser letzter Text der Reihe „Gewissensbits – wie würden Sie urteilen?“ im Informatik Spektrum. Wir danken dafür, dass Sie uns all die Jahre gelesen haben, für Ihr sehr geschätztes Feedback im Blog, aber insbesondere auch für die Gespräche über die Gewissensbits und

Ihre Reaktionen, wenn wir uns persönlich begegnet sind. Eine Auswahl von Fallbeispielen wird im Frühjahr 2023 im transcript Verlag in Buchform mit einer Open-Access-Lizenz herauskommen. Wir werden dies in unserem Blog ankündigen.

Dieser Text ist jedoch kein Abschied. Die Gewissensbits, anregende Bits für unser aller Gewissen, werden fortgeführt im neuen Mitgliedermagazin der GI. Wir werden sie auch weiterhin in unserem Blog (gewissensbits.gi.de) veröffentlichen und freuen uns bereits auf zukünftige Diskussionen mit Ihnen.

Bis bald, in einem anderen Kanal.

Auf WiederLESEN!

Literatur

1. https://gewissensbits.gi.de/fallbeispiel-biometrie/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
2. https://taz.de/Biometrische-Kontrolle-im-Alltag/!5180398/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
3. https://taz.de/Gesichtserkennung-im-oeffentlichen-Raum/!5540406/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
4. Informatik Spektrum 42(5). https://gewissensbits.gi.de/fallbeispiel-statistische-irrungen/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
5. Bush A, de Gruisbourne B, Matzner T, Schulz C (2021) Data Literacy: Kompetenzrahmen für Hochschulen. Arbeitspapier. https://www.campus-owl.eu/fileadmin/campus-owl/dalis/documents/Kompetenzrahmen_Workingpaper210921.pdf. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
6. Informatik Spektrum 45(3). https://gewissensbits.gi.de/fallbeispiel-abgehaengt/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
7. Informatik Spektrum 34(5). https://gewissensbits.gi.de/fallbeispiel-karins-dilemma/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
8. Informatik Spektrum 38(3). https://gewissensbits.gi.de/fallbeispiel-menschenrechte/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022
9. Informatik Spektrum 37 (1). https://gewissensbits.gi.de/fallbeispiel-data-mining-fuer-public-health/. Zugegriffen: 4. Oktober 2022

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Informatik Spektrum (2022) 45:407–409
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01500-0

FORUM

Metaverse – parallele Welt(en)

Ursula Sury[1]

Online publiziert: 19. Oktober 2022
© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Das „neue" Internet

Im Jahre 2021 stellte Facebook (heute Meta) seine Zukunft des Internets vor: das Metaverse. Das Tech-Unternehmen will dadurch einen weiteren Schritt in Richtung der vollständigen Integration der realen in die virtuelle Welt gehen. Der Begriff des Metaverse geht höchstwahrscheinlich auf den Science-Fiction Roman „Snow Crash" von Neal Stephenson zurück. Darin existieren Menschen als Avatare in einem dreidimensionalen virtuellen Raum. Die Idee des sogenannten Metaverse gibt es bereits seit den späten 1970er- und frühen 1980er-Jahren.

Das Metaverse dient oft als Überbegriff einer digitalen Welt. Ideen davon, was ein Metaverse ist oder was es sein kann, gibt es viele. Das Metaverse kann ein funktionierendes virtuelles Wirtschaftssystem darstellen, einen Ort zum Spielen oder der sozialen Interaktion. Das Metaverse stellt nicht eine allumfassende Plattform dar, sondern ist ein System aus mehreren einzelnen Metaverse-Plattformen. Eine allgemein gültige Definition des Metaverse ist schwierig auszumachen und hängt vor allem davon ab, wen man fragt. Weitgehende Einigkeit besteht über die Definition, dass ein Metaverse ein *virtueller, konsistenter* und *persistenter* Raum ist. Dies bedeutet, dass das Metaverse sich zwar aus mehreren kleinen Metaversen zusammensetzt, man aber ohne Einschränkungen zwischen diesen Metaversen eintreten und wechseln kann (konsistent). Einzelne Services existieren nicht parallel zueinander, sondern werden verknüpft, um eine Interoperabilität zu erreichen. Ein Metaverse besteht zudem auch ohne die aktive Integration mit bestimmten Nutzern fort (persistent).

Das eigentliche Ziel des Metaverse ist es, ein begehbares und erlebbares Internet zu erschaffen. Die reale Welt soll im Internet nachgebildet werden. Man spricht auch vom Web 3.0.

✉ Ursula Sury
info@dieadvokatur.ch

[1] Luzern, Schweiz

Wie funktioniert das Metaverse?

Ziel des Metaverse ist es, getrennte Services des Internets miteinander zu einer realen Welt zu verknüpfen. Noch werden die Services im Internet parallel zu einander angeboten. Während Nutzer im E-Mail-Account E-Mails bearbeiten, können sie nicht zugleich shoppen.

Das Metaverse bietet scheinbar grenzenlose Möglichkeiten der Nutzung. Dabei agiert der Nutzer nicht per Mausklick, sondern läuft durch einen Avatar, einen digitalen Zwilling, in dieser digitalen Welt umher und interagiert mit anderen Teilnehmern. Mit einem Klick sollen verschiedene Aktionen des alltäglichen Lebens getätigt werden können (Geld abheben, Tickets buchen). Im Zentrum steht die Interoperabilität von Anwendungen.

Es steckt auch nicht ein Unternehmen hinter dem Metaverse, sondern in Wirklichkeit arbeiten zahlreiche Unternehmen daran.

Offene und geschlossene Systeme

Bereits bestehende Metaverse-Plattformen werden in zwei Arten unterschieden: Es gibt in sich geschlossene und offene Systeme.

Es gibt offene, dezentrale Systeme, welche von keiner zentralen Instanz kontrolliert werden. Es soll basierend auf öffentlichen Blockchains und einer dezentralen Governance eine Interoperabilität von Daten geschaffen werden. Dies soll ermöglichen, dass Gegenstände, Währungen und Avatare über mehrere Plattformen hinweg genutzt werden können. Einzelne offene Systeme müssen hierfür aber dieselben Standards und Schnittstellen nutzen.

Geschlossene Systeme sind hingegen zentralisierte Plattformen (z. B. Meta, Roblox, Fortnite), welche von einer zentralen Stelle, regelmäßig einem Unternehmen, kontrolliert werden. Dieses legt dann auch die Bedingungen für die Nutzer fest und überwacht diese.

Beispiel einer öffentlichen Plattform basierend auf Etherum ist Decentraland, wo bereits Live-Events wie Konzerte

und Kunstausstellungen angeboten werden. Der Hauptunterschied zu einer geschlossenen Plattform ist, dass es keinen zentralen Verwalter gibt.

Die Unternehmen, welche sich an der Entwicklung eines Metaverse beteiligen, verfolgen teilweise einen unterschiedlichen Fokus. Meta (ehemals Facebook) will ein allumfassendes Metaverse schaffen, um möglichst jeden Bereich des digitalen Lebens abzubilden. Microsoft hingegen konzentriert sich mehr darauf, die Arbeitswelt ins Metaverse zu verlagern (z. B. mittels virtueller Konferenzräume).

Wichtige Technologien

Häufig wird die Technologie der Extended Reality (XR) im Zusammenhang mit dem Metaverse genannt. Extended-Reality-Anwendungen unterstützen das Metaverse durch die Erhöhung der Immersion immens. Die Extended Reality ist eine erweiterte, dreidimensionale, virtuelle Realität, welche mittels Spatial Computing, also VR- (Virtual Reality) und AR- (Augmented Realty) Technologie erlebt werden kann.

Im Metaverse der Zukunft werden auch Kryptowährungen eine zentrale Rolle spielen. Dafür werden die Blockchain-Technologie und NFTs bedeutsam werden.

Welche Gefahren birgt ein Metaverse?

Am Metaverse arbeiten zurzeit einige große Unternehmen, welche viele (finanzielle) Ressourcen in die Entwicklung des Web 3.0 setzen. Naheliegend ist die Gefahr, dass einige wenige Großunternehmen den Markt beherrschen und dirigieren werden. Dies kann zur Folge haben, dass die Einnahmen sich schließlich nur auf wenige Marktteilnehmer verteilen und diese die Kontrolle in diesem Universum übernehmen werden. Nutzer werden dann gezwungen sein, sich deren Konditionen hinzubeugen.

Welche Rechtsfragen stellen sich?

Im Zusammenhang mit den neuen Möglichkeiten, die im Metaverse den Nutzern zur Verfügung stehen, stellen sich auch neue rechtliche Fragen. Wie verhält es sich z. B. mit virtuell geschaffenen Gegenständen? Oder wie ist steuerrechtlich mit Einnahmen aus der Vermietung von virtuellem Land umzugehen? Abgesehen davon ist natürlich interessant, wie mit den Unmengen an Daten, welche in einem solchen Metaverse bearbeitet werden, umzugehen ist.

Bevor eine Auseinandersetzung mit den vorstehend exemplarisch dargelegten Fragen überhaupt möglich ist, stellt sich die wesentliche Frage, welches (internationale) Recht in diesem Metaverse-Universum überhaupt gilt. Das Recht des Nutzers gemäß seinem Wohnsitzland oder eher jenes des Plattformbetreibers? Oder doch ein internationales Abkommen? Die Interessen jedes einzelnen Staats in einem Vertrag unterzubekommen, scheint jedoch ein durchaus schwieriges Unterfangen darzustellen.

Wichtig ist, dass wenn vom Wohnsitz des Nutzers gesprochen wird, wohl jener der real betroffenen Person gemeint ist und nicht etwa der stellvertretende Avatar im Metaverse.

Ob die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Nutzung von Metaverse ausreichen oder das Metaverse völlig neue Regeln erforderlich macht, wird sich noch zeigen. Vieles spricht dafür, dass die zurzeit geltenden Regeln nicht sämtliche Sachverhalte (ausreichend) abdecken werden und ein neuer gesetzlicher Rahmen daherkommen muss.

Datenschutzrechtliche Herausforderungen

Damit die Umsetzung solcher Plattformen erfolgreich sein kann, muss das Vertrauen der Nutzer in die Plattform sichergestellt sein. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil im Metaverse soziale Interaktionen gepflegt und auch Handel stattfinden kann. Die Nutzung solcher Dienste bedingt, dass die Nutzer sich bezüglich datenschutzrechtlichen Aspekten keine Sorgen machen wollen. Für Unternehmen, welche im Metaverse tätig sind, bedeutet dies wiederum, dass sie die entsprechenden (datenschutz-)rechtlichen Anforderungen besonders prioritär behandeln müssen. Es ist darauf zu achten, dass solche Plattformbetreiber unendlich vielen Daten verarbeiten werden, welche auch für Cyberhacker sehr attraktiv sein werden. Solche – bereits aus der Web 2.0-Nutzung – bekannten Probleme sind frühzeitig anzugehen, damit das Web 3.0 Akzeptanz findet.

Es ist anzunehmen, dass es aufgrund der Vielzahl beteiligter Personen und Interessen äußerst schwierig sein wird, einen branchenweiten Konsens hinsichtlich des Themas Datenschutz zu finden.

Schlussbetrachtung

Zurzeit ist ein vollständiges Web 3.0-Erlebnis noch nicht möglich ist, es investieren aber zahlreiche Unternehmen darin, ein bzw. das Metaverse zu entwickeln. Die Möglichkeiten des Metaverse scheinen unbegrenzt zu sein, sollte eine Umsetzung denn irgendwann vorliegen.

Es ist berechtigterweise davon auszugehen, dass diese neue Parallelwelt auch nicht ohne rechtliche Rahmenbedingungen auskommen wird. Noch unklar ist, inwieweit bestehende Regelungen für das Interagieren im Metaverse ausreichen. Vermutungsweise besteht aber noch Handlungsbe-

darf. Insbesondere stellt sich die Frage, ob die datenschutzrechtlichen Anforderungen erreicht werden können.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Informatik Spektrum (2022) 45:410–411
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01498-5

FORUM

Um etliche Ecken ged8

Gehirn-Jogging auf Basis der math.- und informatisch-orientierten Rechtschreibreform

Rolf Windenberg[1]

Online publiziert: 10. Oktober 2022
© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Auflösungen aus dem letzten Heft (5/2022)

- gib mal acht [wegen: gib-*mal-acht*]
- weshalb sind sie denn so schnell verschwunden? [wegen: w-*S-halb*-sind-s-*I*-d-*N*-so-schn-*L*-v-*R*-schw-*und-N?*]
- das Schwein hat nun endlich einen überfälligen Denkzettel einstecken müssen [wegen: das-schw-*ein*-hat-*n-unendlich-ein-N-über*-fällig-*N-D*-nk-*Z-L-eins*-teck-*N*-müss-*N*]
- ein Hund überfiel einen absolut wehrlosen Briefträger [wegen: *ein*-h-*und-über*-fiel-*ein-N-absolut*-wehr-*los-N*-briefträg-*R*]
- Theo beeindruckte durch sein einwandfreies Betragen [wegen: *T-O-B-ein*-druck-*T-durch*-s-*ein-(ein*-wand)-*frei-S-Betrag-N*]
- Wenn Pille vergessen, dann folgt ein Eisprung [wegen: *wenn*-pillev-*R*-g-*S-N-dann*-folgt-ein-EI-*Sprung* (für Puristen: *Sprung zu EI*)]

Literatur

1. Windenberg R, Hasselfang RW (2018) Um etliche Ecken ged8 (Version 2.0). Shaker Media, Düren. ISBN 978-3-95631-691-3.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

✉ Rolf Windenberg
bernd.wolfinger@uni-hamburg.de

[1] Fachbereich Informatik, Universität Hamburg, Hamburg, Deutschland

Abb. 1 Regeln und Knobelaufgaben mit kleiner Hilfe zu den Lösungen der dritten und vierten Knobelaufgabe [1]. Die Auflösungen finden sich im nächsten Heft

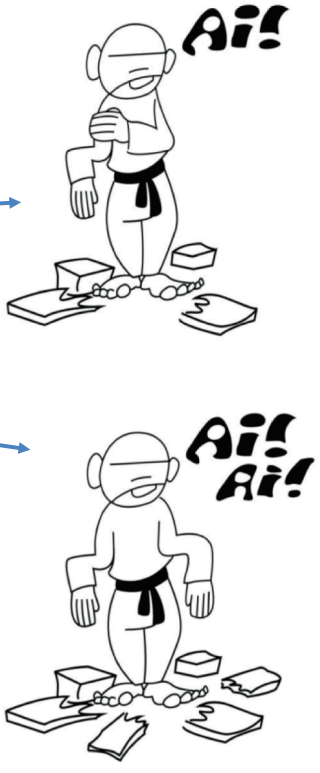
Regeln:

- Verwendung einfacher math. Symbole und von Zahlen
- Aussprache von Großbuchstaben wie im Alphabet
- Bei der informatisch-orientierten Reform: zusätzlich Verwendung programmiersprachlicher Symbole

Beispiel: „O ● 8“ steht für „Oma lacht“

Knobelaufgaben:

- *Anfänger:* **f1taub**
- *Spielerei mit Buchstaben:*
  Ma Bw+RT 1 w+RschönS pVNauG auf 1R blüT
- *Fortgeschrittene:*
  $\frac{A}{rm}$
- *Experten:*
  $\frac{A}{\frac{r}{m}}$
- *Genies:*
  Dr RpL sA das aufreizNd GfldRT NtNfräul1 + stammLT: ich möchte d1 s1 !
- *Informatisch-orientiert:*
  wird TO s1R hRz∀R lIbstN AnGliK
  $\binom{auch}{jahr10.}$ ***if*** **1>0** ***then*** **treu_s1_von_TO := true ?**
  /* true_s1_von_TO bezeichne eine boolesche Konstante und deshalb gebe es nur eine einzige Wertzuweisung an true_s1_von_TO */



Informatik Spektrum (2022) :412–423
https://doi.org/10.1007/s00287-022-01503-x

MITTEILUNGEN

Mitteilungen der GI im Informatik Spektrum 6/2022

Online publiziert: 8. November 2022
© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

Aus Vorstand und Präsidium

Aufruf der Kommission zur Findung von Kandidatinnen und Kandidaten für das Präsidium der GI

Liebe GI-Mitglieder,

auf der Ordentlichen Mitgliederversammlung der GI am 27. September 2022 wurde ich als Sprecher der Kommission zur Findung von Kandidierenden für das GI-Präsidium eingesetzt. In dieser Rolle und im Namen aller Mitglieder der Kommission bitte ich Sie, uns in unserer Arbeit zu unterstützen und mir Interessierte für die Kandidatur bei den Wahlen zum Präsidium der GI zu nennen. Mit dem Jahr 2023 wird die Amtszeit von *drei* Präsidiumsmitgliedern auslaufen, deren Positionen neu zu besetzten sind.

Die von Ihnen vorgeschlagenen Kandidatinnen und Kandidaten müssen GI-Mitglieder sein und sollen besonderes Engagement für die GI und die Informatik zeigen. Sinnvolle Arbeit im Präsidium erfordert Zeit und den Wunsch, etwas für die Weiterentwicklung der GI zu bewegen. Daher sucht die Kommission Mitglieder, die bereit sind, sich über die Sitzungstage hinaus aktiv in die Präsidiumsarbeit einzubringen. Kenntnisse der GI-internen Strukturen und Abläufe sind hilfreich und wünschenswert, aber nicht zwingend.

Am Ende des Findungsprozesses soll die Liste der Vorschläge das gesamte Spektrum der Informatik in Theorie und Praxis, von Forschung, Hochschulen und Industrie repräsentieren, denn das Präsidium spielt für die Weiterentwicklung der GI eine wesentliche Rolle. Deshalb sollten dort alle Mitgliedergruppen angemessen vertreten sein.

Bitte senden Sie Ihre Vorschläge formlos bis zum 30. April 2023 per E-Mail direkt an mich dominik.herrmann@gi.de.

Außer Ihrem Namen und Ihrer eigenen GI-Nummer sollte Ihr Vorschlag Name und GI-Nummer der vorgeschlagenen Person sowie eine kurze Begründung Ihres Vorschlags enthalten. Bitte vergewissern Sie sich, dass die vorgeschlagene Person auch tatsächlich bereit ist zu kandidieren. Sie sollte ihre Zusage zur Kandidatur ebenfalls an zuvor genannte E-Mailadresse schicken.

Für die Ordentliche Mitgliederversammlung 2023 in Berlin wird von der Kommission eine vorläufige Liste der Kandidierenden aus Ihren Vorschlägen erstellt und den versammelten Mitgliedern zur Ergänzung und Verabschiedung vorgelegt. Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Mit freundlichen Grüßen
gez. Prof. Dr. Dominik Herrmann, Sprecher der Kommission zur Findung von Kandidierenden für das GI-Präsidium, Dezember 2022

Beschlussprotokoll der Ordentlichen Mitgliederversammlung vom 27. September 2022 in Hamburg

Tagesordnung

1. Begrüßung
2. Bericht des Vorstandes über das abgelaufene Geschäftsjahr
2.1 Bericht des Präsidenten
2.2 Jahresabrechnung
3. Bericht der Rechnungsprüfer für das Jahr 2021 und Entlastung von Vorstand, Präsidium und Geschäftsführung
4. Wahl der Rechnungsprüfungskommission für das Jahr 2022
5. Entgegennahme des Haushaltsplanes 2023
6. Bestätigung der Mitgliedsbeiträge 2023
7. Bericht der Kandidierendenfindungskommission und Feststellung der endgültigen Kandidierendenliste für die Wahl 2022 (Präsidium)
8. Bestimmung der Kandidierendenfindungskommission für die Wahl 2023 (Präsidiumsämter)
9. Wahl des Wahlausschusses für die Wahl 2022
10. Festlegung von Ort und Zeit für die Ordentliche Mitgliederversammlung 2024

11. Stellungnahme zu Anträgen auf Satzungsänderung
12. Genehmigung des Beschlussprotokolls der OMV 2022
13. Verschiedenes

TOP 1 Begrüßung

Frau Regitz begrüßt die Mitglieder. Die OMV gedenkt der Verstorbenen.

TOP 2.1 Bericht des Präsidenten

Frau Regitz berichtet über die Arbeit des vergangenen Jahres.

TOP 2.2 Jahresabrechnung

Herr Rahm trägt die Jahresabrechnung vor.

TOP 3 Bericht der Rechnungsprüfer

Herr Rosenkranz trägt den Rechnungsprüfungsbericht für das Jahr 2021 vor und beantragt die Entlastung von Vorstand, Präsidium und Geschäftsführung.

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung entlastet Vorstand, Präsidium und Geschäftsführung.

TOP 4 Wahl der Rechnungsprüfungskommission für das Jahr 2022

Der Vorstand schlägt als Rechnungsprüfer für das Jahr 2022 vor:

- Prof. Dr. Alexandra Kees, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
- Prof. Dr. Michael Meier, Universität Bonn
- Prof. Dr. Christoph Rosenkranz, Universität Köln

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung setzt Prof. Kees, Prof. Meier und Prof. Rosenkranz als Rechnungsprüfer für das Jahr 2021 ein.

TOP 5 Entgegennahme des Haushaltsplanes 2023

Herr Rahm trägt den Haushaltsplan 2023 vor.

TOP 6 Bestätigung der Mitgliedsbeiträge 2023

GI-Beitragsstruktur und Beitragshöhe 2023 (Präsidiumsbeschluss vom 25. Juni 2022)

- Ordentliche Mitglieder
- Vollmitglied 115,00 €
- Doppelmitglied 86,00 €
- Mitglieder assoziierter Organisationen 67,00 €
- Vollmitglied im Ruhestand 58,00 €
- Mitglieder mit rabattiertem Beitrag 22,00 €
- Studierende im Bachelor/Master/Azubis 00,00 €
- Korporative Mitglieder
- Unternehmen nach Umsatz
- Studentische Gruppierungen 66,00 €

Der Sitzungsleiter bittet die OMV 2022, die vom Präsidium laut § 8.6.8 der Satzung beschlossenen Beitragsstruktur und Beitragshöhe zu bestätigen.

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung bestätigt die vom Präsidium beschlossene Beitragsstruktur und Beitragshöhe.

TOP 7 Bericht der Kandidatenfindungskommission

Die von der OMV 2022 eingesetzte Kandidatenfindungskommission hat die folgende Liste für die Präsidiumswahl 2021 erstellt. Es sind sechs Plätze zu vergeben.

- Prof. Dr. Nadine Bergner, TU Dresden
- Dirk-Andrew Heil, BDO Wirtschaftsprüfungsgesellschaft Hamburg
- Prof. Dr. Andrea Herrmann, AKAD University Stuttgart
- Stephan Höppner, atos Information Technology GmbH, Berlin
- Prof. Dr. jur. Dennis-Kenji Kipker, Hochschule Bremen
- Dr. Judith Michael, RWTH Aachen
- Prof. Dr. rer. pol. Tim Pidun, MBA, HTW Dresen
- Alexander Rabe, eco Verband der Internetwirtschaft
- Prof. Dr. Friedrich Steimann, Fernuniversität Hagen

Nach der Vorstellung der Kandidatinnen und Kandidaten wird die Liste nochmals eröffnet. Die OMV hat das Recht, weitere Personen vorzuschlagen.

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung schlägt keine weiteren Personen vor. Damit ist obige Liste für die Präsidiumswahl 2022 beschlossen.

TOP 8 Bestimmung der Findungskommission für die Wahl 2023

Das Präsidium benennt folgende Mitglieder der Kommission zur Findung von Präsidiumskandidatinnen und -kandidaten:

Sprecher:

- Prof. Dr. Dominik Herrmann

Mitglieder:

- Prof. Dr. Jörg Desel
- Prof. Dr. Ira Diethelm
- Edna Kropp
- Dr. Judith Michael
- Prof. Dr. Ali Sunyaev

Die Ordentliche Mitgliederversammlung hat das Recht, zwei weitere Personen vorzuschlagen.

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung schlägt keine weiteren Personen vor. Damit ist obige Liste für die Kandidierendenfindungskommission für die Präsidiumswahl 2023 beschlossen.

TOP 9 Wahl des Wahlausschusses für die Wahl 2022

Der Vorstand schlägt folgende Damen und Herren vor:

Sprecher:

- Prof. Dr. Gerrit Hornung, Kassel

Stv. Sprecher:

- Prof. Dr. Rüdiger Grimm, Koblenz

Beisitzer:

- Prof. Dr. Thomas Barton, Worms
- Janos Föth, Kassel
- Karl-Heinz Künkel, Bonn
- Ludger Porada, Bonn
- Prof. Dr. Gerd Stumme, Kassel
- Cornelia Winter, Bonn

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung stimmt der Liste zu.

Top 10 Festlegung von Zeit und Ort für die OMV 2024

Der Vorstand schlägt vor, die Ordentliche Mitgliederversammlung 2024 im Herbst in Wiesbaden abzuhalten.

Beschluss: Die Ordentliche Mitgliederversammlung beschließt, die Ordentliche Mitgliederversammlung 2024 im Herbst in Wiesbaden abzuhalten.

TOP 11 Stellungnahme zu Anträgen auf Satzungsänderung

Keine Anträge eingegangen.

TOP 12 Genehmigung des Beschlussprotokolls der OMV 2022

Die Mitgliederversammlung wird gebeten, das Beschlussprotokoll der Sitzung vom 27. September 2022 zu genehmigen.

Beschluss: Die Mitgliederversammlung genehmigt das vorgelegte Beschlussprotokoll der OMV 2022.

TOP 13 Verschiedenes

Keine Beiträge.

Hamburg, im September 2022, Christine Regitz (Sitzungsleitung), Cornelia Winter (Protokoll)

Der ausführliche Jahresbericht findet sich unter https://gi.de/service/infomaterial.

Aus der Geschäftsstelle

Ausschreibung einer Software zur Mitgliederverwaltung

Die Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) ist mit rund 20.000 persönlichen und 250 korporativen Mitgliedern die größte und wichtigste Fachgesellschaft für Informatik im deutschsprachigen Raum und vertritt seit 1969 die Interessen der Informatikerinnen und Informatiker in Wissenschaft, Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung, Gesellschaft und Politik.

Für die Verwaltung ihrer Mitglieder sucht die Geschäftsstelle der GI in Bonn eine neue Standard-Software.

Die neue Software soll

- die Stamm- und Zahlungs-/Rechnungsdaten der Mitglieder verwalten können
- die Mitgliedschaften in Fachbereichen und Fachgruppen abbilden können
- die Zuordnung zu Beitragsgruppen und weiteren bezogenen GI-Leistungen verwalten können
- die Daten-Basis für verschiedene weitere GI-Services bieten, insbesondere
  - Mitglieder-Self-Service
  - LDAP-Service für GI-Anwendungen
  - Schnittstellen zu anderen Anwendungen (Docuware, Diamant)
  - Mailing-Services und Mailinglisten
  - Reports

Die GI erwartet eine DGSVO-konforme Datenverarbeitung, Support für mindestens 10 Jahre, eine Benutzeroberfläche mit einem Responsive Design sowie das Hosting der Anwendung in der GI-Cloud. Darüber hinaus wird die Unterstützung bei der Migration der Mitglieder-Daten aus dem Altsystem sowie die Möglichkeit, eigene neue Features implementieren zu lassen erwartet.

Interessierte Anbieter oder Software-Häuser erhalten weitere Informationen sowie ein detailliertes Lastenhaft auf Anfrage per E-Mail bei Herrn Matthias Freitag <matthias.freitag@gi.de> oder unter +49 228 302145.

GI-Jahresbericht erschienen

Manche von Ihnen mögen vielleicht denken „Jahresbericht, wie langweilig!“ – ist er aber nicht, versprochen. Unser neues Redaktionsteam mit Alexandra Resch und Sven Lu-

Abb. 1 Dahinter steckt immer ein kluger Kopf: der GI-Jahresbericht. (Quelle: GI)

benau stellt Ihnen in einer lebendigen und spannenden Zusammenschau vor, was in Ihrer GI alles passiert ist in den letzten 12 Monaten. Wir beleuchten in Interviews Projekte und Menschen, geben einen Einblick in einzelne Fachgliederungen, beobachten, was die Regierung bei der Digitalisierung treibt, schauen auf den Nachwuchs und die Informatik in der Schule und all das mit Ihnen: unseren Mitgliedern und Aktiven. Danke für Ihr Engagement, und vielleicht finden Sie je sich selbst oder bekannte Personen im Bericht! https://gi.de/fileadmin/GI/user_upload/GI-Jahresbericht_2022.pdf (Abb. 1).

GI-Junior-Fellows: Ausschreibung 2023 gestartet

Seit 2013 kürt die GI herausragende junge Leute zu GI-Junior-Fellows, die Besonderes für die und in der Informatik geleistet haben. GI-Junior-Fellows sitzen mittlerweile im Vorstand und im Präsidium, sind Chefredakteur des GI-Radars, aktiv im GI-Mentoringprogramm, eingebunden in GI-Ministeriumsprojekte und mischen die GI auf. Wir sind auf der Suche nach weiteren spannenden, jungen Leuten, die einerseits in ihrer Tätigkeit herausragend sind, sich aber auch in der GI ins Zeug legen wollen. Wir freuen uns auf viele Bewerbungen bis zum 15. Mai. https://gi.de/junior-fellows/ausschreibung-zum-gi-junior-fellowship/.

GI-Fellows 2023 gesucht!

Die GI sucht ihre Fellows 2023. Sie als GI-Mitglied sind aufgerufen, herausragende Persönlichkeiten als GI-Fellow zu nominieren, die sich um die Weiterentwicklung und Verbreitung der Informatik in Forschung und Lehre, in Wirtschaft und Verwaltung, in der Schule oder der Öffentlichkeit verdient gemacht haben. Gemeinsam mit fünf weiteren GI-Mitgliedern können Sie entsprechende Personen vorschlagen. Details zu Kriterien und Procedere finden Sie unter https://gi.de/ueber-uns/personen/fellows/. Nominierungsende ist der 25. Mai 2023.

GI lobt „Helmut und Heide Balzert-Preis" zur Didaktik in der Informatik aus

Die Gesellschaft für Informatik ruft in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Computergesellschaft und der Schweizer Informatik Gesellschaft einen mit jährlich 10.000 € dotierten Preis für herausragende Beiträge zur Vermittlung von Inhalten der Informatik und zur Didaktik der Informatik aus. Der Preis wurde von der Prof. Balzert-Stiftung initiiert und gestiftet und in 2022 erstmal verliehen.

Die Gesellschaft für Informatik zeichnet künftig jedes Jahr herausragende Beiträge zur Vermittlung von Inhalten der Informatik und zur innovativen Didaktik der Informatik („digitale Didaktik") aus. Ziel des von der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) in Kooperation mit der Österreichischen Computergesellschaft (OCG) und der Schweizer Informatik Gesellschaft (SI) verliehenen Preises ist es, die Aufmerksamkeit für die Bedeutung der „digitalen Didaktik" für die Vermittlung von komplexen Sachverhalten in der Informatik zu fördern und zu unterstützen sowie die Aufmerksamkeit auf dieses wichtige Gebiet zu lenken.

Der Balzert-Preis wird von einer siebenköpfigen Jury gekürt. Vorschlagsberechtigt für Einreichungen sind alle Universitäten und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in der Bundesrepublik Deutschland, in Österreich und in der Schweiz. Professorinnen und Professoren dieser Hochschulen dürfen Abschlussarbeiten (Bachelor, Master, Dissertationen und Habilitationen) für den Preis vorschlagen, die im Zeitraum 1. Januar bis 31. Dezember 2022 abgeschlossen wurden. Einreichungsschluss ist der 31. Mai 2023. Neben Abschlussarbeiten können auch didaktisch herausragende Arbeiten vorgeschlagen werden, die in der Hochschulbildung oder Erwachsenenbildung eingesetzt werden und nicht älter als zwei Jahre sind. Weitere Informationen zu den Auswahlkriterien und -verfahren finden sich unter www.gi.de/balzert-preis.

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der GI

Fachleute der Kultusministerkonferenz empfehlen die Einführung des Pflichtfaches Informatik (19.09.2022)

Die Gesellschaft für Informatik begrüßt die Empfehlung der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK), ein Pflichtfach Informatik einzuführen und die Lehrkräfteausbildung in allen Ländern zu stärken.

Die Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) hat ein Gutachten **„Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule“** veröffentlicht. Darin fordert die SWK, dass Informatik als Pflichtfach in der Schule eingeführt werden soll: In der Sekundarstufe I sollte Informatik ab dem Schuljahr 2024/25 als Pflichtfach mit mindestens vier Stunden in die Kontingentstundentafel aufgenommen werden, mittelfristig mit sechs Stunden Pflichtunterricht. Im Wahlpflichtbereich der Sekundarstufe I sollten weitere Angebote gemacht werden. Informatische Inhalte sollten zudem bereits in der Primarstufe vermittelt werden.

Neben der Empfehlung, verpflichtenden Informatikunterricht einzuführen, spricht sich die SWK auch für weitere substanzielle Schritte für eine bessere digitale Bildung aus:

- Ausbau von Informatikangeboten auf grundlegendem Anforderungsniveau in der Orientierungs- und Qualifikationsphase der Sekundarstufe II
- Für die Sekundarstufe II ist zu überprüfen, inwieweit die einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung im Fach Informatik an die Bildungsstandards Informatik der Gesellschaft für Informatik angepasst werden sollten.
- In Lehramtsstudiengängen sollte die Kombination von Informatik mit anderen Fächern nicht eingeschränkt werden. Die Option eines Ein-Fach-Studiums für das Lehramt Informatik, das laufbahnrechtlich den Zweifächer-Studienabschlüssen gleichgestellt ist, sollte geschaffen werden.
- Die SWK sieht einen langfristigen Bedarf, die Professuren für die Didaktik der Informatik weiter auszubauen. Die SWK schließt sich der Forderung des Wissenschaftsrats an, die Forschung und Nachwuchsförderung zur Didaktik der Informatik in Deutschland auszubauen.
- Verankerung digitaler Medienbildung und elementarinformatischer Bildung in den Lehrplänen in allen Ländern
- Weiterbildung zu digitalen Medien und informatischer Bildung des frühkindlichen Bildungspersonals
- Implementierung digitalisierungsbezogener und medienpädagogischer Inhalte sowie informatischer Grundlagen in der Lehrkräftebildung u. a. durch die Einbindung der einschlägigen Fachgesellschaften (z. B. der Fachdidaktiken oder der Medienpädagogik)

Neben den auf die informatische Bildung bezogenen Empfehlungen gibt das Gutachten viele weitere wertvolle Empfehlungen zur Verbesserung der digitalen Bildung in Deutschland, wie zum Beispiel die dauerhafte Einrichtung länderübergreifender Zentren für digitale Bildung (ZdB), die Modernisierung der Bildungsziele und Curricula, die Weiterentwicklung des Prüfungswesens, die strukturelle Stärkung und eine stärker wissenschaftsorientierte Ausrichtung der Lehrkräfteaus- und fortbildung. Zudem sollen digitale Kompetenzen bei Studierenden und Dozierenden gestärkt sowie technische, räumliche, fachdidaktische und rechtliche Strukturen aufgebaut und verstetigt werden. Die SWK empfiehlt außerdem, standortspezifische und hochschulübergreifende Lehr- und Digitalisierungsstrategien zu entwickeln.

Informatik-Monitor 2022/23 macht großen Bedarf an Informatiklehrkräften deutlich (15.09.2022)

Mit Beginn des Schuljahres 2022/23 wird die Einführung des Fachs Informatik in Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen durch Pilotversuche erprobt. Die Webseite des Informatik-Monitor schlüsselt erstmals aktuelle Zahlen zum Informatikunterricht und -lehrkräften der einzelnen Bundesländer auf: Um das Niveau von Mecklenburg-Vorpommern zu erreichen, fehlen bundesweit mindestens 17.000 Informatiklehrkräfte.

Die Gesellschaft für Informatik e. V. hat im September den Informatik-Monitor 2022/23 veröffentlicht, ergänzt um Daten zu Informatikunterricht und -lehrkräften aus den Studien „Informatikunterricht: Lückenhaft und unterbesetzt“ und „Informatik für alle“ vom Stifterverband und der Heinz Nixdorf Stiftung. Demnach gibt es derzeit in Deutschland etwa 10.000 Informatiklehrkräfte – um flächendeckend Informatikunterricht einzuführen, braucht es fast dreimal so viele. Insgesamt ist die Datenlage hinsichtlich des tatsächlich durchgeführten Informatikunterrichts und des Personals mit Lehrbefähigung in vielen Bundesländern sehr lückenhaft.

Der Informatik-Monitor

Der Informatik-Monitor zeigt die Erfolge und Unterschiede aller Bundesländer in Deutschland hinsichtlich der Ausbildung informatischer Kompetenzen in einem verbindlichen Schulfach. Mit dem Ziel, ein flächendeckendes Pflichtfach Informatik zu initiieren und die Bedeutung digitaler Kompetenzen zu positionieren, gibt der Informatik-Monitor Impulse für politische und gesellschaftliche Debatten. Aufbauend auf einer umfangreichen Synopse von Richard Schwarz (Universität Rostock), veröffentlicht die Gesellschaft für Informatik e. V., unter Mitarbeit der Universität Rostock einmal jährlich den Stand der Informatikbildung. https://informatik-monitor.de/.

Den kompletten Text der Pressemitteilungen finden Sie unter https://gi.de/aktuelles/presse.

Personalia

Barbara Schwarze mit der Klaus-Tschira-Medaille geehrt

Seit Jahren setzt sich Barbara Schwarze für die Förderung von Frauen in der Informatik ein und hat unter anderem den Girls' Day mit auf den Weg gebracht: Für dieses Engagement wurde sie auf der INFORMATIK 2022 mit der Klaus-Tschira-Medaille ausgezeichnet, die die Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) zusammen mit der Klaus Tschira Stiftung verleiht.

Immer noch gibt es zu wenige Frauen in MINT-Berufen, doch mittlerweile ist das Problem bekannt und es gibt viele Maßnahmen, um ihm entgegenzuwirken: Dies ist unter anderem Prof. Barbara Schwarze zu verdanken, die sich seit Jahren dafür einsetzt, Frauen und Mädchen den Weg in den IT-Sektor zu ebnen. Alle zwei Jahre wird die nach dem SAP-Mitgründer benannte Medaille an eine Persönlichkeit für ihre besonderen Verdienste um die Nutzung und Weiterentwicklung informatischer Methoden in unterschiedlichen Anwendungsgebieten verliehen.

Barbara Schwarze studierte Soziologie und ist seit 2007 Professorin für Gender und Diversity Studies an der Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik. Sie engagiert sich zusammen mit mehr als 40 Unternehmen und Lehrenden der Fakultät für das Thema Frauen in MINT-Studiengängen und hat hierzu unter anderem das Niedersachsen-Technikum entwickelt. Auf bundespolitischer Ebene hat sie mehrere Bildungsprojekte zum Thema Gender und IT mit auf den Weg gebracht, unter anderem den Girls' Day – Mädchen-Zukunftstag. Zudem ist sie Vorstandsvorsitzende des Kompetenzzentrums Technik-Diversity-Chancengleichheit e. V. und auch innerhalb der GI vielseitig engagiert (Abb. 2).

Abb. 2 Barbara Schwarze (links) und GI-Präsidentin Christine Regitz, (Quelle: Fabian Hammerl)

Ursula Köhler, Gerhard Röhner und Prof. Dr. Stefan Wrobel sind die Fellows 2022

Als Fellow werden GI-Mitglieder ausgezeichnet, die sich in besonderer Weise um die Informatik und/oder die GI verdient gemacht haben. Für das Jahr 2022 hat die Jury unter Leitung von Past President Federrath drei Personen ausgewählt, die auf der INFORMATIK 2022 in Hamburg ausgezeichnet wurden.

Ursula Köhler engagiert sich seit Jahrzehnten dafür, Mädchen und Frauen den Einstieg in die Informatik zu erleichtern. Sie setzt sich für ein gleichberechtigtes und faires Berufsleben in der Informatik ein und arbeitet deutschland- und europaweit beispielsweise in der Initiative D21, im Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit, im Deutschen Frauenrat sowie in EU- und Mentoringprojekten mit. Als Redakteurin des Magazins „Frauen machen Informatik" tritt sie auch innerhalb der GI für mehr Sichtbarkeit von Informatikerinnen ein und hat auch den GI-Sprachleitfaden für gendergerechte Sprache maßgeblich mitgestaltet.

Der Didaktiker Gerhard Röhner macht sich seit Jahrzehnten für eine hohe Qualität der Informatikausbildung stark. Aufgrund seiner Erfahrung und Expertise ist er deutschlandweit gefragter Ansprechpartner in Fragen der Informatiklehreraus- und -fortbildung. In vielen Schulen Deutschlands werden die von ihm konzipierten und programmierten didaktischen Entwicklungsumgebungen erfolgreich genutzt. Gemeinsam mit anderen Fachorganisationen hat er die Entwicklung des Referenzrahmens Informatik verantwortet und sich für die Weiterbildung von Lehrkräften eingesetzt. In der GI hat sich Gerhard Röhner insbesondere bei der Erstellung und kontinuierlichen Weiterentwicklung von Bildungsstandards und GI-Empfehlungen zur inhaltlichen Ausgestaltung des Informatikunterrichts für alle Sekundarstufen engagiert.

Stefan Wrobel hat das Thema Maschinelles Lernen bereits sehr früh bearbeitet und in die Anwendung transferiert. Für seine Forschung wurde er bereits als einer der zehn prägenden KI-Köpfe Deutschlands ausgezeichnet. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf Systemen der Hybriden Künstlichen Intelligenz, die Maschinelles Lernen mit Wissenstechnologien und menschlicher Expertise kombinieren. Die theoretisch fundierten Arbeiten von Stefan Wrobel haben zu einer Fülle von konkreten industriellen Anwendungen geführt und damit den Technologie-Transfer in die Industrie weitreichend befördert. In der GI engagiert er sich insbesondere für die Zeitschrift „Künstliche Intelligenz" und in der Fachgruppe Knowledge-Discovery, Data Mining und Machine Learning. Durch seine Beteiligung an zahlreichen GI-Konferenzen hat er wesentlich dazu beigetragen, KI und Data Mining seit den 1990er-Jahren mit erfolgreichen Anwendungen in Deutschland zu etablieren (Abb. 3).

Abb. 3 Ursula Köhler, Stefan Wrobel, GI-Präsidentin Christine Regitz, Gerhard Röhner, v.l. (Quelle: Fabian Hammerl)

Vier Junior-Fellows ausgezeichnet

Mit Jun.-Prof. Dr. Hanna Drimalla, Larissa Gebken, Stefan Hildebrand und Prof. Dr. Thorsten Papenbrock hat die GI auf der INFORMATIK 2022 in Hamburg vier Informatiktalente zu Junior-Fellows ernannt. Mit der Auszeichnung als GI-Junior-Fellow würdigt die Gesellschaft für Informatik Menschen, die bereits in jungen Jahren einen prägenden Einfluss auf die Disziplin der Informatik nehmen: ob durch herausragende Forschungsleistungen, kreative Projekte oder ehrenamtliches Engagement.

Hanna Drimalla ist Junior-Professorin für „Multimodal Behavior Processing" an der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld. Dort forscht sie zur computer-basierten Analyse sozialer Interaktionssignale wie Gesichtsausdruck, Stimme oder Blickverhalten und leitet die Nachwuchsgruppe „Empathische Künstliche Intelligenz". Sie setzt sich für die Verknüpfung der Informatik mit der Psychologie und Medizin ein, sowie für gerechte und transparente Algorithmen, die die Vielfalt der Gesellschaft widerspiegeln. „Als Junior-Fellow möchte ich die Zusammenarbeit zwischen der Informatik und der Psychologie intensivieren. Außerdem will ich erreichen, dass sich die Vielfalt unserer Gesellschaft stärker in der Informatik widerspiegelt, sowohl in Teams als auch in gerechten und transparenten Algorithmen. Darüber hinaus möchte ich den Dialog zwischen der Informatik und der Gesellschaft zur automatisierten Auswertung von Social Media-Daten fördern", sagt Hanna Drimalla.

Larissa Gebken ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachbereich Informatik der Universität Hamburg und forscht im Bereich von wert-sensitiven Digitalen Sozialen Innovationen. Dabei entwickelt sie gemeinsam mit ihrem Team von OpenStreetPay ein Konzept und eine App, die das digitale Spenden an und Bezahlen für Mitmenschen ohne festen Wohnsitz ermöglichen soll. Neben diesen Tätigkeiten ist sie Vorständin beim clubkinder e. V., einem gemeinnützigen Verein, der es zum Ziel hat, Hamburg mit analogen oder digitalen Veranstaltungen und Projekten zu einem bunteren und sozialeren Ort zu machen. „Ich möchte daran arbeiten, dass die Informatik einen Beitrag zur Chancengleichheit und Beendung von Armut leistet. Hierzu möchte ich gemeinsam mit anderen bestehende (IT-)Systeme neu denken und dabei ein stärkeres Bewusstsein für moralisch-ethische Fragen schaffen", sagt Larissa Gebken.

Stefan Hildebrand ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Strukturmechanik und Strukturberechnung an der Technischen Universität Berlin. Dort forscht er an der Anwendung von Quantencomputing und Machine Learning zur Simulation von Materialverhalten und -ermüdung. In seiner Freizeit leitet er die BYTE Challenge: ein ehrenamtliches, digitales MINT-Bildungsprojekt sowie ein Lernzentrum der Gesellschaft für Informatik. Zudem setzt er sich für den Ausbau der Digitalbildung in Europa ein. „Als Junior-Fellow möchte ich ausgehend von der GI eine engere Vernetzung der Ingenieurswissenschaften und der Informatik anstoßen. Außerdem bieten wir mit der BYTE Challenge eine vielseitige MINT-Plattform an, mit deren stetigem Ausbau wir möglichst viele junge Menschen und Schulen unterstützen wollen", sagt Stefan Hildebrand.

Thorsten Papenbrock leitet die Arbeitsgruppe „Big Data Analytics" an der Universität Marburg und forscht dort an effizienten Verfahren zur Datenverarbeitung und -analyse. Mit seinen Forschungsarbeiten unterstützt er Partner aus Wissenschaft und Industrie in einer umwelt- und ressourcenschonenden Nutzung von Informationstechnologie in datenintensiven Anwendungen. Sein persönliches wie auch professionelles Engagement gilt interdisziplinären Projekten zum Umweltschutz, wie der digitalen Unterstützung der Windkraft oder der KI-geförderten CO2-Einsparung im

Abb. 4 GI-Vizepräsidentin Martin Wolf, Torsten Papenbrock, Larissa Gebken, Hanna Drimalla Stefan Hildebrandt, GI-Vizepräsidentin Katharina Weitz, v.l. (Quelle: Fabian Hammerl)

Verkehrswesen. „Ich möchte mich insbesondere dem Thema Green IT widmen und jungen Menschen Werkzeuge an die Hand geben, um selbstständig Ideen zu Klimaschutzprojekten zu entwickeln. Daneben möchte ich im Zusammenhang mit dem Klimaschutz auch die Integration relevanter Forschungsdaten aus verschiedenen Disziplinen vorantreiben“, sagt Thorsten Papenbrock (Abb. 4).

GI-Dissertationspreis an drei herausragende Wissenschaftler vergeben

Auf der INFORMATIK 2022 in Hamburg hat die Gesellschaft für Informatik zusammen mit der Schweizer Informatik Gesellschaft (SI) und der Österreichischen Computergesellschaft (OCG) mit Markus Hecher, Alejandro Molina Ramirez und Moritz Lipp drei junge Wissenschaftler für ihre herausragenden Dissertationen ausgezeichnet.

Dr. Markus Hecher, TU Wien: „Advanced Tools and Methods for Treewidth-Based Problem Solving“

Um moderne Computerprogramme zu beschleunigen, die sehr rechenintensive Probleme lösen, wird die strukturelle Abhängigkeit von Instanzen häufig mithilfe der sogenannten „treewidth“ untersucht: einem Maß, das angibt, wie leicht lösbar eine Instanz ist. Markus Hecher hat ein neuartiges Toolkit entwickelt, um signifikante Verbesserungen einer ganzen Reihe von treewidth-basierten Algorithmen in der KI auszuschließen – und damit ein Problem gelöst, das seit mehr als einem Jahrzehnt unbeantwortet geblieben ist.

Dr. Alejandro Molina Ramirez, TU Darmstadt: „Deep Networks That Know When They Don’t Know“

Die Dissertation von Alejandro Molina Ramirez präsentiert neue tiefe generative Modelle, die in der Lage sind, eine breite Spanne von Wahrscheinlichkeitsanfragen zu beantworten. Sie können außerdem darauf überprüft werden, wie sicher sie sich einer bestimmten Antwort sind.

Dr. Moritz Lipp, TU Graz: „Die Ausnutzung von Optimierungen in Mikroarchitekturen durch Software“

Moritz Lipp behandelt in seiner Dissertation die Sicherheitsauswirkungen von Optimierungen in Mikroarchitekturen moderner Prozessoren. Nur durch spezielle Programme können Unterschiede in der Ausführungszeit und im Stromverbrauch festgestellt werden, die es einem Angreifer ermöglichen, sensible Informationen von einem Computersystem zu entwenden. Die Arbeit identifiziert bisher unbekannte Angriffsvektoren, die die grundlegendsten Sicherheitsgarantien moderner Prozessoren umgehen und weltweit zu Veränderung in Betriebssystemen und Prozessoren führen. Moritz Lipp war Teil der Forschungsgruppen, die die Sicherheitslücken Meltdown, Spectre, Fallout, LVI, ZombieLoad und PLATYPUS entdeckten (Abb. 5).

Abb. 5 GI-Vizepräsident Jörg Desel, SI-Vorstandsmitglied Martin Glinz, Preisträger Markus Hecher, Moritz Lipp, Alejandro Molina Ramirez, OCG-Geschäftsführer Ronald Bieber, Nominationsausschussvorsitzender Rüdiger Reischuk, GI-Vizepräsident Erhard Rahm, v.l. (Quelle: Fabian Hammerl)

Helmut und Heide Balzert-Preis erstmals verliehen

Auf der INFORMATIK 2022 in Hamburg ist erstmalig der Helmut und Heide-Balzert-Preis für herausragende Beiträge zur Vermittlung von Inhalten der Informatik und zur Didaktik der Informatik verliehen worden. Der Preis ist mit 10.000 € dotiert und wurde von Helmut und Heide Balzert gestiftet. Erster Preisträger ist Dr. Stefan Seegerer, der besonders innovative und kreative Methoden für informatische Bildung erarbeitet. Damit will er Lehrkräfte oder Menschen in der Erwachsenenbildung ihren Bedürfnissen entsprechend für die Informatik begeistern.

Der Preis wird von der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) in Kooperation mit der Österreichischen Computergesellschaft (OCG) und der Schweizer Informatik Gesellschaft (SI) sowie der Prof.-Balzert-Stiftung ausgeschrieben und verliehen.

Das Ehepaar Balzert weiß aus eigener Erfahrung, wie herausfordernd es ist, komplexe informatische Konzepte didaktisch gut aufzubereiten. Aus diesem Grund ist eines ihrer Kernanliegen, die didaktisch optimale Vermittlung von Informatik-Inhalten unter Einsatz digitaler Möglichkeiten in der Hochschul- und Erwachsenenbildung zu fördern. Sie wollen Lehrende dazu motivieren, digitale Möglichkeiten wie Animationen, Simulationen, Mikrowelten, Rollenspiele, Experimentieren, soziale Lernumgebungen, Adaptivität, individuelle Lernpfade oder Lernspiele für die Didaktik nutzbar zu machen.

Abb. 6 Martin Glinz, Vorstandsmitglied der SI, Preisstifter Helmut & Heide Balzert, Preisträger Stefan Seegerer, GI-Vizepräsidentin Ulrike Lucke, OCG-Geschäftsführer Ronald Bieber, v.l. (Quelle: Fabian Hammerl)

Der Preis wird jährlich für eine hervorragende Arbeit aus einem der folgenden Felder vergeben:

- Digitale Vermittlung schwieriger Sachzusammenhänge der Informatik mittels innovativer Didaktik
- didaktische Konzepte und deren innovative Nutzung für Informatik-Inhalte, etwa in Lehrbuchform in Verknüpfung mit Online-Interaktion und E-Learning
- digitale Überprüfung von Wissen, Kenntnissen und Fertigkeiten von Sachverhalten der Informatik sowie der Handlungskompetenz in der Informatik mittels innovativer Didaktik

Vorschlagsberechtigt für Einreichungen sind alle Universitäten und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Lehrende dieser Hochschulen dürfen Abschlussarbeiten (Bachelor, Master, Dissertationen und Habilitationen) für den Preis vorschlagen. Darüber hinaus können auch didaktisch herausragende Arbeiten vorgeschlagen werden, die in der Hochschulbildung oder Erwachsenenbildung eingesetzt werden.

Weitere Informationen zu Auswahlkriterien, Vorschlagsberechtigung und Einreichung finden sich unter: https://gi.de/balzert-preis (Abb. 6).

Aus den GI-Gliederungen

Fachbereich „Informatik in den Lebenswissenschaften“ vergibt Preis

Der ILW Förderpreis des gemeinsamen GI/GMDS Fachbereichs „Informatik in den Lebenswissenschaften (ILW)“ für die beste Masterarbeit wurde im September auf dem „International Symposium on Integrative Bioinformatics 2022“ in Konstanz überreicht. Die Preisträger sind Leonard Bohnenkämper (Universität Bielefeld) mit seiner Arbeit „Halving Natural Genomes“ und Jakob Troidl (TU Wien) mit seiner Arbeit „Spatial Neighborhood Analysis and Comparison for Nanoscale Brain Structures“. Wir gratulieren!

Aus dem AK „KI in Schulen“ des FB KI

Methoden und Techniken der Künstlichen Intelligenz (KI) spielen in zunehmendem Maße eine wichtige Rolle bei der Digitalisierung in Industrie und Gesellschaft. In den meisten Lehrplänen für den Informatikunterricht an Schulen werden sie jedoch nicht ausreichend berücksichtigt und darüber hinaus gibt es im deutschsprachigen Raum keine Unterrichtsmaterialien für Künstliche Intelligenz im Schulunterricht.

Der Arbeitskreis Künstliche Intelligenz in Schulen (KiS) https://fb-ki.gi.de/gliederungen/ak-ki-in-schulen-kis der Gesellschaft für Informatik (GI) möchte helfen, diese Situation zu verbessern: Mitglieder des Arbeitskreises trafen sich im März dieses Jahres zu einem Dagstuhl-Workshop, um ein Buchprojekt zu starten, bei dem grundlegende Konzepte und Methoden der Künstlichen Intelligenz in geeigneter Form für Lehrkräfte präsentiert werden. Das Autorenteam besteht aus Fachleuten aus der KI sowie aus der Informatikdidaktik. In diesem Beitrag sollen Methoden und Techniken aus der gesamten KI, also sowohl wissensbasierte, symbolischer Ansätze als auch statistische datengetriebene Verfahren behandelt werden. Darüber hinaus werden zu jedem Bereich Hinweise und Vorschläge für den Einsatz im Unterricht gegeben.

Tagungsankündigungen

Tagung „Mensch und Computer“ in Rapperswil

Die Konferenz „Mensch und Computer“ findet vom 3.–6. September 2023 in der Schweiz, in Rapperswil am schönen Zürichsee statt und wird von der OST – Ostschweizer Fachhochschule ausgerichtet. General Chairs der Konferenz sind Markus Stolze und Frieder Loch. Technical Program Chairs sind Matthias Baldauf und Florian Alt. Alle aktuellen Informationen finden sich auf der Konferenzhomepage: https://muc2023.mensch-und-computer.de/. Der Call for Papers wird am 11.01.2023 veröffentlicht.

Tagungsberichte

GI-Fachtagung PVM 2022: Virtuelle Zusammenarbeit und verlorene Kulturen

Nach zweijähriger coronabedingter Unterbrechung fand am 8.–9. September 2022 an der Universität Trier die siebte Fachtagung Projektmanagement und Vorgehensmodelle (kurz: PVM) der GI-Fachgruppen Projektmanagement (WI-PM) und Vorgehensmodelle (WI-VM) in Kooperation mit der Fachgruppe IT-Projektmanagement der GPM e. V. und dem PMI Germany Chapter in Präsenz statt.

Unter dem Leitthema „Virtuelle Zusammenarbeit und verlorene Kulturen“ reflektierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der PVM2022 die durch die Pandemie erlebten Veränderungen der Arbeitswelt und deren Implikationen für künftige Arbeits- und Kooperationsmodelle. Im wissenschaftlichen Teil der Tagung wurden hierzu Erkenntnisse aktueller Studien zu den neu entstandenen Formen der Zusammenarbeit aus wirtschaftlicher, technischer und auch kultureller Perspektive diskutiert. Hier zeigte sich, dass das Prinzip des gegenseitigen Vertrauens auch künftig die Basis einer professionellen Kooperationsarbeit bildet. Dieses muss heute vielfach wieder neu erarbeitet und professionalisiert werden. In den ergänzenden Future Tracks wurden u. a. moderne Ansätze der IT-Unterstützung diskutiert, z. B. der Beitrag KI-basierter Tools für die Vertrauensbildung in virtuellen oder hybriden Arbeitssituationen. Auch die Modernisierung und Ergänzung von Vorgehensmodellen wurden thematisiert, u. a. um ethische, rechtliche und soziale Aspekte ausreichend zu berücksichtigen.

Als Fazit der zweitägigen Tagung kann zusammengefasst werden, dass die Pandemie erstarrte Strukturen in vielen Unternehmen dauerhaft aufgebrochen hat. Diese gilt es neu zu formen und einen künftigen Modus Operandi der Kooperationsarbeit zu definieren. Die IT kann mit innovativen Lösungen einen Beitrag zur Wiederherstellung verlorener bzw. auch zur Entwicklung neuer Kulturen leisten, sowohl in den Projekten als auch in den Unternehmensprozessen. Die Tagung lieferte viele spannende Impulse, die auf der nächsten PVM2023 weiterdiskutiert werden (müssen). Alle Beiträge der PVM2022 wurden in den LNI (Band 327) veröffentlicht. Weitere Infos zur PVM-Tagungsreihe unter www.pvm-tagung.de (Abb. 7).

(Prof. Dr. Martin Engstler, GI-Fachgruppe Projektmanagement (WI-PM))

Abb. 7 Die Sprecher der GI-Fachgruppen WI-PM und WI-VM mit ihren Stellvertretern, zusammen mit dem Sprecher der Fachgruppe IT-Projektmanagement der GPM (von links: Prof. Dr. Oliver Linssen, Alexander Volland, Dr. Enes Yigitbas, Prof. Dr. Axel Kalenborn, Prof. Dr. Martin Engstler, Dr. Masud Fazal-Baqaie). (Quelle: GI)

GI-Tagungen

12.12.2022–15.12.2022

online
IT-Tage 2022
https://www.ittage.informatik-aktuell.de/

06.03.2023–10.032023

Dresden
20. Fachtagung für Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web
BTW 2023
https://btw2023-dresden.de/

18.09.2023–21.09.2023

Paderborn
18. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik
WI2023
http://www.wi23.de/

25.09.2023–27.09.2023

Berlin
INFORMATIK 2023
gs@gi.de

23.09.2024–27.09.2024

Wiesbaden
INFORMATIK 2024
gs@gi.de

Bundesweit Informatikbachwuchs fördern

IOI 2022: Silber und Bronze für den Informatik-Nachwuchs

Nachdem die Internationale Informatik-Olympiade (IOI) 2020 und 2021 ausschließlich nur als Online-Wettbewerb stattfinden konnte, trafen sich die Olympioniken aus mehr als 80 Ländern in diesem Jahr im indonesischen Yogyakarta. Das deutsche Team konnte sich bei dieser 34. Internationalen Informatik-Olympiade gleich über drei Medaillen und eine besondere Auszeichnung freuen: Lucas Schwebler aus Sandhausen erreichte eine Silbermedaille. Leandro Conte von der deutschen Schule in Rom und Johann Gaulke aus Königstein landeten in der oberen Hälfte des Teilnehmerfeldes und wurden dafür jeweils mit einer Bronzemedaille ausgezeichnet. Niklas Leinert aus Bonn erhielt eine Honorable Mention. Letztere erhält, wer lediglich an einem der zwei Wettbewerbstage in den Medaillenrängen ist. Und genau das war Niklas am ersten Tag.

Die deutschen Teilnehmer konnten jeweils bei allen sechs Aufgaben Punkte holen, Lucas Schwebler löste eine Aufgabe, die außer ihm nur von fünf anderen Teilnehmern bewältigt wurde. Er erreichte Platz 50 des mit 327 Jugendlichen aus 88 Nationen besetzten Teilnehmerfeldes.

Im nächsten Jahr wird die IOI in Ungarn stattfinden. Eine Chance auf Teilnahme haben u. a. die besten Teilnehmerinnen und Teilnehmer des 40. Bundeswettbewerbs Informatik. Die Endrunde des 40. Bundeswettbewerbs Informatik hat am 13. bis 16. September 2022 ausgerichtet von den Trägern der Bundesweiten Informatikwettbewerben (BWINF) – in Berlin stattgefunden (Abb. 8).

Abb. 8 Die deutsche Delegation bei der Siegerehrung der 34. Informatik-Olympiade in Indonesien (gemeinsam mit einer Mitarbeiterin der Veranstalter) (v.l.n.r.): Betreuer Manuel Gundlach, Philip Lukert sowie Johann Gaulke aus Königstein, er gewann Bronze, Niklas Leinert aus Bonn, der eine Honorable Mention erhielt und Lucas Schwebler aus Sandhausen mit Silber. (Quelle: BWINF)

Finale des 40. Bundeswettbewerbs Informatik: Deutschlands talentiertester Informatik-Nachwuchs ausgezeichnet

Für 26 junge Informatik-Talente aus ganz Deutschland war es ein großer Tag, rund ein Jahr nach dem Start des 40. Bundeswettbewerbs Informatik. Sie waren die Besten unter insgesamt 1615 teilnehmenden Schülerinnen und Schülern aus dem In- und Ausland. Das Finale wurde von der Gesellschaft für Informatik e. V., dem Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie und dem Max-Planck-Institut für Informatik in Berlin ausgerichtet.

Als Siegerinnen und Sieger gingen aus dem Finale hervor:

- Anna Polensky, 18, Braunschweig/Niedersachsen (Hoffmann-von-Fallersleben-Schule Gymnasium)
- Leandro Conte, 17, Rom (Deutsche Schule Rom)

Abb. 9 Christine Regitz (GI), Dr. Jens Brandenburg (Bundesministerium für Bildung und Forschung) links sowie Prof. Dr. Christoph Weidenbach (Max-Planck-Institut für Informatik) und Prof. Dr. Boris Otto (Fraunhofer IUK-Verbund) rechts zeichnen die sechs Bundessieger aus: Leandro Conte, Anton Nüske, Niels Glodny, Finnley Paolella, Johann Gaulke und Anna Polensky (v.l.n.r.)

- Johann Gaulke, 17, Königstein, Taunus/Hessen (Internatsschule Schloss Hansenberg)
- Niels Glodny, 17, Potsdam/Brandenburg (Humboldt-Gymnasium Potsdam)
- Anton Nüske, 17, Dresden/Sachsen (Martin-Andersen-Nexö-Gymnasium Dresden)
- Finnley Paolella, 19, Kronshagen/Schleswig-Holstein (Gymnasium Kronshagen)

Aufgrund seiner herausragenden Gesamtleistung wurde Johann Gaulke außerdem mit dem Ingo-Wegener-Preis ausgezeichnet.

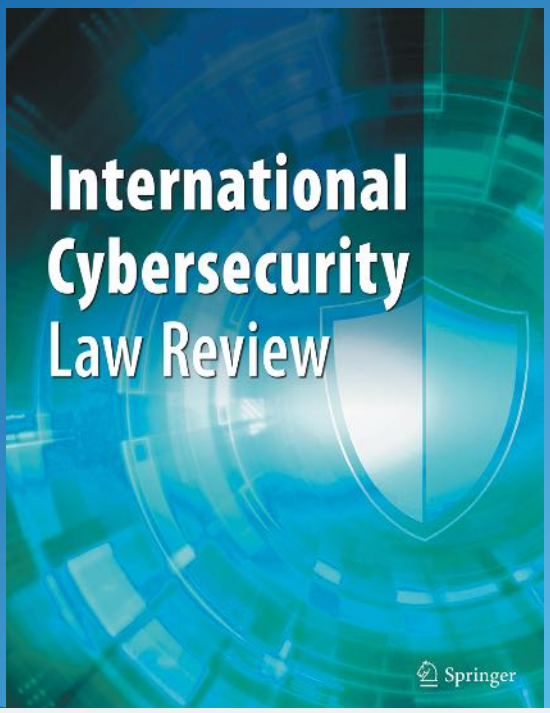
Weitere Preisträger sind:

- Kacper Darowski, 19, Mainburg/Bayern (Gabelsberger-Gymnasium Mainburg)
- Raphael Gaedtke, 17, Winnweiler/Rheinland-Pfalz (Hohenstaufen-Gymnasium Kaiserslautern)
- Philip Gilde, 17, Berlin (Rosa-Luxemburg-Gymnasium)
- Samuel Leßmann, 19, Jena/Thüringen (Carl-Zeiss Gymnasium Jena)
- Finn Rudolph, 17, Pommersfelden/Bayern (Gymnasium Höchstadt a. d. Aisch)
- Chuyang Wang, 18, Telgte/Nordrhein-Westfalen (Gymnasium Johanneum Ostbevern)

Nach zwei Jahren Corona-bedingter Distanz war es das erste Mal, dass die Endrunde des Wettbewerbs wieder vor Ort stattfinden konnte. Der Bundeswettbewerb ist fachlich so anspruchsvoll, dass die Gewinnerinnen und Gewinner in der Regel in die Studienstiftung des deutschen Volkes aufgenommen werden. Die Jüngeren unter den Finalistinnen und Finalisten bekommen zudem die Chance, sich für das deutsche Team bei der Internationalen Informatik-Olympiade in Ungarn 2023 zu qualifizieren (Abb. 9).

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Editor-in-Chief:
Dennis-Kenji Kipker



International Cybersecurity Law Review

Zeitschrift für Cybersicherheit und Recht

International Cybersecurity Law Review - Zeitschrift für Cybersicherheit und Recht

The International Cybersecurity Law Review (ICLR) is chiefly aimed at professionals interested in developments in international cybersecurity, data security, technology, law and regulation. Articles deal with compliance and security regulation, as well as related issues around the globe. Thus, ICLR is providing crucial and reliable information for anyone who is doing IT related business internationally.

Die International Cybersecurity Law Review (ICLR) richtet sich vor allem an Fachleute, die sich für Entwicklungen in den Bereichen internationale Cybersicherheit, Datensicherheit, Technologie, Recht und Regulierung interessieren. Die Artikel befassen sich mit der Einhaltung von Vorschriften und Sicherheitsbestimmungen sowie mit verwandten Themen rund um den Globus. Somit stellt ICLR entscheidende und zuverlässige Informationen für jeden bereit, der international im IT-Bereich tätig ist.

Jetzt bestellen auf springer.com/shop oder in Ihrer Buchhandlung

Part of SPRINGER NATURE

A95443