

# Autonomik – Skizze einer neuen Disziplin

**Autoren:**

Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer

Dr.-Ing. Rasmus Adler

Dr.-Ing. Patrick Wolf

IESE-Report Nr. 005.25/D

Version 1.0

17. April 2025

---

Eine Publikation des Fraunhofer IESE



Das Fraunhofer IESE ist ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft. Das Institut transferiert innovative Software-Entwicklungstechniken, -Methoden und -Werkzeuge in die industrielle Praxis. Es hilft Unternehmen, bedarfsgerechte Software-Kompetenzen aufzubauen und eine wettbewerbsfähige Marktposition zu erlangen.

Das Fraunhofer IESE steht unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer

Fraunhofer-Platz 1  
67663 Kaiserslautern



## Abstract

Technologische Zukunftsvisionen wie autonome Produktion in der Industrie 4.0, selbstfahrende Transportsysteme in der smarten Mobilität oder die Kopplung eines autonomen Energienetzes mit einer autonomen elektrifizierten Mobilität in einer smarten Stadt basieren auf technologischen Fortschritten durch Einzelwissenschaften. Dazu gehören Künstliche Intelligenz (KI) als Teilbereich der Informatik aber auch technologischen Errungenschaften anderer Einzelwissenschaften. Die Spezialisierungen sind jeweils notwendig, um etablierte Lösungen weiterzuentwickeln und damit die technologische Basis für die Umsetzung von Zukunftsvisionen zu schaffen.

Im Hinblick auf deren Umsetzung sind interdisziplinäre Kooperationen der Einzelwissenschaften allerdings unabdingbar und erweisen sich zunehmend als Flaschenhals. Bestehende fakultätsübergreifende Studienangebote zu Autonomen Systemen, ergänzen interdisziplinäre Kooperationen wie die Mechatronik oder die Robotik um bestimmte (meist technische) Teilaspekte wie „vernetzte Intelligenz“ oder „intelligente Automatisierung“ für bestimmte Anwendungsbereiche wie autonome „Produktion“, autonomes „Fahren“ oder autonomes „Fliegen“. Wirtschaftswissenschaftliche, arbeitswissenschaftliche, rechtswissenschaftliche und andere nicht-technische Aspekte stehen dabei nicht im Fokus und werden eher in den entsprechenden nicht-technischen Disziplinen betrachtet.

Vor diesem Hintergrund, motiviert und beleuchtet dieser Bericht die Einführung einer neuen, interdisziplinären Wissenschaftsdisziplin, der Autonomik. Diese erlaubt es autonome Systeme ganzheitlich zu betrachten, zu entwickeln und einsetzen zu können, jeweils unter der Berücksichtigung der Hürden zur Umsetzung von Zukunftsvisionen. Da diese Hürden nicht rein technischer Natur sind, ist die Autonomik eine bereichsübergreifende Disziplin. Sie stellt die Grundlage für ein umfassendes Verständnis autonomer Systeme und deren Einsatz in sich ändernden und transformierenden Bedingungen dar.

**Schlagworte:** Autonomik  
Whitepaper



# Inhaltsverzeichnis

	<b>Vorwort von Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer.....</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Motivation und Problemstellung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Was ist Autonomik? .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Verwandte Initiativen zur Autonomik.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Weiterführende Gedanken zur Autonomik.....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>10</b>



## Vorwort von Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer

Ich bin überzeugt, dass wir in vielen Bereichen zunehmend autonome Systeme antreffen werden. Für diese Einschätzung gibt es gute Gründe: Durch das Zusammenwachsen – die Vernetzung – von bisher getrennten Systemen entstehen so große, offene, heterogene „Systeme aus Systemen“, dass Menschen mit deren manueller Steuerung oft überfordert sein werden. Es fehlt ihnen an Übersicht oder auch an Reaktionsgeschwindigkeit. Das sogenannte „Smart Grid“ – also das neue Verteilsystem für elektrische Energie – ist ein Beispiel, anhand dessen man diesen Sachverhalt gut erläutern kann: Wenn Sonnenschein darüber entscheidet, ob viele tausend Haushalte durch Photovoltaik erzeugte Energie in das Netz abgeben oder aus dem Netz Energie beziehen, so muss das System selbstständig dafür sorgen, dass die Energiebilanz ausgeglichen ist. Menschen würde diese Aufgabe überfordern. Autonomes Handeln ist aber auch erforderlich, um bestimmte Vorhaben wirtschaftlich zu realisieren. So erfordert die Grundidee von Industrie 4.0, massenindividualisierte Produkte zu produzieren, eine flexible Produktionsumgebung, die sich autonom auf geänderte Anforderungen einstellen muss. Der manuelle Umbau durch Menschen würde die massenindividualisierte Produktion wohl in den meisten Fällen wirtschaftlich unattraktiv machen. Und schließlich gibt es noch die Motivation der Komfortsteigerung: Wir benötigen autonomes Fahren nicht deshalb, weil Menschen dazu nicht in der Lage wären, sondern weil es recht angenehm wäre, Fahrzeiten für sinnvollere Tätigkeiten zu nutzen, als sich ausschließlich auf den Straßenverkehr zu konzentrieren.

Einerseits ist der zu erwartende Nutzen autonomer Systeme oft sehr hoch; andererseits sind keineswegs alle Fragestellungen im Zusammenhang mit autonomen Systemen bereits beantwortet. Es gibt ungelöste technische Herausforderungen, die z.B. den Aspekt der umfassenden Sicherheit und das heißt insbesondere das Wechselwirken von Security (Datensicherheit) und Safety (Funktionssicherheit) betreffen. Für die gemeinsame Analyse dieser Eigenschaften gibt es kaum akzeptierte Verfahren und insbesondere keine Standards. Auch die Verwendung von Komponenten, die künstliche Intelligenz nutzen, wird aktuellen Standards folgend in sicherheitskritischen Anwendungsbereichen nicht empfohlen, aber natürlich werden z.B. „Machine Learning“-Techniken eine wesentliche Rolle spielen, so dass Methoden gefunden werden müssen, um derartige Verfahren auch in kritischen Anwendungen nutzen zu können. Schließlich stellt sich die Frage, welche Prinzipien die Architektur autonomer Systeme beachten muss. Hinzu treten rechtliche und auch ethische Fragen.

Der technische Fortschritt ist seit Beginn der Industrialisierung durch eine Abfolge von Querschnittstechnologien gekennzeichnet, die in praktisch allen Anwendungsbereichen massive Veränderungen bewirkt haben. Auf den Maschinenbau, der die Industrialisierung ermöglicht hat, folgte im 20. Jahrhundert die Elektrotechnik. Die aktuelle querschneidende Disziplin im 21. Jahrhundert ist die Informatik, die den Beitrag der Digitalisierung leistet. Der sich daran anschließende Schritt

könnte darin bestehen, querschneidend Autonomie zu realisieren. Dafür müsste eine neue Disziplin entstehen – die Wissenschaft der autonomen Systeme. Analog zur Informatik könnte man sie als „Autonomik“ bezeichnen. Ich habe den Eindruck, dass wir uns aktuell bereits auf dem Weg dorthin befinden und bin überzeugt, dass die Zeit reif ist, die neue Disziplin „Autonomik“ zu gestalten.

# 1 Motivation und Problemstellung

Autonome Systeme bieten ein enormes Potenzial zur Lösung drängender gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und ökologischer Herausforderungen [Acatech 2017]. Intelligente Informationssysteme und autonome Roboter können dem Fachkräftemangel entgegenwirken, indem sie eigenständig komplexe Arbeitsaufgaben lösen. Weiterhin können autonome Systeme in spezialisierten Anwendungen menschliche Fähigkeiten übertreffen und bieten dadurch ein enormes Potenzial, um Energiesysteme, Mobilitätssysteme und viele andere Systeme effizienter, nachhaltiger und sicherer zu gestalten.

Diese Vision der digitalen Transformation durch autonome Systeme ist in verschiedenen Positionspapieren [Acatech 2017], [SafeTRANS 2019] und Forschungsagenden [Adler et al. 2024] ähnlich beschrieben. Die konkrete Umsetzung autonomer Lösungen wird in vielen Bereichen allerdings nicht nur durch die technologischen Möglichkeiten begrenzt, sondern auch durch unpassende strukturelle Gegebenheiten wie regulatorische Rahmenbedingungen, gesellschaftliche Akzeptanz und fehlende Anreize von Stakeholdern in der Wertschöpfungskette. Dementsprechend gibt es bei autonomen Systemen spezifische, anwendungsübergreifende, wiederkehrende Fragestellungen, die nicht aus rein technischer Perspektive beantwortet werden können. Dazu gehören die Festlegung der Markteintrittshürde, die Klärung der Haftung bei Schäden durch den Einsatz autonomer Systeme, aber auch ethische und sozioökonomische Aspekte.

Aktuelle Einzelwissenschaften und aktuelle interdisziplinäre Kooperationen der Einzelwissenschaften dienen nicht dazu die strukturellen Gegebenheiten, die eine sinnvolle Autonomisierung von Technik hemmen, ganzheitlich zu durchdringen und zu transformieren. Das Erfassen dieser ist jedoch wesentlich, um autonome Technik zu entwickeln und so einzusetzen, dass ökonomische, soziale und ökologische Ziele dauerhaft erreicht werden können. Bestehende Disziplinen stoßen aufgrund der hohen Komplexität aktueller disziplinenübergreifender Herausforderungen zunehmend an ihre Grenzen. Häufig werden aus dem Blick einer Einzelwissenschaft wesentliche Aspekte anderer Einzelwissenschaften nicht ausreichend berücksichtigt, die jedoch notwendig sind, um die sozialen und ökologischen Auswirkungen zu verstehen und zu steuern. Um diesen Bedarfen gerecht zu werden, benötigt es analog zur Informatik, die maßgeblich zur Digitalisierung

beigetragen hat, eine neue Disziplin zu der Wissenschaft der autonomen Systeme, welches die „Autonomik“ [Liggesmeyer 2017] ist.

Im Folgenden skizzieren wir die Autonomik als bereichsübergreifende Disziplin (Kap. 2), welche es erlaubt autonome Systeme zu entwickeln und einzusetzen. Der Gedanke querschnittlicher Wissenschaftsdisziplinen und Curricula ist nicht gänzlich neu, weswegen wir auf diese in Kapitel 3 Bezug nehmen und uns zu bestehenden Initiativen, die sich mit autonomen Systemen befassen, abgrenzen. Nachfolgend, im vierten Kapitel, vertiefen wir die Diskussion zur Autonomik, stellen Ideen zur zukünftigen Ausgestaltung vor und schließen mit einem Resümee und Ausblick ab (s. Kap. 5).

## 2 Was ist Autonomik?

Autonomik ist eine bereichsübergreifende Disziplin, die Einzelwissenschaften im Hinblick auf autonome Systeme schärft, ergänzt und zusammenführt. Sie ist die Disziplin, um autonome Systeme zu entwickeln und sinnvoll einzusetzen. Sie kann analog zur Informatik als neue Querschnittsdisziplin mit einem interdisziplinären Ansatz als Kern aufgefasst werden, der Technik, Arbeitswelt und Gesellschaft gleichermaßen berücksichtigt.

Einer der Kernbereiche besteht aus relevanten Gebieten der technischen Ingenieurwissenschaften<sup>1</sup>. Robotik, praktische/technische Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau und potenziell weitere Technikwissenschaften bringen Grundlagen für das Engineering von physischen autonomen Systemen als auch für das autonome Management von vernetzten (autonomen) „Dingen“ im Internet der Dinge. Dieser Bereich wird im Folgenden als technische Autonomik zusammengefasst.

Ein weiterer Bereich besteht aus relevanten Gebieten der Geistes- und Sozialwissenschaften<sup>2</sup>. Dazu zählen beispielsweise Teilgebiete der Rechts-, Wirtschafts- und der Sozialwissenschaften. Diese Teilgebiete, wie Ökonomik, Soziologie oder Organisationsentwicklung, sind notwendig, um zu verstehen, wie sich autonome Technik mit anderen Systemen wechselwirkt und wie sie sich aufgrund dieser Wechselwirkungen einführen und kontrollieren lässt oder welche Anpassungen, z. B., über Gestaltung von autonomer Technik oder Recht (politische Jurisprudenz), sinnvoll wären. Dieser Bereich wird im Folgenden als Sozioautonomik zusammengefasst.

Ein dritter Bereich sind relevante Strukturwissenschaften<sup>3</sup>. Systemtheorie, Komplexitätstheorie und weitere Theorien bieten die Grundlage für Anwendungen

---

<sup>1</sup> Gemäß der DFG-Fachsystematik für die Amtsperiode 2024-2028 entspricht dies vor allem der Informatik, System- und Elektrotechnik (44) sowie Maschinenbau und Produktionstechnik (41), ist aber aufgrund der Interdisziplinarität nicht exklusiv auf diese beschränkt.

<sup>2</sup> Vor allem die Sozial- und Verhaltenswissenschaften (12), aber auch in Teilen die Geisteswissenschaften (11) wie Philosophie.

<sup>3</sup> Dieser Bereich findet sich nicht explizit in der DFG-Fachsystematik wieder. Stattdessen fasst er querschnittlich Aspekte der Naturwissenschaften wie Mathematik (33), Physik (32) und der zuvor genannten Kerne wie Systemtechnik zusammen.

## Was ist Autonomik?

durch die relevanten Ingenieurs- und Geisteswissenschaften. Sowohl Ingenieurs- als auch Geisteswissenschaften brauchen diese Theorien, um die betrachte autonome Technik und deren Wechselwirkungen mit anderen Systemen zu verstehen und zu gestalten. Der strukturwissenschaftliche Teil soll nicht nur das Handwerkzeug bieten, um dynamische Systeme, Systeme aus Systemen, Emergenz, Kippunkte, Resilienz und verwandte Entitäten zu untersuchen, sondern auch notwendige inter- und transdisziplinäre Systemdenken schulen. Dieser Bereich wird im Folgenden als theoretische Autonomik zusammengefasst.

Die theoretische Autonomik bietet die Grundlage für die technische Autonomik und die Sozioautonomik. Ein Grundlagenstudium der Autonomik würde aber aus allen drei Bereichen die wichtigsten, zueinanderpassenden Elemente beinhalten.

### 3 Verwandte Initiativen zur Autonomik

Im Folgenden werden verwandte Initiativen zur Autonomik an deutschen Hochschulen präsentiert. Insgesamt wurden fünf Studiengänge in Deutschland mit einem Schwerpunkt zu autonomen Systemen und ein Studiengang zur Sozioinformatik identifiziert.

Die Universität Stuttgart bietet einen Studiengang „Autonome Systeme“<sup>4</sup> an. Es werden die Studienprofile „Vernetzte Intelligenz“ und „Intelligente Automatisierung“ angeboten. Der Studiengang wird dem Studienbereich der „Elektrotechnik und Informationstechnik“ zugeordnet und der Fächergruppe der „Ingenieurwissenschaften“. Er fokussiert auf den ersten Bereich der Autonomik aber vernachlässigt dabei den bereichsübergreifenden Charakter der Autonomik. Es sind zwar drei Fakultäten („Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik“, „Energie-, Verfahrens- und Biotechnik“, „Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik“) beteiligt aber die Beteiligungen zielen lediglich auf den ingenieurwissenschaftlichen Aspekt autonomer Systeme ab.

Analog offeriert die Universität Lübeck einen Studiengang „Robotik und Autonome Systeme“<sup>5</sup>. Der Studiengang fokussiert auf ingenieurwissenschaftliche Aspekte autonomer Robotik mit Schwerpunktfeldern in der Service- und Pflegerobotik. Somit ist er ebenfalls auf den ersten Bereich der technischen Autonomik limitiert.

Ebenfalls auf die technische Seite von autonomen Systemen fokussiert die technische Universität Darmstadt mit dem Studiengang „Autonome Systeme und Robotik“<sup>6</sup>. Die Studiengangsbeschreibung wirbt für den Kompetenzerwerb zur Gestaltung und Anwendung von intelligenten Robotern und den diesbezüglichen Perzeptions- und Steuerungskonzepten.

---

<sup>4</sup> <https://www.uni-stuttgart.de/studium/studienangebot/Autonome-Systeme-M.Sc./>, aufgerufen am 06.05.2025

<sup>5</sup> <https://www.uni-luebeck.de/studium/studiengaenge/robotik-und-autonome-systeme.html>, aufgerufen am 06.05.2025

<sup>6</sup> [https://www.tu-darmstadt.de/studieren/studieninteressierte/studienangebot\\_studiengaenge/studiengang\\_181440.de.jsp](https://www.tu-darmstadt.de/studieren/studieninteressierte/studienangebot_studiengaenge/studiengang_181440.de.jsp), aufgerufen am 06.05.2025

Der Studiengang „Autonomous Systems“<sup>7</sup> der staatlichen Hochschule Bonn-Rhein-Sieg bündelt Themen rund um KI und Autonome Systeme und weist einen starken Robotikfokus auf. Im Kontext der Autonomik werden erneut lediglich technische Aspekte rund um autonome Systeme adressiert.

Abschließend vermittelt auch das Studium zu „Autonomy Technologies“<sup>8</sup> an der staatlichen FAU Erlangen-Nürnberg den Studierenden technisches Wissen zu Hardware- und Softwarekomponenten und ein tieferes Systemverständnis.

Im Hinblick auf den Bereich der Sozioautonomik gibt es nur eine nennenswerte Initiative: Die Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau bietet einen Studiengang „Sozioinformatik“<sup>9</sup> an. Sozioinformatik beschäftigt sich vorrangig mit der Analyse und Modellierung der Wechselwirkungen von Gesellschaft und Informatik, der Co-Evolution von gesellschaftlichen Normen und Prozessen, und der Software, die sie dabei unterstützt. Im Unterschied zur Idee der Sozioautonomik betrachtet er Gesellschaft und Informatik anstatt Gesellschaft und autonome Technik.

Andere Studiengänge, die Technik im ökologischen, sozialen und ökonomischen Kontext betrachten sind typischerweise im Bereich der Nachhaltigkeit angesiedelt. Im Rahmen von Physik oder Mathematik können Themen aus dem der theoretischen Autonomik studiert werden. Beispielsweise bietet die Universität Potsdam eine Vorlesung Complexity Science für die Studiengänge Physik und Mathe. Es gibt aber keinen Studiengang, der auf die Anwendungen dieser Theorien im Bereich der technischen Autonomik oder der Sozioautonomik abzielt.

Zusammenfassend sind die bestehenden Initiativen und Curricula rund um autonome Systeme an deutschen Universitäten und Hochschulen bereits interdisziplinär aufgestellt, fokussieren jedoch ausschließlich interdisziplinäre Aspekte der Informatik, System- und Elektrotechnik. Das hier vorliegende Verständnis der Autonomik als neue Wissenschaftsdisziplin ist deutlich weiter gefasst, indem es die technische Autonomik um Sozioautonomik und Strukturwissenschaften ergänzt.

---

<sup>7</sup> <https://www.h-brs.de/de/inf/studienangebot/master/autonomous-systems>, aufgerufen am 06.05.2025

<sup>8</sup> <https://www.fau.de/studiengang/autonomy-technologies-bsc/>, aufgerufen am 06.05.2025

<sup>9</sup> <https://www.cs.rptu.de/studium/studiengaenge/bm-si/>, aufgerufen am 07.05.2025

## 4 Weiterführende Gedanken zur Autonomik

Den Kern eines Curriculums für Autonomik (siehe Abbildung) soll eine fundierte Methodenausbildung bilden, die das trans- und interdisziplinäre Arbeiten erlaubt. Ebenso sind technischen Grundlagen, Systemtheorie für Autonomik, Systems Engineering wesentliche Inhalt einer Kernautonomik, um eine umfassende Digital- und Transferkompetenz zu gewährleisten. Der Kern setzt sich dabei aus den wesentlichen Grundlagen der einzelnen Autonomikvertiefungen zusammen.

Anknüpfend an diesen theoretischen Kern der Autonomik erfolgt die jeweilige Vertiefung in den Disziplinen der Autonomik. Denkbar sind Vertiefungen wie Wirtschaftsautonomik, Sozioautonomik, aber auch klassische technische Vertiefungsrichtungen wie systemische Autonomik mit Anwendungen in den Informationswissenschaften, Robotik oder der Elektrotechnik.

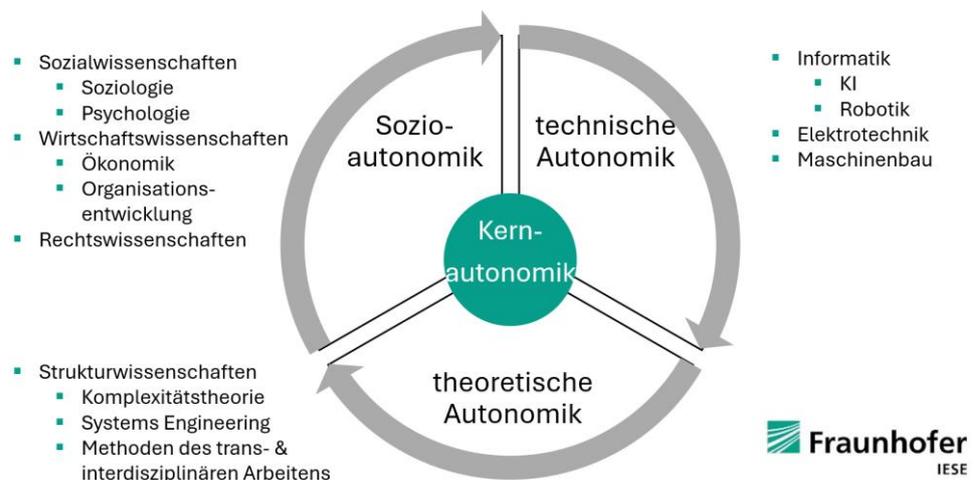


Abb.: Curriculum der Autonomik

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Autonomik stellt eine neue Wissenschaftsdisziplin dar, die als konsequentes Weiterdenken der Informatik verstanden werden kann. Sie vereint technische Aspekte mit Wirtschafts-, Sozial- und Gesellschaftswissenschaften, um autonome Systeme zu entwickeln und einzusetzen, die maßgeblich zur Lösung drängender gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und ökologischer Herausforderungen beitragen.

Ein nächster Schritt ist das Entwickeln eines fundierten curricularen Konzepts für die Autonomik. Perspektivisch wird die Autonomik einen prägenden Charakter im Kontext der digitalisierten Gesellschaft haben. Autonomik wird hierbei die Grundlage zum umfassenden Einsatz autonomer Systeme bilden, die zukünftig die Art zu Lernen, die Art zu Arbeiten und zu Leben verändern werden indem aktuell bestehende Limitationen überwunden werden.

## Literatur

- [Acatech 2017] Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum: Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Langversion, Abschlussbericht, Berlin, April 2017
- [Adler et al. 2024] Adler, R.; Elberzhager, F.; Falcão, R.; Siebert, J. Defining and Researching “Dynamic Systems of Systems”. *Software* 2024, 3, 183-205. <https://doi.org/10.3390/software3020009>
- [Liggesmeyer 2017] Liggesmeyer, P. Autonome Systeme. *Informatik Spektrum* 40, 399 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00287-017-1046-1>
- [SafeTRANS 2019] Safety, Security, and Certifiability of Future Man-Machine Systems. Ergebnisse des SafeTRANS-Arbeitskreises Resilient, Learning, and Evolutionary Systems, Oldenburg, Dezember 2019



# Dokumentinformation

Titel: Autonomik – Skizze einer neuen Disziplin

Datum: 17. April 2025  
Report: IESE-005.25/D  
Status: Final  
Klassifikation: Öffentlich

Copyright 2025, Fraunhofer IESE.  
Alle Rechte vorbehalten. Diese Veröffentlichung darf für kommerzielle Zwecke ohne vorherige schriftliche Erlaubnis des Herausgebers in keiner Weise, auch nicht auszugsweise, insbesondere elektronisch oder mechanisch, als Fotokopie oder als Aufnahme oder sonst wie vervielfältigt, gespeichert oder übertragen werden. Eine schriftliche Genehmigung ist nicht erforderlich für die Vervielfältigung oder Verteilung der Veröffentlichung von bzw. an Personen zu privaten Zwecken.