

Nachhaltigkeit in der Informatik

Diese Wiki-Seite dient zum Sammeln von Informationen, wie Nachhaltigkeitsaspekte in die Lehre in den Studiengängen Informatik, Softwaretechnik und Data Science integriert werden könnten. Hierzu lohnt sich insbesondere der Blick auf andere Hochschulen.

Aktueller Stand

Definition "Nachhaltigkeit in der Informatik"

Es gibt keine einheitliche Definition, was Nachhaltigkeit in der Informatik bedeutet. Nachfolgend ein paar Konzepte, die jeweils versuchen, Nachhaltigkeit in Bezug zu Informatik bzw. Informationstechnik zu definieren...

5 Domains by Karlskrona Manifesto

[blocked URL](#)

Visualization by [Luís Cruz](#).

Karlskrona Manifesto: C. Becker et al. (2015). Sustainability Design and Software: The Karlskrona Manifesto. <https://doi.org/10.1109/ICSE.2015.179>

TING-D

Nachhaltigkeitsverständnis TING-D: Nachhaltigkeit in Bezug auf **T**echnik, **I**ndividuum, **N**atur, **G**esellschaft und **D**emokratie (Inspiration durch [#gnuHU](#)):

- Technische Nachhaltigkeit: Freie Software, offene Protokolle, ...
- Individuelle Nachhaltigkeit: Datenschutz, Datensouveränität, Autonomie des Users, ...
- Naturbezogene / ökologische Nachhaltigkeit: Energieeffizienz, digitale Suffizienz, Nutzung erneuerbarer Energien, ...
- Gesellschaftliche Nachhaltigkeit: Unterstützung von zivilgesellschaftlichem Engagement, demokratische Partizipation, ...
- Demokratische Nachhaltigkeit: Veränderungen an der Software ist durch alle möglich, Zusammenarbeit ermöglichen, ...

Tech Doughnut

Der [Tech Doughnut](#) ist inspiriert durch das Modell der Donut-Ökonomie von Kate Raworth.

[Seven ways](#) to transform our thinking and imagination, from the old economic thinking of the 20th century, to the thinking we will need to guide us towards a new goal for humanity:

1. [Change the goal](#)
2. [See the big picture](#)
3. [Nurture human nature](#)
4. [Get savvy with systems](#)
5. [Design to distribute](#)
6. [Create to regenerate](#)
7. [Be Agnostic about Growth](#)

KIF500: Resolution Nachhaltigkeitsaspekte in der Lehre

Verabschiedet am 29. Mai 2022

https://wiki.kif.rocks/wiki/KIF500:Resolutionen/Nachhaltigkeitsaspekte_in_der_Lehre

Die 50,0. Konferenz der deutschsprachigen Informatikfachschaften fordert, einen stärkeren Fokus auf Nachhaltigkeit im Informatikstudium zu legen.

Studierende sollten sich im Laufe ihres Studiums mit den Folgen der erlernten Technologien mit Bezug auf die Klimakrise auseinandersetzen.

- *Studierende als (zukünftige) Informatiker:innen sollen sich ihrer Verantwortung für Klimagerechtigkeit bewusst sein, vor allem als Teil des Globalen Nordens [1].*
- *Studierende müssen sich in ihrem Arbeitsalltag und auch jetzt schon mit der Klimakrise und ihren Auswirkungen beschäftigen.*

Die KIF fordert, mindestens ein Nachhaltigkeitsmodul im Bachelor-Studium einzurichten. Weiterhin sollen vielfältige Nachhaltigkeitsaspekte in allen Modulen eingebunden werden, in denen es sinnvoll möglich ist.

Lehrangebote mit Nachhaltigkeitsbezug an der Universität Stuttgart

Name	Art	Umfang	Inhalte	Anmerkungen
Computer ethik	Fachübergreifende Schlüsselqualifikation	3 LP	Zunächst werden die Grundprinzipien der Ethik dargelegt, wie sie für die Betrachtung der Computer-Ethik von besonderer Bedeutung sind. Anschließend wird anhand von Fallbeispielen/-studien demonstriert, unter welchen ethischen Gesichtspunkten Problemstellungen des Einsatzes von Computern behandelt werden können. Die Beispiele stammen aus dem Bereich der Medizin, der Technik sowie des täglichen Lebens	Mitwirkende: ■ Michael Resch (HLRS) ■ Nico Formanek ■ Jörn Wiengarn

Lehrangebote mit Nachhaltigkeitsbezug an anderen Hochschulen

Name	Hochschule	Verpflichtend? Wahlmodul?	Umfang	Inhalte	Anmerkungen
Ways of Thinking in Informatics	TU Wien	Informatik-Studierende im ersten Bachelor-Jahr	6 LP	• Responsible Thinking • Scientific Thinking • Design Thinking • Creative Thinking • ...	
Sustainable Technology	Hochschule Trier			• Einführung in die Energietechnik • Globale Systeme für erneuerbare Energien • Treibhausgase und Klimawandel • Ingenieurwesen und Energieeffizienz • Grüne IT • Lüftung und Klimatisierung • Nachhaltige Biotechnologie • Umweltgeotechnik	
Nachhaltige Softwaretechnik	Umwelt-Campus Birkenfeld (Hochschule Trier)	Wahlmodul	5 ECTS	• Begriffsbestimmung: Was macht Softwaretechnik und Software-Entwicklung nachhaltig? Was ist nachhaltige Software? • Mathematische Grundlagen (Optimierungsverfahren) • Advanced Sustainable and Green Software Engineering • Wiederverwendung und Modularisierung • Fortgeschrittene Methoden der Software-Entwicklung • Contextual Design • Design Patterns • Web Application Frameworks • Testverfahren • Soft Skills in der Software-Entwicklung	Dozent: Prof. Dr. Stefan Naumann Teil der Vertiefungsrichtung <i>Sustainability and Information Systems</i>
Nachhaltigkeit und IT	Uni Würzburg	Pflicht für Studierende des Bachelor-Studiengangs "Informatik und Nachhaltigkeit"	5 ECTS	• Gesellschaftlichen Herausforderungen bzgl. Nachhaltigkeit • Auswirkung der Informationstechnik durch ihre Bereitstellung und Nutzung, die Umwelt- und Nachhaltigkeitsbilanz der Informationstechnik • Möglichkeiten, nachhaltige IT Systeme zu schaffen	Dozent: Stefan Wunderer
Energy-Aware Engineering	Uni Würzburg		5 ECTS	• Bewertung von Energiebedarf und Energieeffizienz von technischen Systemen • Energiebewusste Mechanismen, um Daten (z.B. Sensordaten im IoT) zu übertragen und technische Systeme (Datenzentren und Clouds) zu betreiben	
Systems Benchmarking	Uni Würzburg	Wahlfach im Master Informatik	5 ECTS	• Performance-Engineering • Benchmarking von Softwaresystemen • Modellierung zur Performanz-Vorhersage	Dozent: Prof. Samuel Kounev
Technik und Ethik	TU Graz	Pflicht für Studierende des Studiengangs "Information and Computer Engineering"	2 ECTS	In der Lehrveranstaltung werden soziale, ethische und rechtliche Aspekte des Informations- und Computer Engineerings thematisiert. Nach einer generellen Einführung in ethische Theorien zu Technik fokussiert die Lehrveranstaltung auf zentrale ethische und rechtliche Herausforderungen von ICE. Anhand von Fallbeispielen werden aktuelle Fragestellungen, Konflikte und öffentliche Debatten sowie Normsetzungsprozesse diskutiert.	
Green Software Engineering	University of Minho	Wahlmodul im Master-Programm Software Engineering		Objectives: ■ Be able to instrument, monitor and measure the energy consumption of software systems. ■ Become aware of the impact of programming practices on energy consumption. ■ Become familiar with the research problems in the field of green software engineering.	Siehe Paper: Saraiva, J., Zong, Z., & Pereira, R. (2021). Bringing Green Software to Computer Science Curriculum: Perspectives from Researchers and Educators. <i>Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1</i> , 498–504. https://doi.org/10.1145/3430665.3456386
Green Computing Advanced Green Computing	Texas State University	Wahlmodul im Ph.D.-Programm Computer Science		Objectives: ■ Be able to understand the state-of-the-art research and best practices of industry in green computing. ■ Be able to identify and address new research problems in green computing. ■ Be able to understand the impact of different programming practices on software energy efficiency	Siehe Paper: Saraiva, J., Zong, Z., & Pereira, R. (2021). Bringing Green Software to Computer Science Curriculum: Perspectives from Researchers and Educators. <i>Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1</i> , 498–504. https://doi.org/10.1145/3430665.3456386
Service Oriented Design	Vrije Universiteit Amsterdam	Bei Wahl der Vertiefungsrichtung "Software Engineering and Green IT" verpflichtend	6 ECTS	■ Learn the notion of sustainability-quality, and how to include it in service oriented design (Knowledge and Understanding; Applying Knowledge and Understanding; Making judgements; Communication; Learning Skills). ■ ...	

Green Lab	Vrije Universiteit Amsterdam	Bei Wahl der Vertiefungsrichtung "Software Engineering and Green IT" verpflichtend	6 ECTS	- Understand and measure the impact of software over energy consumption. (Applying knowledge and understanding) (Making judgements) ...	
OpenHPI-Kurse (MOOCs) zu Clean-IT	Hasso-Plattner-Institut Potsdam	Freiwillig			Kurse: - clean-IT: Towards Sustainable Digital Technologies - Sustainable Software Engineering - Energy Efficient Programming Das HPI rechnet seinen Studierenden dafür ECTS-Punkte (European Credit Transfer System) an und empfiehlt dies auch anderen Hochschulen.
Seminar "Green Computing and Sustainability"	University at Buffalo	Wahlmodul		We will read and discuss state-of-the-art research on green computing, energy efficiency, and sustainability in the context of clouds, data centers, edge computing, and IoT.	Dozent: Prof. Tevfik Kosar
Informatik, Ethik, Gesellschaft	Universität Zürich	Wahlmodul im Bachelor	3 ECTS	Diese Vorlesung führt in ethische und gesellschaftliche Fragen der Technikentwicklung ein und zeigt deren Relevanz für die Informatik und Digitalisierung auf.	Dozent: Prof. Lorenz Hilty
Digitalization and Sustainable Development	Universität Zürich	Wahlmodul im Master	3 ECTS	The digital transformation involves both opportunities and risks for sustainable development. The course addresses how the digital transformation can help society to face the challenges of sustainable development as reflected in the UN Sustainable Development Goals (SDGs). It provides an overview of results from the emerging research field "Information and Communication Technology for Sustainability (ICT4S)".	Dozent: Prof. Lorenz Hilty
Sustainable Computing	University of Pau and Pays de l'Adour	Wahlmodul im Master Computer Science	4 ECTS	The objective of this course is to explain the notion of sustainable computing and Green IT, and to understand and practice the main concepts and approaches related to multi-platform energy measurement (PCs, servers, IoT, CPS, mobile), software eco-design, and green data centers and clouds.	Dozent: Dr. Adel Noureddine Artikel: Teaching Green and Sustainable Computing: Challenges and Ideas
Sustainable Software Engineering	TU Delft	Wahlmodul im Master Computer Science	5 ECTS	- LO1. Measure software energy consumption. - LO2. Automate carbon-awareness in software development. - LO3. Discuss sustainability principles. - LO4. Solve sustainability issues in real software projects. - LO5. Propose innovative strategies to monitor software sustainability.	Dozent: Luis Cruz Intro blog article: The Five Dimensions of Sustainable Software Engineering and How Education Can Help!
Green Software Engineering	HFT Stuttgart	Wahlmodul im Bachelor Informatik	?		Dozent: Prof. Gerhard Wanner
Current Development Trends in Environmental Informatics	HTW Berlin	Wahlmodul	?	The course focuses on teaching students how to develop energy-efficient and environmentally friendly software by optimizing the energy efficiency of software applications by, for example, writing energy-efficient algorithms or optimizing the performance of servers and data centers. For this purpose, the basic concepts of 'Green IT' are taught, and the Green Coding subfield is addressed. The course is divided into three modular parts: internal lectures, external lectures, and a practical part to manifest the theoretical knowledge.	Mitwirkend: Dennis Maximilian Junger Mehr Informationen: Junger, D., & Wohlgemuth, V. (2023). <i>Design and implementation of a lecture for teaching current green coding approaches and practices at the HTW berlin</i> (pp. 1197–1206). Gesellschaft für Informatik e.V. https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/43053

Spezialisierte Studiengänge zu "Informatik & Nachhaltigkeit"

Name	Abschluss	Hochschule	Anmerkungen
Umwelt- und Wirtschaftsinformatik	Bachelor of Science	Hochschule Trier	
Informatik und Nachhaltigkeit	Bachelor of Science	Universität Würzburg	existiert seit dem Wintersemester 2021/22
IT, Digitalization & Sustainability	Master of Science	Hochschule Luzern	
Sustainable ICT Solutions of Tomorrow	Master of Science	LUT University (Finnland) + Aalborg University Copenhagen	You can specialise in one of two areas – sustainable software engineering or sustainable ICT solutions
Erasmus Mundus Master's Programme Software Engineers for Green Deal	Master of Science	LUT University (Finnland) + University L'Aquila (Italien) + Vrije Universiteit Amsterdam (Niederlande)	

Studentische Organisationen im Kontext "Informatik & Nachhaltigkeit"

Name	Hochschule	Ziele	Projekte	Anmerkungen
------	------------	-------	----------	-------------

Hochschulgruppe Freie Software Freies Wissen (FSFW)	TU Dresden	• Verbreitung freier Software, insbesondere in Forschung und Lehre • Verbesserung von freier Software und zugehöriger Dokumentation • Steigerung der Zugänglichkeit von Wissen	tbd. • Veranstaltungen	Existiert seit 2014 Wiki: https://wiki.fsfw-dresden.de/doku.php
#gnuHU	HU Berlin	• Befreiung aus der Abhängigkeit von unfreier Software • Nutzung möglichst Freier Software	• FLOSS-Werkstatt Online-Lernwerkstatt für Free/Libre/OpenSource-Software und dezentralen, föderalen Softwareplattformen • AG Dezentrale Dienste Anbieten dezentraler Dienste (z.B. Mumble) • gnuHU-books Bereitstellung von gebrauchten Notebooks mit GNU/Linux für digital benachteiligte Menschen • gnuHU-LibreOffice Förderung von LibreOffice im Bildungsbereich gegen die Dominanz unfreier Office-Software wie Microsoft Office • gnuHU-linux Einführung eines GNU/Linux-Betriebssystems als Standard-Wahlalternative an allen öffentlichen Computerarbeitsplätzen der HU Berlin	Existiert seit 2017
Free & Open Source Software AG	TU Dortmund	• Unterstützung freier, quelloffener oder gemeinnütziger Projekte	siehe hier	Existiert seit 2016
digitalcourage Hochschulgruppe	Bielefeld & Bayreuth	• Datenschutz • gegen Internetüberwachung, Vorratsdatenspeicherung, ...		

Was bräuchte es?

Green Software Foundation: Green software should be part of higher education

<https://stateof.greensoftware.foundation/insights/green-software-higher-education/>

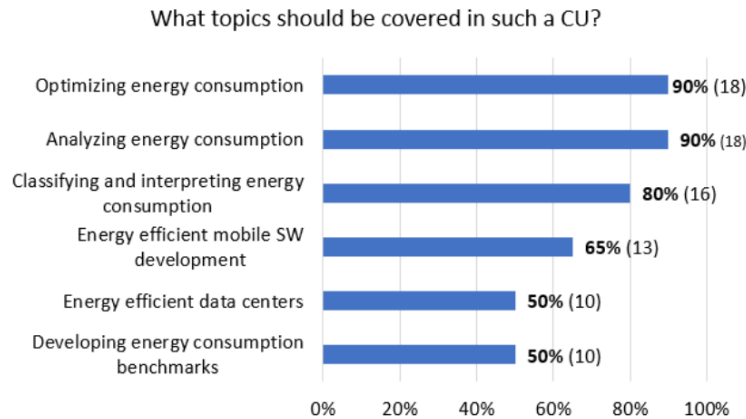
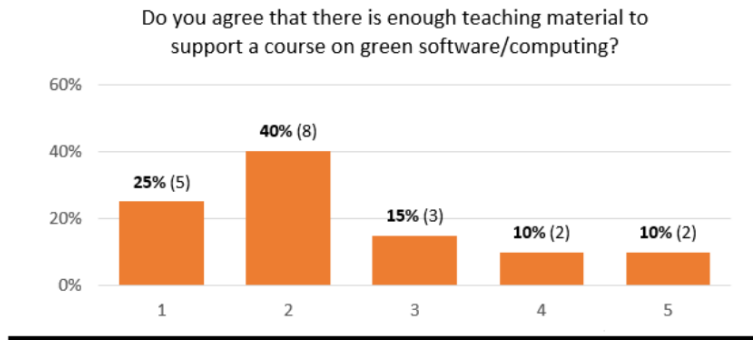
There is a skills gap right now, where engineers, designers, and user experience researchers with sustainability domain knowledge are desperately needed by the ICT industry and for the sake of the climate. However, many respondents to our [SOGS survey](#) expressed that current educational and training materials are woefully inadequate. 68% of respondents said more resources would help them and their employers implement green software.

Paper "Bringing Green Software to Computer Science Curriculum: Perspectives from Researchers and Educators"

Saraiva, J., Zong, Z., & Pereira, R. (2021). Bringing Green Software to Computer Science Curriculum: Perspectives from Researchers and Educators. Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1, 498–504. <https://doi.org/10.1145/3430665.3456386>

- "While research in green software is rapidly increasing, several recent studies with software engineers show that they still miss techniques and tools to develop greener software"
- "In fact, all those recent studies show that academia should not only advance state-of-the-art research in green software design, but also educate software engineers towards greener software development. Obviously, this education is best provided from the very beginning of a software engineer career. Unfortunately, today's undergraduate computer science (CS) education often fails to address our social and environmental responsibility"

- "Question: On a scale of (Highly Disagree) 1-5 (Highly Agree), do you agree that there is enough teaching material available to support a course on green software/computing?"



- "The quickly surging demand for energy efficient computing makes it no longer sufficient for traditional computer science curriculum to train our students with only performance-oriented programming skills and mindset. It is paramount to encourage students to "think green" and write greener code."
- Topics covered by the master level course "Green Software Engineering" (University of Minho):
 - strategic and aspect oriented programming (compute metrics and transform/refactor source code)
 - monitor energy consumption (with RAPL)
 - Red smalls + green refactorings (e.g. greenness of Java collections)
 - Concept "Energy debt" + monitoring (with E-Debitum plugin for SonarQube)
 - fault localization techniques e.g. SPELL)
 - Automatic energy-aware program repair
- "We strongly recommend integrating green computing/software modules "early" and "often" to existing courses in a way that enhances what is already taught and that melds naturally in a given course."

Weitere relevante Studien

- Penzenstadler B, Fleischmann A (2011) Teach sustainability in software engineering? In: 2011 24th IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T). IEEE, pp 454–458 82.
- Issa T, Issa T, Chang V (2014) Sustainability and green it education: practice for incorporating in the Australian higher education curriculum. *Int J Sustain Educ* 9(2):19–30 81.
- Pang, C., Hindle, A., Adams, B., & Hassan, A. E. (2016). What Do Programmers Know about Software Energy Consumption? *IEEE Software*, 33 (3), 83–89. <https://doi.org/10.1109/MS.2015.83>
- Torre, D., Procaccianti, G., Fucci, D., Lutovac, S., & Scanniello, G. (2017). On the Presence of Green and Sustainable Software Engineering in Higher Education Curricula. 2017 IEEE/ACM 1st International Workshop on Software Engineering Curricula for Millennials (SECM), 54–60. <https://doi.org/10.1109/SECM.2017.4>
- Gil D, Fernández-Alemán JL, Trujillo J, García-Mateos G, Luján-Mora S, Toval A (2018) The effect of green software: a study of impact factors on the correctness of software. *Sustainability* 10(10):3471
- Junger, D., & Wohlgemuth, V. (2023). *Design and implementation of a lecture for teaching current green coding approaches and practices at the HTW berlin* (pp. 1197–1206). Gesellschaft für Informatik e.V. <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/43053>
- Junger, D., Westing, M., Freitag, C. P., Guldner, A., Mittelbach, K., Obergöker, K., Weber, S., Naumann, S., & Wohlgemuth, V. (2024). *Potentials of green coding—Findings and recommendations for industry, education and science—Extended paper* (arXiv:2402.18227). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.18227>