

Green Coding

Effizienzsteigerung durch den intelligenten Einsatz von Software

Darstellung einer gemeinsamen Auffassung von Grüner Software

Green Coding

Mit dem besseren Code das Klima schützen

Digitale Technologien sind ein wesentlicher Treiber für den Klimaschutz und können einen bedeutenden Beitrag zur Erreichung der Klimaziele bis 2030 leisten^{1,2}. Dabei steckt nicht nur in der Hardware ein gewisses Effizienzpotenzial, sondern auch in der Software. „Software ist zwar immateriell – doch sie bestimmt ganz wesentlich mit, wie viel Strom die Hardware verbraucht und wie lange sie genutzt werden kann.“³ Denn: Jede Zeile Code der virtuellen Welt kann in der realen Welt zu CO₂-Emissionen führen, indem sie Rechenzentren und Endgeräte beansprucht, deren Energieverbrauch (sowohl bei der Herstellung als auch im Betrieb) und dessen Folgen für die Umwelt real sind.

In Deutschland werden pro Kilowattstunde erzeugtem Strom durchschnittlich 434 Gramm CO₂ verursacht.⁴ Bei einem Verbrauch von 513 TWh im Jahr 2022 wird die Bedeutung der Reduzierung des Energieverbrauchs für den Klimawandel schnell klar – 222,64 Tonnen CO₂.⁵ Die IT-Branche hat weltweit mittlerweile einen ähnlich hohen CO₂-Ausstoß wie die globale Luftfahrt.⁶ Die Digitalisierung kann durch einen strategischen Einsatz auch einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisten. Berechnungen von Bitkom⁷ zeigen, dass digitale Technologien netto insgesamt 43 bis 80 Millionen Tonnen CO₂ einsparen können. „Das sind [bundesweit] 14 bis 26 Prozent des genannten Minderungsziels in Höhe von 308 Millionen Tonnen CO₂. Diese Klimaeffekte ergeben sich nach Abzug des eigenen CO₂-Fußabdrucks der digitalen Technologien.“⁸ Bitkom schlussfolgert: „Das Einsparpotenzial digitaler Technologien ist [...] deutlich größer als der erzeugte CO₂-Ausstoß.“⁹

CO₂ Emission für erzeugten Strom
Deutschland 2022 ^{4,5}

434 Gramm CO₂ / KWh

513 TWh Verbrauch / Jahr

222,64 Tonnen CO₂ / Jahr

Der Green Coding-Ansatz bietet eine Hebelwirkung, um mit nachhaltiger Software die digitalen Technologien auszurüsten, so dass diese wiederum den Klimaschutz effizient vorantreiben. Green Coding steht dabei für eine umfassende Strategie, die sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile bietet, indem sie effiziente, ressourcenschonendere und längerfristig im Betrieb kostengünstigere Softwarelösungen hervorbringt.

1 [Klimaeffekte der Digitalisierung | Bitkom](#)

2 „Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz macht klare Vorgaben, den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren: Der Treibhausgasausstoß des Landes soll im Vergleich zu den Gesamtemissionen des Jahres 1990 bis 2030 um mindestens 65 Prozent und bis 2040 soll über eine schrittweise Minderung Netto-Treibhausgasneutralität („Klimaneutralität“) erreicht sein.“ [Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz, Baden-Württemberg](#)

3 [Grüne Informationstechnik | Umweltbundesamt](#)

4 [CO₂-Emissionen | Umweltbundesamt](#)

5 [CO₂-Emissionen | Umweltbundesamt](#)

6 [Techbrief | ACM](#)

7 Die Studie kann teilweise kritisch gesehen werden, da der positive Impact als zu hoch angesehen werden kann. Die umfassende Betrachtung der Rebound Effekte kann hier angeführt werden.

8 [Klimaeffekte der Digitalisierung | Bitkom](#)

9 [Klimaeffekte der Digitalisierung | Bitkom](#)

Green Coding verfolgt den Ansatz, dass mit Hilfe von modernem Software-Engineering der Energieverbrauch minimiert und die Hardware durch einen effizienten Gebrauch länger genutzt werden kann, beziehungsweise weniger Hardware für den Betrieb benötigt wird. Green Coding betrifft Anwender wie Entwickler und kann angesichts des starken Wachstums der Informationstechnologie (IT) -Branche einen wichtigen Teil zur Reduktion des Energieverbrauchs beitragen und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit stärken.

Green Coding bietet den Unternehmen in Baden-Württemberg eine Möglichkeit, ihre Verantwortung für die Umwelt noch stärker wahrzunehmen und gleichzeitig effiziente und nachhaltige Softwarelösungen zu entwickeln beziehungsweise anzuwenden.

Der Anspruch dieser Darstellung ist es, dass die positiven sowie schädigenden Effekte der Digitalisierung auf das Klima aufgezeigt werden, damit in den Unternehmen ein stärkeres Bewusstsein entstehen kann, um langfristig in der Software weniger Energie zu verbrauchen.

1. Ein optimierter Code kann nachhaltig wirken

Ein zentrales Ziel von Green Coding ist es, Software so zu entwickeln und zu betreiben, dass sie sowohl bei der Erstellung als auch beim Betrieb und der Wartung möglichst wenig Energie und Ressourcen verbraucht. Green Coding betrifft damit nicht nur Softwareentwickler und IT-Experten, sondern vor allem Unternehmen, aber auch Verbraucher. Unzureichend optimierter Code führt beispielsweise Anweisungen aus, die für die Programmlogik nicht zwingend erforderlich sind. Dies führt zu unnötigen Zugriffen auf Ressourcen, erhöht die Datenmenge und mündet somit in Energieverschwendung. Konsequenterweise sind die Ziele von Green Coding: die Reduktion von Datenmengen sowie des softwarebedingten Energieverbrauchs, die Identifizierung treibender Faktoren des Energie- und Ressourcenverbrauchs bei Software sowie die Eindämmung überflüssiger Software und damit einer Verlängerung der Hardware-Lebensdauer.

Vorteile von Green Coding:

- **Senkung der Strom- und Betriebskosten**
- **Längere Nutzungsdauer von Hardware**
- **Senkung der Kosten und CO₂-Einsparung**
- **Verbesserte Gesamtperformance der Software und damit einhergehende Schonung der Hardware**
- **Einhaltung von Nachhaltigkeitsvorschriften**
- **Reputationssteigerung, da Kunden und Investoren zunehmend Wert auf Nachhaltigkeit legen**
- **Erhöhung der Kundenbindung und Erschließung neuer Märkte**
- **Förderung der Innovationskraft und damit der Wettbewerbsfähigkeit**

Edge Computing rückt die Datenquelle und die Datenverarbeitung näher zusammen

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit im Rahmen des Green Coding-Ansatzes ist das Edge Computing. Edge Computing bezeichnet eine Technologie, bei der die Datenverarbeitung näher an der Quelle der Daten stattfindet. Edge Computing reduziert somit die Wege, welche Daten zurücklegen müssen, um in zentralen Rechenzentren verarbeitet zu werden. Anwender nutzen Edge Computing daher auch zur „Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeitsbilanz“¹⁰, da der Energieverbrauch reduziert wird und teilweise vorhandene Hardware genutzt werden kann – Anschaffungen werden somit reduziert. Edge Computing bietet zudem gewisse Vorteile wie beispielsweise, dass durch die örtliche Nähe zwischen Datenquelle und Datenverarbeitung die Latenzzeiten minimiert und damit die Echtzeitreaktionen verbessert werden. Dies ist beispielsweise bei Anwendungen des autonomen Fahrens wichtig. Ebenso führt der kürzere Weg der Datenübertragung zu einer Entlastung der Bandbreite, was Engpässe in Netzwerken reduziert und die Effizienz der Datenübertragung verbessert. Durch die Verteilung von Rechenressourcen können Anwendungen leichter skaliert werden, um den Anforderungen von IoT (Internet der Dinge) -Geräten und anderen verteilten Systemen besser gerecht zu werden.

Die Bedeutung von Green Coding erstreckt sich über Edge Computing sowie den reinen Code hinaus und reicht weit in die ökologische Verantwortung der Softwareentwickler hinein. Um daher weitere Vorteile von Green Coding auf den Ebenen des Softwareentwicklungsprozesses und der Anwendung zu nutzen, werden im Folgenden drei Ansatzpunkte aufgeführt: Plattform, Architektur und Logik und Methodik.



Plattform

Um ein umweltfreundliches System mit optimaler Energieeffizienz zu bekommen, ist die Infrastruktur, auf der der Code ausgeführt wird, so wichtig wie der eigentliche Code. Besonderes Augenmerk fällt hierbei auf die optimale Auslastung von Servern. Denn zwei wenig ausgelastete Server verbrauchen deutlich mehr Energie als ein Server unter hoher Auslastung – nicht nur im Betrieb, sondern auch mit Blick auf die verringerten Herstellungskosten. Eine niedrige Auslastung ist in der Regel das Ergebnis einer zu hohen Schätzung in der Planungsphase und kann dazu führen, dass Systeme viel größer sind, als sie es sein müssten. Server, die unter geringer Last laufen, tragen so negativ zur Ressourceneffizienz bei und verbrauchen daher mehr Strom als nötig. Eine mögliche Lösung hierfür ist Cloud-Computing, da die Ressourcen flexibel skaliert und an den individuellen Bedarf angepasst werden können. Der Wechsel beispielsweise zu Cloudcomputing-Anbietern kann bis zu 80 Prozent Strom im Vergleich zu eigener, lokal betriebener Infrastruktur einsparen.¹¹

Architektur und Logik

Die Anwendungsarchitektur beschreibt den grundlegenden Aufbau der zu programmierenden Anwendung. Dies umfasst das Vermeiden von unnötig komplexen Strukturen und das Implementieren von Funktionen, die beispielsweise die Verarbeitungsleistung intelligent anpassen, um Energie zu sparen, oder die Möglichkeit Code so zu bündeln, dass jederzeit eine ressourceneffiziente Auslastung der Hardware gewährleistet ist und so weniger Strom benötigt wird. Auch automatische Abschaltungsmechanismen bei Nichtgebrauch von Software sind Teil

¹⁰ [Datenwirtschaft und Edge Computing | Fraunhofer](#)

¹¹ [Grüne Cloud | Datacenter Insider](#)

der Architektur und können so deutlich zu einem reduzierten Energieverbrauch von Anwendungsprogrammen beitragen. Die Nutzung von Cloud-Diensten und der Einsatz von Serverless Architekturen, die Ressourcen nur bei Bedarf bereitstellen, können den Energieverbrauch minimieren.

Die zugrundeliegende Logik von Programmen ist zudem entscheidend und bietet die Möglichkeit, effizienten und umweltfreundlichen Programmcode zu entwerfen und zu optimieren. Auch können Entwickler durch die Auswahl von effizienteren Algorithmen und Programmiersprachen, die weniger Rechenleistung und Speicher benötigen, den Energieverbrauch von Anwendungen deutlich reduzieren. Bei Anwendungen, die in großen Maßstäben oder auf Geräten mit begrenzten Ressourcen ausgeführt werden, kann dies besonders bedeutsam sein. Beispiele für weniger rechenintensive Programmiersprachen sind Rust und C++. Diese Programmiersprachen arbeiten näher an der Hardware-Ebene und können dadurch bestimmte Operationen zügiger und ressourcenschonender ausführen als Skriptsprachen wie z. B. Python. Python verbraucht fast das 80-fache an Energie wie C++.¹² Je nach Anwendungsfall ist es möglich, Programme von Python auch in C++ zu implementieren – hier sind wiederkehrende Skripte ein guter Ansatzpunkt. Für einmalige Anwendungen sind Rust und C++ nur bedingt zu empfehlen, da hier die notwendige Flexibilität im Programmierprozess eingeschränkt gegeben ist.

Methodik

Der Ansatzpunkt der Methodik setzt sich vorrangig mit dem Softwareentwicklungsprozess und weniger mit dem Programmcode auseinander. Agile Softwareentwicklungsmodelle führen zu energieeffizienten Anpassungen von Code und Anwendungen. Das agile Programmieren sorgt u. a. durch seine automatisierten Integrations-Tests dafür, dass Programmbestandteile mit schlechter Energieeffizienz früh erkannt und verändert werden können. Kleinschrittiges Entwickeln und Testen kann das Endprodukt energieschonender werden lassen. Designer spielen dabei eine wichtige Rolle, da sie Benutzeroberflächen entwickeln, die nicht nur benutzerfreundlich, sondern auch energieeffizient sein können. Die Reduzierung von Bildschirmaktualisierungen, die Optimierung der Layouts für schnellere Ladegeschwindigkeiten und die Implementierung von energiesparenden Dark Modes sind entsprechende Beispiele.

¹² [Energy Efficiency across Programming Languages](#) | Pereira et. al.

2. Ansatzpunkte für Green Coding in Unternehmen

Durch die Integration des Green Coding-Ansatzes können Unternehmen nicht nur ihre Umweltauswirkungen minimieren, sondern auch Wettbewerbsvorteile erzielen und das Bewusstsein für Umweltfragen in der gesamten Branche stärken. Zunehmende ESG-Vorschriften¹³ rücken das Thema Nachhaltigkeit immer mehr in den Fokus von Unternehmen, wobei Green Coding eine Rolle spielen kann. Es gibt zwar noch keine spezifischen Regelungen auf EU-Ebene zur Anforderungen an Energieeffizienz von Software, aber in Deutschland gibt es bereits erste Standards wie den „Blauen Engel für ressourcen- und energieeffiziente Softwareprodukte“.¹⁴ Unternehmen können dabei ihre Softwareprodukte freiwillig auf Ressourcenschonung und Energieeffizienz prüfen und zertifizieren lassen.

Anwendung von Green Coding in Unternehmen

Unternehmen können Green Coding in ihren Entwicklungsprozessen integrieren, indem sie:

- **Mitarbeiterschulungen zur Sensibilisierung für Umweltfragen und Green Coding-Praktiken anbieten.**
- **Den Einsatz von Tools und Metriken zur Messung und Überwachung des Energieverbrauchs von Anwendungen und Infrastruktur ermöglichen.**
- **Mit der Entwicklung und Umsetzung von Richtlinien und Best Practices Umweltbewusstsein und Nachhaltigkeit in der Belegschaft fördern.**
- **Die Zusammenarbeit mit Umweltorganisationen und Partnern unterstützen, um gemeinsam nachhaltige Lösungen zu entwickeln und zu fördern.**

Rebound-Effekte möglichst ausschließen

Bei allen Effizienzsteigerungen und Einsparpotentialen ist gerade für Unternehmen der sogenannte Rebound-Effekt zu beachten.¹⁵ Rebound-Effekte können die positiven Effekte durch die Effizienzsteigerungen aufheben, weil die erhofften Energieeinsparungen nicht eintreffen. Wenn aufgrund der Einsparungen mehr konsumiert wird, spricht man von einem direkten Rebound-Effekt. Wenn eingesparte Energie für andere Konsumgüter eingesetzt wird, spricht man von einem indirekten Rebound-Effekt.

Dienstleistungen oder Produkte werden durch die Effizienzsteigerung häufiger oder ausgiebiger genutzt als zuvor. Eine E-Mail verbraucht zwar viel weniger Energie als ein geschriebener Brief, doch werden viel mehr E-Mails als Briefe versendet. Bei IT-Anwendungen kann ein Unternehmen, beispielsweise durch die Verwendung von Cloud-Lösungen, Rechenleistungen einsparen und damit den Energieverbrauch senken. Dann sollte es die

¹³ [ESG-Berichtspflicht | BMWK](#)

¹⁴ [Softwareprodukte | Blauer Engel](#)

¹⁵ [Rebound-Effekte | Umweltbundesamt](#)

eingesparte Energie nicht durch weitere, eventuell nur bedingt erforderliche Aufgaben verwenden. Bezogen auf IT-Anwendungen kann das auch bedeuten, dass Unternehmen durch die Verwendung von Cloud-Lösungen Rechenleistungen und damit Energie zunächst einsparen, die Leistungen der Cloud anschließend aber mit überzogenen Anwendungen in Anspruch nehmen. So wird noch mehr Energie verbraucht und der erwartete Effekt hebt sich nicht nur auf, sondern wandelt diesen ins Gegenteil um (Rebound Effekt).

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, sich diesem Rebound-Effekt bewusst zu sein, um die Einsparpotenziale und die damit verbundenen ökonomischen Vorteile des Green Codings auch zu nutzen. Zentral beim Green Coding-Ansatz ist, dass mehr Bewusstsein für den Auswirkungen von Software geschaffen wird und noch stärker Entscheidungen basierend auf realistischen Daten getroffen werden.

Leitfäden zur praktischen Anwendung des Green Coding-Ansatzes

Die folgenden verlinkten Leitfäden (Auswahl) bieten praktische Ansatzpunkte, um den Green Coding-Ansatz in den Unternehmen anzuwenden.

- **Handout of sustainable design of digital Services**
vom Institute for Sustainable IT
- **10 Recommendations for green software development**
von der Green Software Foundation
- **Green Software Position Paper: Transparency, Standards, Market-Making**
von dem Sustainable Digital Infrastructure Alliance e.V.

Die Initiative Wirtschaft 4.0 Baden-Württemberg befasst sich mit der Fokusgruppe Green Digital schwerpunktmäßig mit dem Thema Green Coding.

Autoren

Stefan Bergstein, Principal Chief Architect bei Red Hat
Aydin Mir Mohammadi, Geschäftsführer bei bluehands GmbH & Co.ommunication KG
Marcel Russ, Managing Director bei mehr.wert Software und IT Beratung GmbH
Tim Schade, Senior Software Architect bei GFT Technologies SE
Max Schulze, Executive Chairman der Sustainability Digital Infrastructure Alliance
Dr. Roland Justen, Leiter der Koordinierungsstelle der Initiative Wirtschaft 4.0 BW
Dr. Samuel Kis, Berater bei der Koordinierungsstelle der Initiative Wirtschaft 4.0 BW

Herausgeber

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und
Tourismus Baden-Württemberg
Schlossplatz 4 (Neues Schloss)
70173 Stuttgart
Telefon: 0711 123-0
Telefax: 0711 123-2121
poststelle@wm.bwl.de
www.wm.baden-wuerttemberg.de

Bildquellenhinweis

Titelseite: Olena Rudo, stock.adobe.com
Innenseiten: railwayfx, Antonio Diaz, stock.adobe.com

Weitere Informationen zur Initiative Wirtschaft 4.0 finden Sie unter:
www.wirtschaft-digital-bw.de



digital **LÄND**

