

INNOQ TECHNOLOGY DAY 2022 / 30.11.2022

Ökologisch nachhaltige Software- entwicklung



DANIEL WESTHEIDE
@KAFFEECODER

Ökologische Nachhaltigkeit

Einfluss von IT auf den Energieverbrauch

- *Effekte erster Ordnung:* Energie, die zur Produktion und Verwendung von IT verwendet wird
- *Effekte zweiter Ordnung:* direkte Konsequenzen der Nutzung von IT
- *Effekte dritter Ordnung:* Langzeit-Anpassungen und Innovationen, die durch IT ermöglicht werden

Motivation

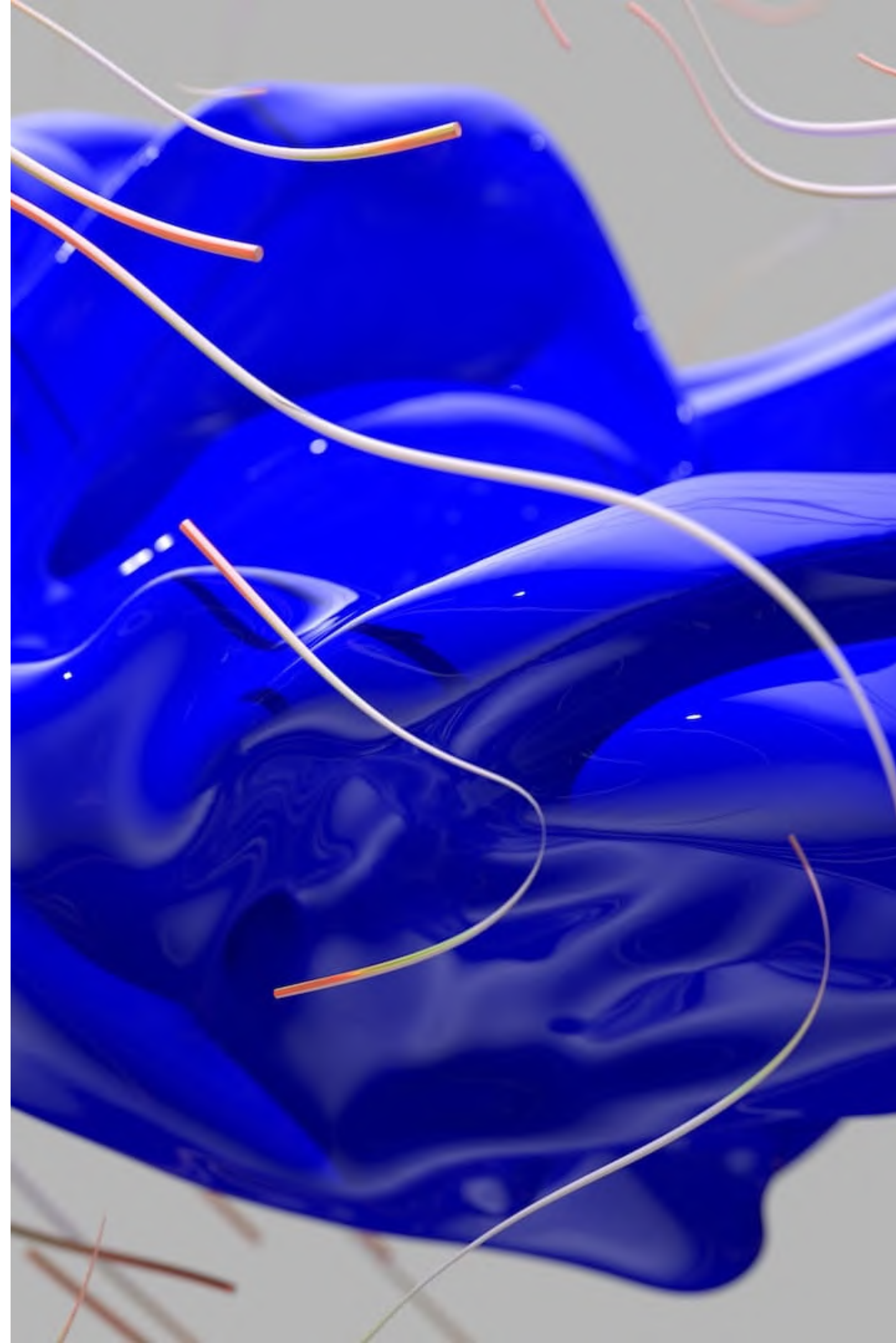
- rasant steigender Stromverbrauch durch Informationstechnologie
- absolut:
 - 2010: 2000 TWh
 - 2030: 8000 TWh
- relativ:
 - 2012: 4,7 Prozent des globalen Stromverbrauchs
 - 2030: 21 Prozent des globalen Stromverbrauchs
- wir tragen dazu bei, den Stromverbrauch in die Höhe zu treiben oder den Anstieg zumindest abzuschwächen

Wo findet der Stromverbrauch statt?

- Netzwerk-Infrastruktur: 1,7 Prozent des globalen Stromverbrauchs
- Rechenzentren: 1,4 Prozent des globalen Stromverbrauchs
- Endgeräte: 1,6 Prozent des globalen Stromverbrauchs

Prinzipien ökologisch nachhaltiger Softwareentwicklung

- <https://principles.green>
- entwickelt von Asim Hussain, Green Cloud Advocacy Lead bei Microsoft
- unabhängig von Domäne, Branche, Programmiersprache und Hosting-Strategie



Maximiere die CO₂-Effizienz

CO₂-Effizienz

- Eigentlich geht es nicht nur um CO₂, sondern um sämtliche Treibhausgase, z.B. auch Methan etc.
- Metrik deshalb CO₂-Äquivalente: gCO₂eq
- Ziel: Verschwendung vermeiden
- Anwendungen sollten den gleichen Wert liefern und dabei so wenige gCO₂eq wie möglich ausstoßen

**Maximiere die
Energieeffizienz**

Energieeffizienz

- kann als Proxy für CO₂-Effizienz verwendet werden, da fossile Energien noch immer einen großen Anteil an der Stromerzeugung haben
- auch erneuerbare Energie sollte nicht verschwendet werden, da die Herstellung von Solar-Panels, Windkraftanlagen etc. auch Ressourcen verbraucht

**Nutze Strom mit der geringst
möglichen CO₂-Intensität**

CO₂-Intensität

- gemessen in gCO_2eq/kWh
- je größer der Anteil fossiler Energien im lokalen Stromnetz, desto höher die CO₂-Intensität
- Energieeffizienz kann u.U. dazu führen, dass die CO₂-Intensität sinkt, da fossile Kraftwerke die Produktion hoch- und runter fahren können
- Unabhängigkeit vom lokalen Stromnetz:
 - Rechenzentrum in Nevada: 555 MW Solarenergie, 800 MWh Batteriespeicher durch Tesla Megapacks
 - <https://solar.lowtechmagazine.com>

CO₂-Intensität: Demand shifting

- generell sind Möglichkeiten Strom zu speichern noch sehr begrenzt
- energieintensive Aufgaben an Orte oder Zeiten mit sehr hohem Anteil erneuerbarer Energien verlegen
- Beispiel: Ein Machine-Learning-Modell dann trainieren, wenn im lokalen Stromnetz wenig fossile Energie verwendet wird
- Alternative: Den Job an einem anderen Ort ausführen
- Treibhausgas-Emissionen können zwischen 45 und 99 Prozent reduziert werden

CO₂-Intensität: APIs

- kommerzielle APIs zur Abfrage aktueller CO₂-Intensität sowie Forecasts
- Electricity Map:
 - <https://static.electricitymap.org/api/docs/index.html#forecasted-carbon-intensity>
 - Live-Karte: <https://app.electricitymap.org/map>
- Carbon Intensity API:
 - <https://carbonintensity.org.uk/>

**Maximiere die
Hardwareeffizienz**

Hardwareeffizienz

- **Embodied Carbon:** CO_2eq , die bei der Herstellung und Entsorgung von Hardware freigesetzt werden
- jährlicher CO_2eq -Ausstoß: $(\text{Embodied Carbon} / \text{Lebenszeit in Jahren}) + \text{jährlicher } \text{CO}_2\text{eq}\text{-Ausstoß durch Nutzung}$
- Je länger ein Gerät verwendet wird, desto geringer der jährliche Anteil des Embodied Carbon am CO_2eq -Ausstoß
- Bei Smartphones und Tablets macht das Embodied Carbon den Großteil des gesamten CO_2eq -Ausstoßes aus

Lebenszeit von Hardware erhöhen

- verringert die jährlichen Embodied Carbon-Kosten
- Software entwickeln, die effizient ist so dass sie auch noch auf alten Geräten nutzbar ist
- Vermeiden, die neuesten APIs zu verwenden, die nur in den neuesten Versionen von iOS, MacOS, Android etc. zur Verfügung stehen
- Webanwendungen: Progressive Enhancement

**Minimiere
Datenübertragungen**

Netzwerkeffizienz

- Datenübertragung hat einen sehr großen Anteil am Stromverbrauch durch IT
- die zwei wichtigsten Faktoren:
 - Größe der Daten
 - Distanz
- Andere Faktoren:
 - Energieeffizienz der beteiligten Netzwerkinfrastruktur
 - CO₂-Intensität der Stromnetze, an denen die Netzwerkinfrastruktur hängt
 - Netzwerkprotokoll

Netzwerkeffizienz (2)

- Studie des Shift-Projektes (2019): 0,00234 kWh pro übertragenem MB
- globale CO₂-Intensität: 519 gCO₂eq
- im Schnitt: 1GB übertragen emittiert 1,22kg CO₂eq
- Webanwendungen werden seit Jahren immer datenintensiver
 - JavaScript-Bytes von 2013-2022
 - Image-Bytes von 2013-2022

Netzwerkeffizienz verbessern

- HTTP Caching
- Content Delivery Networks (CDNs)
- auf JavaScript so weit es geht verzichten
- Kompression von JS, CSS, Bildern, Videos
- auf Bilder und Videos verzichten, die keinen Mehrwert liefern
- Fotos:
 - Graustufen oder monochrome Bilder
 - Fokus auf Hauptmotiv mit geringer Schärfentiefe kann Bildgröße um fast 50 Prozent reduzieren

Schärfentiefe minimieren



221 KB



116 KB

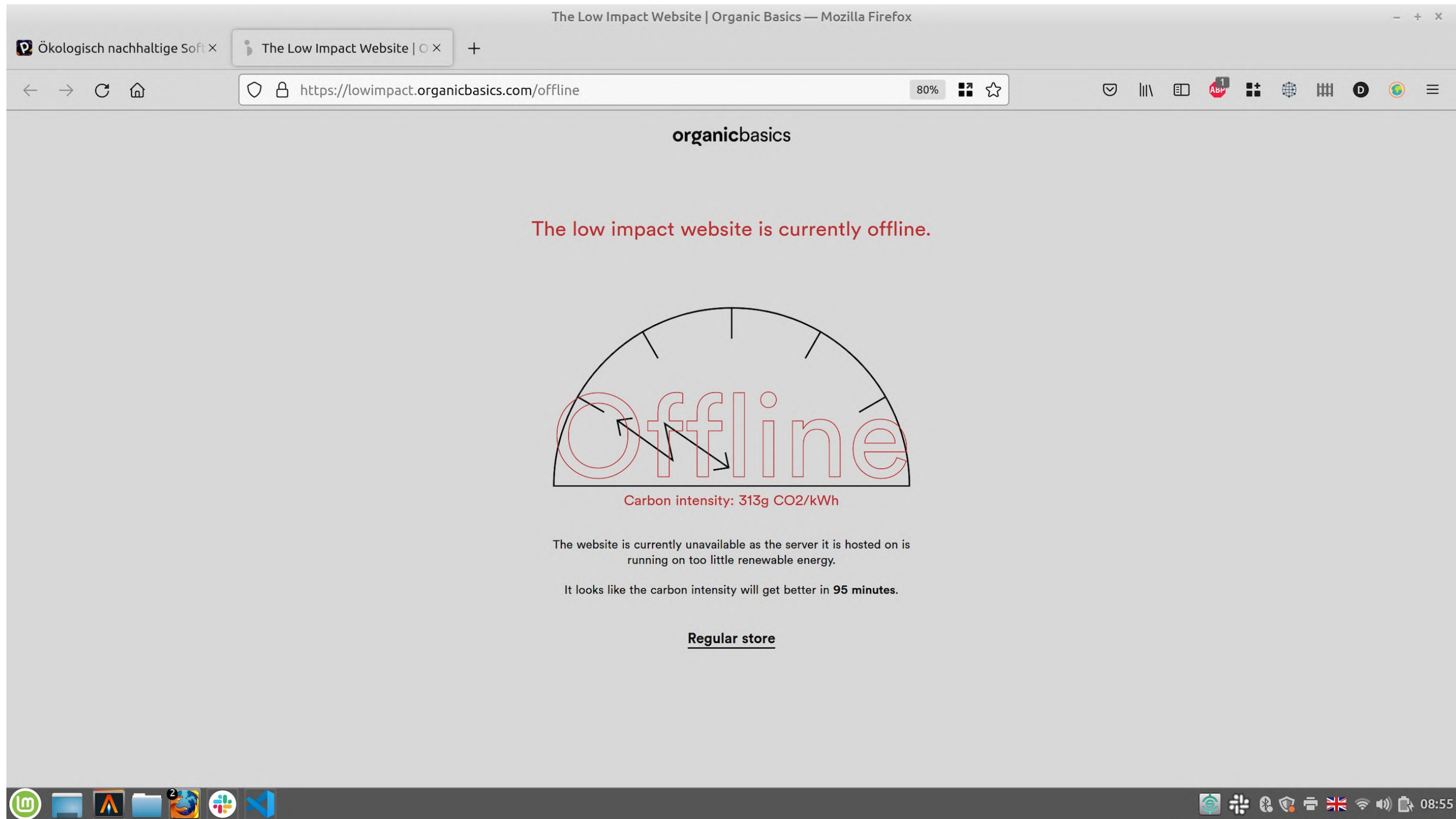
Impact

- schon kleine Maßnahmen können mehr bewirken als weitere Mikro-Optimierungen am eigenen Lebensstil
- z.B. das Entfernen einer 20KB großen JavaScript-Library
- <https://dannyvankooten.com/website-carbon-emissions/>

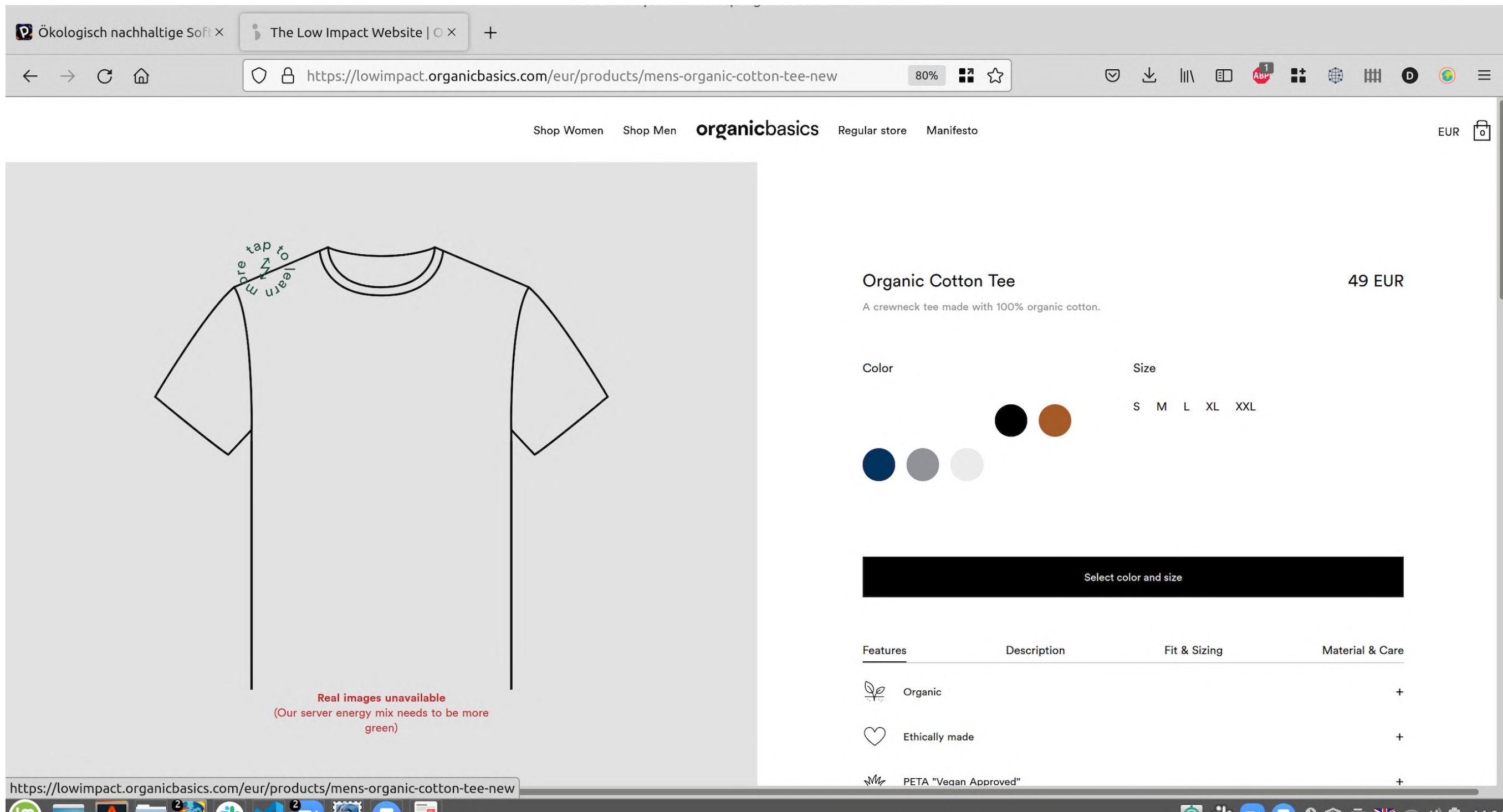
Baue CO₂-adaptive Anwendungen

CO₂-Adaptivität

- adaptiv
 - Energieanforderungen richten sich nach aktuell verfügbarer grüner Energie
 - User Experience passt sich an die CO₂-Intensität an
- auch bekannt als *Demand Shaping*
- Eco-Mode
 - manuell: Nutzer*innen werden über CO₂-Intensität informiert und können selbst den Eco-Mode aktivieren
 - automatisch: Anwendung passt sich automatisch an um CO₂eq-Ausstoß zu reduzieren
- Beispiel: <https://lowimpact.organicbasics.com/eur>



Screenshot von <https://lowimpact.organicbasics.com/offline>



Screenshot von <https://lowimpact.organicbasics.com/eur/products/mens-organic-cotton-tee-new>

Miss und optimiere

Messen und optimieren

- Anpassungen sollten Schritt für Schritt erfolgen und deren Erfolge messbar sein
- Mögliche Metriken
 - Betriebskosten
 - Performance Budgets (Page Weight Budgets)
 - Google Cloud Carbon Footprint: <https://cloud.google.com/carbon-footprint>
 - AWS Customer Carbon Footprint Tool
 - Website Carbon Calculator: <https://www.websitecarbon.com/>

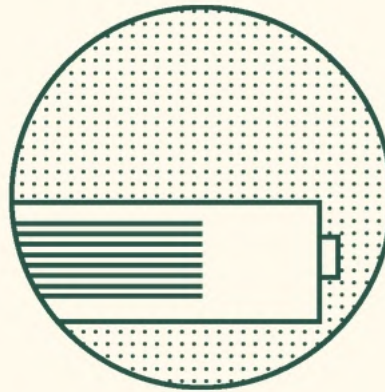
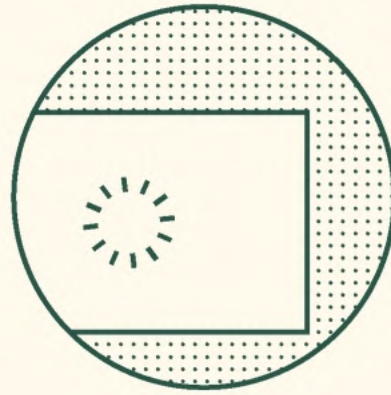
The Low Impact Manifesto

<https://lowimpact.organicbasics.com/gbp#manifesto>

A Low Impact website:



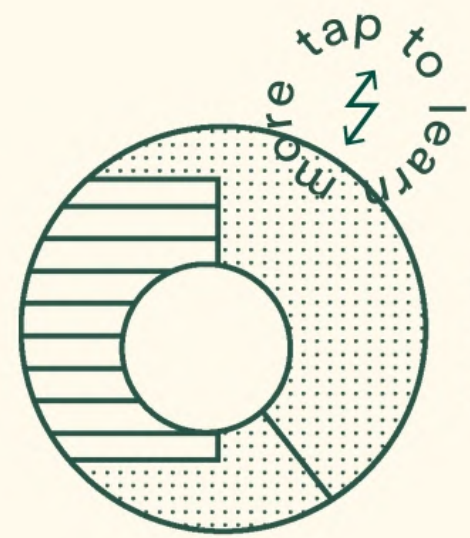
1. Does not load any images before they are actively requested by the user.



2. Minimizes the power consumption on the users device.

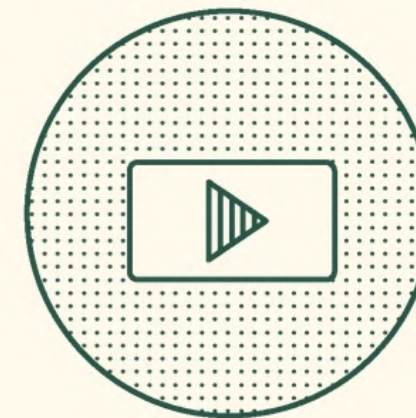


3. Adapts to reflect the amount of renewable energy it's currently running on.

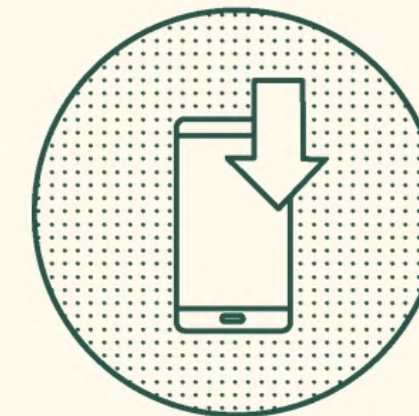


4. Informs the user of the impact of their browsing behavior.

5. Does not make use of videos.

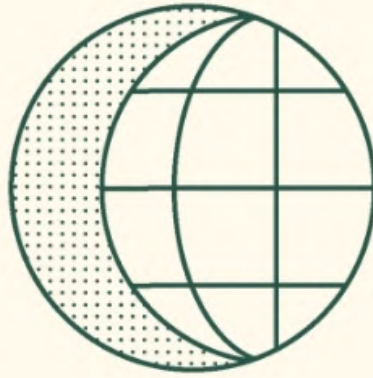


running on.



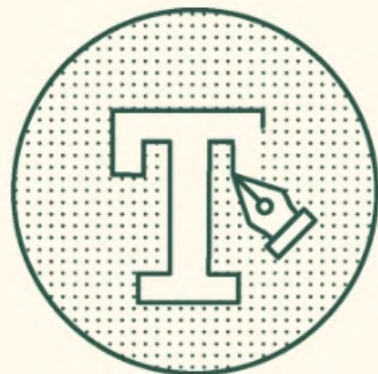
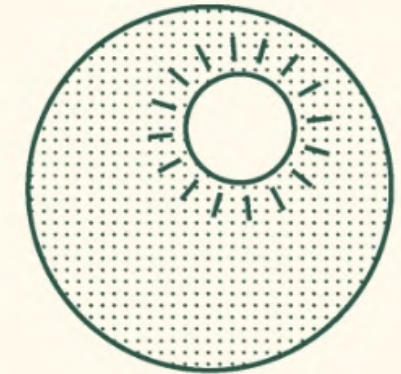
6. Stores data locally on the user's device to minimize data transfer.

tap to
more
7. Compresses all data
to the greatest extent
possible.



8. Loads only the
most crucial
programming scripts,
frameworks and
cookies.

9. Limits the amount of
light emitted by the
screen.



10. Optimizes and
limits the use of
custom fonts.

Ökologische Nachhaltigkeit

umsetzen

Qualitätsziele

- Viele Stakeholder haben CO₂eq-Effizienz nicht als explizites Qualitätsziel
- Viele typische Qualitätsziele für eine Softwarearchitektur haben mögliche Lösungen, die auch auf das Ziel CO₂eq-Effizienz einzahlen
 - Kosteneffizienz
 - Accessibility
 - Performance
- Aber: Nicht alle Maßnahmen, die auf diese abzielen, sind automatisch auch CO₂eq-effizient
- Andere Qualitätsziele können im direkten Konflikt mit CO₂eq-Effizienz stehen
- CO₂eq-Effizienz als erstrebenswertes Qualitätsziel ins Bewusstsein rücken und die Trade-offs explizit machen

Links

- <https://principles.green/>
- <https://sustainablewebdesign.org/>
- <https://www.websitecarbon.com/>
- <https://lowimpact.organicbasics.com/gbp#manifesto>
- <https://www.thegreenwebfoundation.org/>
- <https://climateaction.tech/>
- <https://electricitymap.org/blog/marginal-emissions-what-they-are-and-when-to-use-them/>
- <https://medium.com/electricitymap/using-machine-learning-to-estimate-the-hourly-marginal-carbon-intensity-of-electricity-49eade43b421>
- https://github.com/Green-Software-Foundation/software_carbon_intensity

Danke! Fragen?



Daniel Westheide
daniel.westheide@innoq.com
@kaffeecoder

innoQ Deutschland GmbH

Krischerstr. 100
40789 Monheim
+49 2173 333660

Ohlauer Str. 43
10999 Berlin

Ludwigstr. 180E
63067 Offenbach

Kreuzstr. 16
80331 München

Hermannstr. 13
20095 Hamburg

Erftstr. 15-17
50672 Köln

Königstorggraben 11
90402 Nürnberg