

# Nachhaltigkeit im Web

Wie unser digitaler Fußabdruck die Umwelt beeinflusst

## Die Wichtigkeit nachhaltiger Webentwicklung

### Der digitale CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Um unsere Umwelt noch mehr zu schonen und zu schützen, müssen wir weiterhin Maßnahmen ergreifen. Dabei spielt die Reduzierung der Schadstoffe, insbesondere des Treibhausgases Kohlendioxid, eine zentrale Rolle. Die Zahl der Menschen, die mit dem Internet verbunden sind, wächst rapide. [Cisco](#) prognostiziert, dass bis zum Jahr 2023 zwei Drittel der Weltbevölkerung vernetzt sein werden. In einer Zeit, in der wir auf eine kohlenstofffreie Wirtschaft hinarbeiten müssen, wächst unser Hunger nach Daten und Webdiensten und damit auch unsere Internetemissionen.

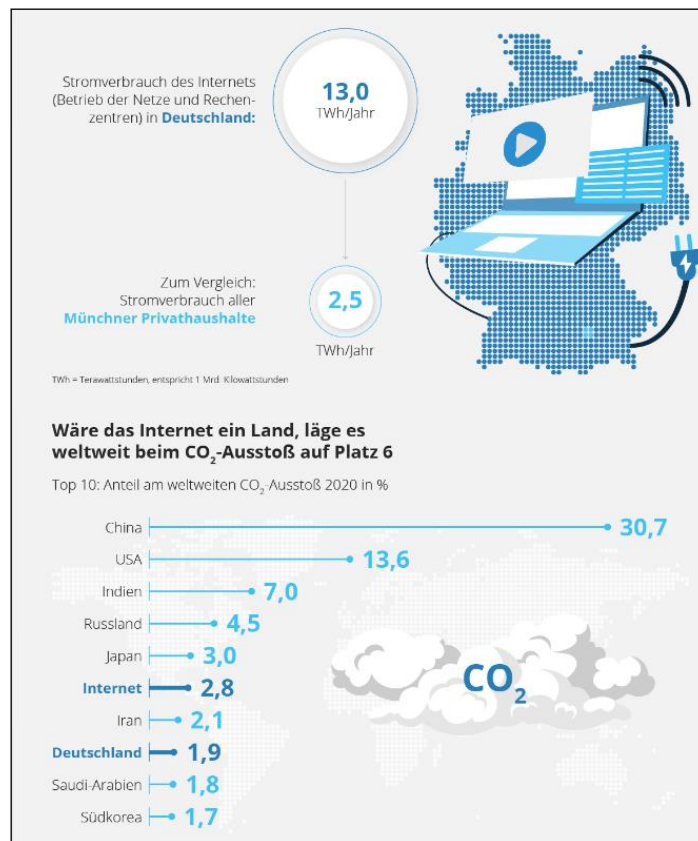


Abbildung 1 [Energieverbrauch des Internets](#)

Die Grafiken verdeutlichen den enormen Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Internets im globalen Vergleich. In der ersten Grafik wird der Stromverbrauch des Internets in Deutschland dargestellt, der 13 Terawattstunden (TWh) pro Jahr beträgt. Zum Vergleich: Der gesamte jährliche Stromverbrauch aller privaten Haushalte in München liegt bei 2,5 TWh. Dies zeigt, dass der Betrieb von Netzwerken und Rechenzentren in Deutschland einen erheblichen Energieaufwand erfordert, der mehrere Großstädte versorgen könnte. Die zweite Grafik veranschaulicht die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Internets

weltweit. Wäre das Internet ein eigenständiges Land, würde es beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß den sechsten Platz belegen, knapp hinter Japan und vor Iran. Der Anteil des Internets am weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß beträgt 2,8 %. Zum Vergleich: China und die USA stehen an der Spitze der Emissionen mit 30,7 % bzw. 13,6 %. Diese Einordnung macht den enormen Einfluss der Internetnutzung auf den Klimawandel deutlich und zeigt die Dringlichkeit nachhaltiger Ansätze in der digitalen Welt auf.

## Wie groß ist der ökologische Fußabdruck einer Website?

Jede Webseitenbesuch, jedes eintreffende E-Mail oder Video-Streaming generiert Datenmengen, die eine nennenswerte und wachsende Größe in der globalen Klimabilanz darstellen. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß einer Website wird anhand der Energie gemessen, die sie verbraucht. Jeder Besuch einer Website führt zu Datenverkehr zum und vom Server der Website. Die durchschnittliche Website erzeugt bei jedem Seitenaufruf 1,76 g CO<sub>2</sub>, siehe den vollständigen [Artikel](#) von Andrae und Edler. Eine Website mit Videos und hochauflösenden Bildern erfordert mehr Datenverkehr und damit mehr Energie pro Besuch. Bei einer Website mit durchschnittlich 10.000 Seitenaufrufen pro Monat verursacht der Energieverbrauch einen jährlichen Ausstoß von 211 kg CO<sub>2</sub>. Das entspricht 1055 km Autofahrt.

## Wachsende Bedeutung

Durch die zunehmende Digitalisierung, die Ausbreitung von Online-Diensten und die steigende Anzahl vernetzter Menschen wächst die Zahl der im Internet veröffentlichten Websites rasant. Dies führt zu einem erheblichen Anstieg des Energieverbrauchs, der für den Betrieb dieser Websites erforderlich ist. Aus nachhaltiger Sicht ist es daher von großer Bedeutung, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu untersuchen und gegebenenfalls zu optimieren oder zu reduzieren. [Nachhaltige Webentwicklung](#) zielt darauf ab, den Energieverbrauch von Webseiten und Online-Diensten zu minimieren. Dies kann durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden, wie die Optimierung von Code, die Reduzierung der Dateigrößen von Bildern und Videos sowie die Nutzung energieeffizienter Server. Ein bewusster Umgang mit digitalen Ressourcen trägt nicht nur zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks bei, sondern verbessert auch die Performance und Benutzerfreundlichkeit von Webseiten.

Unternehmen und Entwickler sind daher gefordert, umweltfreundliche Praktiken in ihre digitalen Projekte zu integrieren. Durch die Implementierung nachhaltiger Webentwicklung können sie einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz leisten und gleichzeitig die Effizienz ihrer Online-Präsenzen steigern. In Zeiten des Klimawandels und der Ressourcenknappheit ist die nachhaltige Gestaltung digitaler Produkte und Dienstleistungen von großer Bedeutung für eine nachhaltige Zukunft.

## Mögliche Messtool: Website Carbon Calculator

Eins der ersten veröffentlichten Online-Tools ist Website Carbon Calculator (WCC), mit dem die CO<sub>2</sub>-Emission einer Webseite abgeschätzt werden kann. Veröffentlicht wurde das Tool im Jahr 2018 und ist kostenlos in der Verwendung. Da es keine genauen Informationen über die Menge der vom Server übertragenen Daten geliefert werden können, kann das Tool den gesamten Datentransfer einer Domain abschätzen. Da WCC auf die globalen ProviderDatenbank der Green Web Foundation einen Zugriff hat, ist WCC zudem in der Lage eine Aussage treffen, ob die getestete Domain auf einem Server liegt, der mit erneuerbaren Energien betrieben wird.

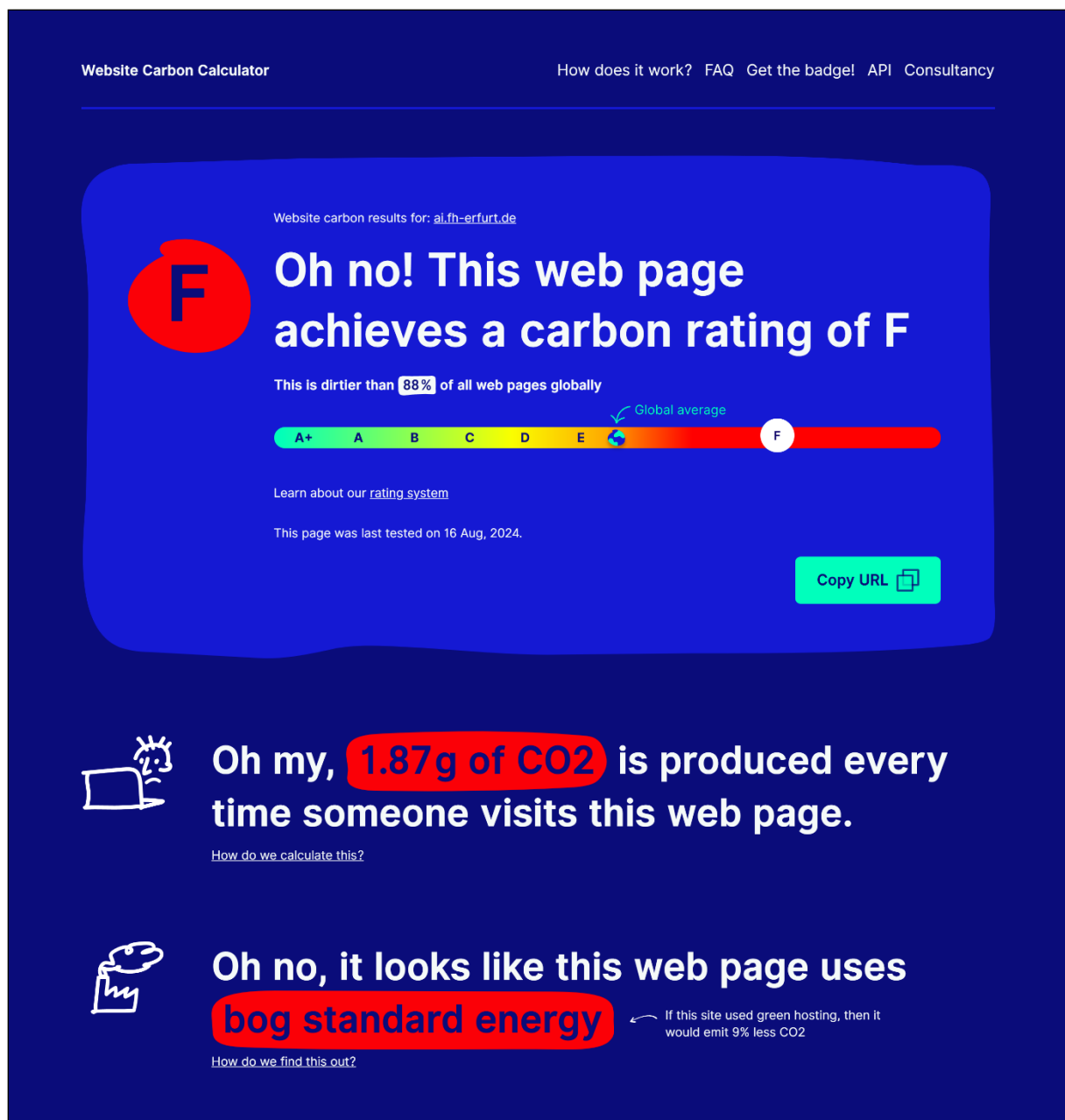


Abbildung 2 Beispielmessung von Website Carbon Calculator

Die Bildschirmaufnahme zeigt eine beispielhafte Messung der Website des Studiengangs Angewandte Informatik der Fachhochschule Erfurt. Obwohl die Webseite der Angewandten Informatik einfach und leicht erscheint, ist dies leider nicht der Fall. Durch die Berechnung der WCC liegt die gemessene Webseite weit unter dem globalen Durchschnitt der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Webseitenaufrufen mit einem F-Rating. Das bedeutet auch, dass die Seite umweltschädlicher ist als 88% aller Webseiten weltweit. Bei jedem Besuch der Seite werden 1,87 g CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Dies liegt unter anderem daran, dass die vom Server übertragenen Daten sehr groß sind. Außerdem nutzt der Server, auf dem die Website gehostet wird, konventionelle Energiequellen. Würde die Website auf ein umweltfreundliches Hosting umgestellt, könnte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 9% reduziert werden. Außerdem rechnet WCC mit einer monatlichen Besucherzahl von 10.000. Seitenaufrufen produziert die Website 224,84 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr. Diese Menge entspricht den CO<sub>2</sub>-Emissionen, die beim Erhitzen von Wasser für 30.466 Tassen Tee entstehen. Der Energieverbrauch beträgt 509 kWh, was 42.391 vollständigen Aufladungen eines

durchschnittlichen Smartphones oder einer Fahrt von 3.256 km mit einem Elektroauto entspricht. Um diese jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen auszugleichen, müssten 11 Bäume gepflanzt werden.

## Was können Nutzer tun?

### 1. Effizientes Surfen

Eine wertvolle Möglichkeit, um aktiv zum Umweltschutz beizutragen, ist die stärkere Bewusstmachung des eigenen Surfverhaltens. Dies beinhaltet das Limitieren des Surfens nur auf Seiten, die wirklich gebraucht werden und das Vermeiden des Ladens von unnötigen Inhalten. Beispielsweise kann das regelmäßige Säubern der Lesezeichen im Browser oder das Schließen nicht verwendeter Tabs den Suchverkehr reduzieren. Ebenfalls in die Liste dieser möglichen Vorgehensweisen gehört das häufigere Nutzen von Offline-Modi oder das Speichern von oft benötigten Infos, da dadurch der Energieverbrauch im Netz sinkt. Wir sehen, dass jeder Klick, der nicht getätigt wird, die hiesigen Server entlastet und der Umwelt zur besseren Bilanz verhilft.

### 2. Nachhaltige Suchmaschinen verwenden

Eine umweltfreundliche Alternative zu Google finden Nutzer bei [Ecosia](#) oder [Gexsi](#). Der Vorteil: Jede ihrer Suchanfragen unterstützt ein Umweltschutzprojekt. Die Suchmaschinenbetreiber investieren für jeden Aufruf in eigene Klimaschutzprojekte: Ecosia beispielsweise fördert mit einem Teil seiner Werbeeinnahmen die Aufforstung von Wäldern, während Gexsi soziale und ökologische Projekte unterstützt, die jeweils die Idee einer nachhaltigeren Welt ins Zentrum ihres Handelns stellen. So kann sich jeder User einfach und bequem am Klimaschutz beteiligen, ohne auf Komfort oder Relevanz der Suchergebnisse verzichten zu müssen.

### 3. Bildung und Sensibilisierung

Um nachhaltige Entscheidungen zu treffen, muss man zuerst verstehen, wie sich das eigene Verhalten im Internet auf die Umwelt auswirkt. Wenn Menschen mehr darüber wissen, wie Technologien die Umwelt beeinflussen, können sie ein Bewusstsein dafür entwickeln, Energie zu sparen. Workshops, Blogs oder Beiträge in sozialen Medien können helfen, Menschen zu inspirieren und gemeinsam Lösungen zu finden. Erst wenn das Wissen beherrscht ist, können Veränderungen vorgenommen werden und Schritt für Schritt auf neue, umweltfreundliche Technologien umzusteigen.

### 4. Bewusster Medienkonsum

Das Übertragen und Abspielen von Videos sowie Musik verbraucht große Mengen an Daten und Energie. Energie sparen kann man zum Beispiel, indem man die Streaming-Qualität reduziert, auf WLAN-Verbindungen anstelle von [mobilen Daten](#) umsteigt, Inhalte im Vorfeld für die Offline-Nutzung lässt. Der bewusste Mediengenuss, das zielgerichtete Auswählen von Inhalten und das Vermeiden des ewigen Scrollens sind außerdem Methoden, um den digitalen Fußabdruck zu reduzieren. Neben dem Klimaschutz bietet der bewusste Umgang mit Medien noch einen weiteren Vorteil: Die Verringerung der Abhängigkeit von den sozialen Medien führt zu einer Verbesserung des persönlichen Wohlbefindens und fördert die Schaffung von schönen, bleibenden Momenten.

## 5. Lokale Speicherung bevorzugen

Das Speichern von Daten auf lokalen Geräten statt in der Cloud reduziert den Bedarf an ständigen Datenübertragungen. Externe Festplatten oder USB-Sticks sind energieeffiziente Alternativen, um große Dateien oder Backups zu sichern. Durch die lokale Speicherung werden die Server entlastet, was den Energieverbrauch in Rechenzentren senkt. Zudem erhöht dies die Datensicherheit und den Schutz der Privatsphäre.

## 6. Verwendung energieeffizienter Geräte

Die Wahl von Geräten mit geringem Stromverbrauch, wie energieeffiziente Monitore oder Laptops mit Energiesparmodus, kann den persönlichen Energieverbrauch deutlich reduzieren. Auch das regelmäßige Abschalten von Geräten statt des Stand-by-Modus spart Energie. Durch die längere Nutzung und Pflege der eigenen Hardware wird zudem der Bedarf an Neuproduktionen verringert, was Ressourcen schont und Müll reduziert.

## 7. Förderung nachhaltiger Dienste

Die Verwendung von Anwendungen, die nachhaltige Praktiken fördern oder selbst umweltfreundlich sind, kann einen Unterschied machen. Zum Beispiel gibt es ein Tool für den Chrome-Browser namens GreenWave, das den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Website ermittelt. Außerdem hat es die Möglichkeit, Elemente auf einer Webseite zu verfolgen, wie z. B. Bilder, zu blockieren, um die Datenübertragung und damit den Energieverbrauch jeder Anfrage zu verringern.

## 8. Bewusster Umgang mit E-Mails

Laut dem [Carbon Literacy Project](#) verursacht eine Standard-E-Mail etwa 4 g CO<sub>2</sub>, während eine E-Mail mit umfangreichem Anhang bis zu 50 g CO<sub>2</sub> erzeugen kann. Das Versenden eines 1 MB großen Urlaubsfotos an zehn Freunde entspricht dabei dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß einer 500 Meter langen [Autofahrt](#). Deswegen ist das regelmäßige Löschen unnötiger E-Mails, das Abbestellen von Spam und Newslettern sowie das Überlegen, ob eine E-Mail wirklich nötig ist, eine effektive Methode, um den Datenverkehr zu reduzieren. Ein aufgeräumter Posteingang spart nicht nur Energie, sondern erhöht auch die persönliche Produktivität.

# Was können Entwickler tun?

## 1. Bilder optimal einsetzen

Heutzutage wird auf Webseiten häufig umfangreiches Bildmaterial verwendet, um Textaussagen zu verstärken und Inhalte sowie Emotionen zu vermitteln, die Worte allein nicht so direkt transportieren können. Der Einsatz von Bildern eignet sich hervorragend, um die Bindung der Besucher an die Webseite zu erhöhen. Sie dienen der Auflockerung, erzeugen Spannung und steigern die Aufmerksamkeit. Allerdings ist es meistens unbewusst, wie viel Gewichtung einzelner Bilder auf Performance und Nachhaltigkeit der Webseite entspricht. Laut [Web Almanac](#) beträgt die durchschnittliche Dateigröße des größten Bildes auf einer Webseite 142 Kilobyte, wobei es auf 10% aller Seiten sogar über 1 Megabyte groß ist. Damit ist das empfohlene maximale Datenvolumen von 1



Megabyte pro Seite bereits erreicht, ohne Text, Formatierungen oder zusätzliche Bilder zu berücksichtigen. Im Gegensatz dazu war die erste erstellte [Webseite](#) der Welt nur 3.363 Bytes groß. Die Optimierung bestehender Bilder ist daher der einfachste und effektivste Weg, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Webseite zu reduzieren.



Abbildung 3 Vor der Komprimierung 1 MB



Abbildung 4 Nach der Komprimierung 548KB

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen ein Beispiel, wie die Dateigröße eines Bildes um etwa die Hälfte reduziert werden kann. Der Vorteil ist, dass die Bildqualität in beiden Abbildungen kaum beeinträchtigt wird. Für die Komprimierung wurde das Online-Tool TinyPNG verwendet. Es wird außerdem empfohlen, das Web Picture Format (WEBP) für Bilder zu nutzen, da dieses eine effiziente und [verlustfreie](#) Komprimierung ermöglicht. Außerdem ermöglicht die Verwendung von [WEBP](#)-Bildern mit transparentem Hintergrund und mit Animation zu erstellen.

## 2. Videos achtsam einsetzen

Der weltweite Datenhunger wächst rasant, insbesondere durch den zunehmenden Konsum von Videostreaming in immer höherer Qualität. Laut einer Studie des [Borderstep Instituts](#) verursacht eine Stunde Videostreaming in Full-HD-Auflösung zwischen 100 und 175 Gramm CO<sub>2</sub>-Emissionen, abhängig vom verwendeten Endgerät. Die französische Denkfabrik [The Shift Project](#) stellte 2019 fest, dass Videodaten etwa 80 % des globalen Internetverkehrs ausmachen. Diese Entwicklungen verdeutlichen den erheblichen Einfluss des Videostreamings auf den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit.

Aus Sicht der Nachhaltigkeit und des Datentransfers ist es daher notwendig, Videos achtsam einzusetzen. Das Vermeiden von Autoplay-Funktionen kann den unnötigen Datenverbrauch reduzieren, da Videos nicht automatisch abgespielt werden und somit weniger Energie verbrauchen. Zudem ist die Komprimierung von Videos umweltfreundlicher, da sie die Dateigröße verringert und somit schnellere Ladezeiten ermöglicht. Dies führt zu einem geringeren Energieverbrauch bei der Datenübertragung. Es ist auch umweltschonender, den Nutzern die Möglichkeit zu bieten, Videos herunterzuladen, um wiederholtes Streaming zu vermeiden.

### 3. Unterstützung Darkmode

Der Dunkelmodus, auch Nachtmodus genannt, wird zunehmend beliebt und ist auf vielen Geräten als Option wählbar. Im Dunkelmodus sind Hintergründe dunkel und Texte hell, was auf OLED-Displays zu erheblichem Energiesparen führen kann, da schwarze Pixel ausgeschaltet bleiben. Eine Studie der [Purdue University](#) zeigt, dass der Stromverbrauch bei OLED-Geräten im Dunkelmodus um bis zu 67 % reduziert werden kann. Da der Anteil an OLED-Smartphones stetig steigt – im ersten Quartal 2023 auf 49 % – gewinnt diese Stromsparoption weiter an Bedeutung. Auch Webseiten können durch die Bereitstellung eines Dunkelmodus zur Energieeinsparung beitragen, da immer mehr Nutzer mobil surfen.

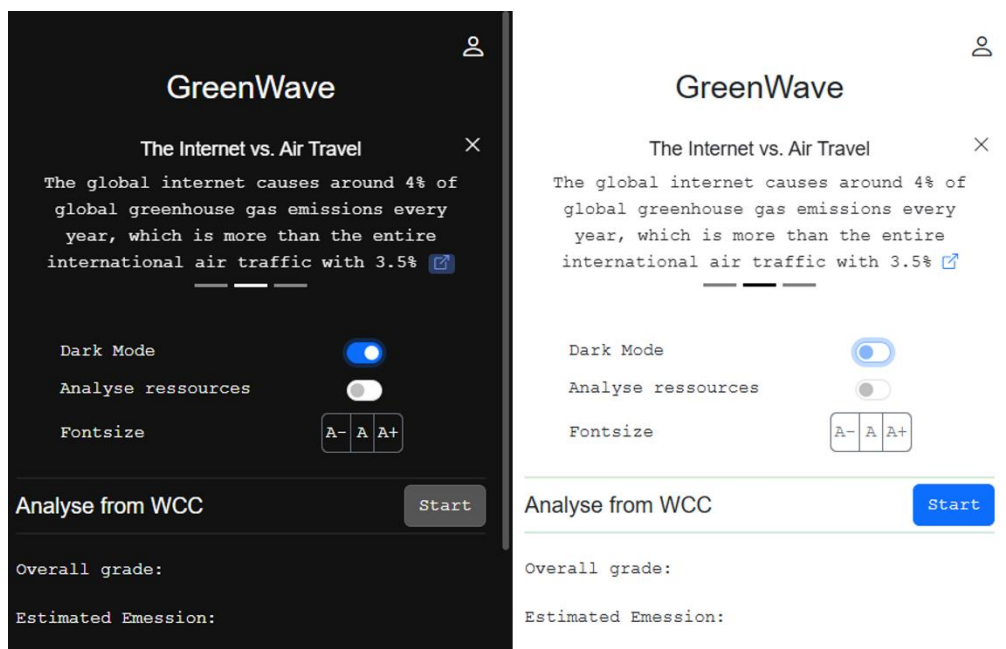


Abbildung 5 Darkmode vs Lightmode

Abbildung 5 zeigt die Umsetzung der Startseite der GreenWave-Anwendung, die sowohl den Dark Mode als auch den Light Mode veranschaulicht. Die linke Seite der Abbildung zeigt die Benutzeroberfläche im Dark Mode, bei der ein dunkler Hintergrund mit kontrastreicher heller Schrift verwendet wird, um die Augenbelastung in dunklen Umgebungen zu reduzieren. Die rechte Seite der Abbildung zeigt die Benutzeroberfläche im Light Mode mit hellem Hintergrund und dunkler Schrift, die besser für gut beleuchtete Umgebungen geeignet ist.

## 4. Optimierung für Endgeräte

Um nachhaltiges Webdesign zu fördern, sollten Entwickler Webseiten so optimieren, dass sie ressourcenschonend und benutzerfreundlich auf allen Gerätetypen dargestellt werden können. Eine zentrale Methode dafür ist das Responsive Webdesign, das die Darstellung flexibel an die jeweilige Bildschirmgröße und -auflösung anpasst. So wird sichergestellt, dass Inhalte auf kleineren Smartphone-Bildschirmen genauso gut lesbar und intuitiv bedienbar sind wie auf großen Desktop-Monitoren.

Empfehlungen für die Umsetzung:

- **Mobile-First-Ansatz:** Beginnen Sie mit der Gestaltung für mobile Geräte und skalieren Sie die Seite anschließend für größere Bildschirme. Dieser Ansatz eignet sich besonders, da die Mehrheit der Nutzer heute mobil auf das Web zugreift.
- **Desktop-First-Ansatz:** Starten Sie bei Projekten mit komplexen Designelementen auf größeren Bildschirmen und passen Sie diese schrittweise für kleinere Displays an.

Durch eine kluge Wahl zwischen Mobile-First und Desktop-First können Entwickler eine ressourcenschonende Webseite schaffen, die den Datenverbrauch minimiert und die Ladezeiten verkürzt.

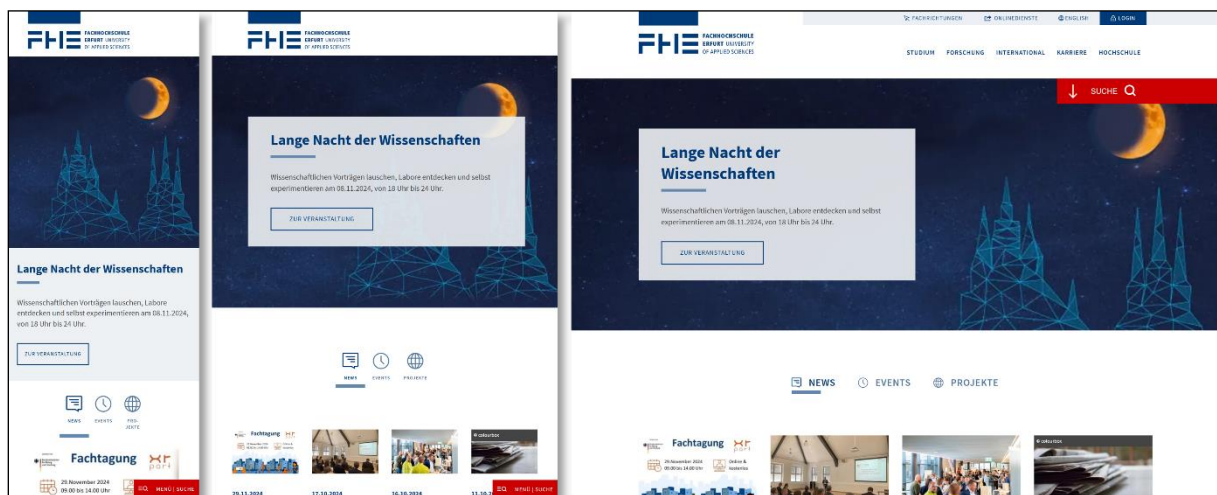


Abbildung 6 Realisierung eines responsiven Designs

Die drei Ansichten der Abbildung 6 zeigen, wie ein responsives Design für verschiedene Bildschirmgrößen realisiert wurde. Die mobile Ansicht ist kompakt, enthält jedoch die meisten Elemente der anderen Ansichten. In den Tablet- und Desktop-Ansichten wird der verfügbare Platz effizient genutzt, um die Suche und weitere Navigationselemente darzustellen.

## 5. Lazy Loading

Unter Lazy Loading versteht man die Praxis, das Laden oder Initialisieren von Ressourcen oder Objekten zu verzögern, bis sie tatsächlich benötigt werden, um die Leistung zu verbessern und Systemressourcen zu sparen. Wenn eine Webseite beispielsweise ein Bild enthält, das der Benutzer erst nach unten scrollen muss, um es zu sehen, können Sie einen Platzhalter anzeigen und das vollständige Bild erst dann nachladen, wenn der Benutzer an der entsprechenden Stelle angekommen ist.



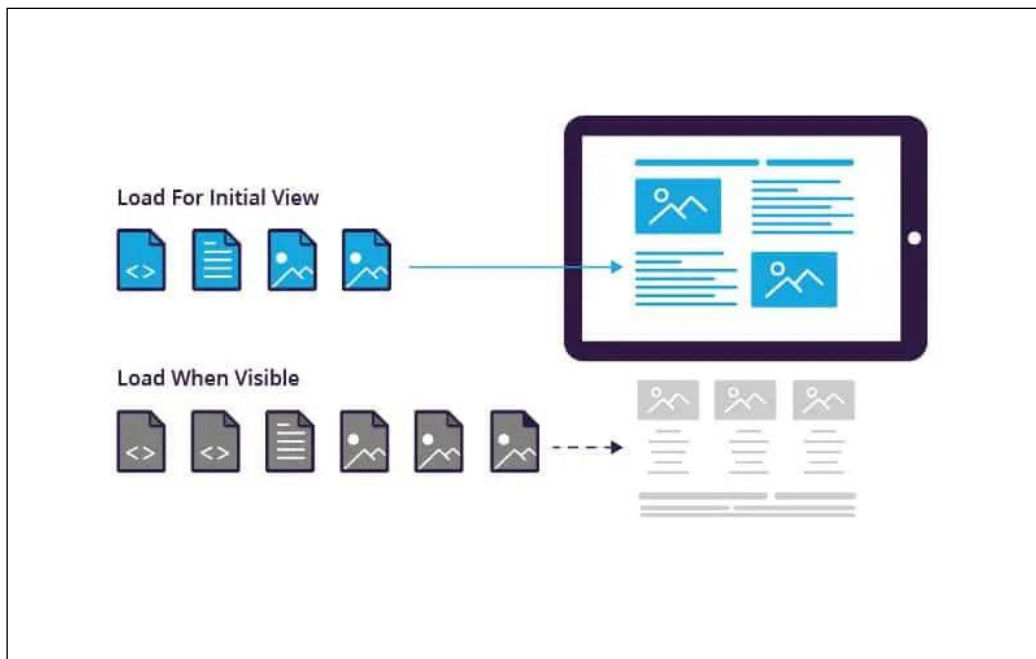


Abbildung 7 Realisierung Lazy Loading

Die Abbildung 7 visualisiert die Funktionsweise von Lazy Loading auf eine Webseite. Die Inhalte der Webseite werden auf zwei Phasen geladen. Laden für die initiale Ansicht, in dieser Phase werden die Inhalte mit der blauen Markierung geladen, die für den ersten sichtbaren Bereich der Webseite erforderlich sind. Damit wird sichergestellt, dass die anfängliche Ladezeit der Seite gering bleibt und die Nutzer schnell auf die wichtigsten Inhalte zugreifen können. Bei der zweiten Phase handelt es sich um das Laden nur bei Sichtbarkeit. Hierbei werden die restlichen Inhalte, wie Bilder und andere Dateien, erst dann nachgeladen, wenn der Nutzer zu dem entsprechenden Abschnitt der Seite navigiert und dieser in den sichtbaren Bereich gelangt. Dies reduziert den Datenverbrauch und verbessert die Energieeffizienz, da nur die Inhalte geladen werden, die tatsächlich benötigt werden.

## 6. Nutzung von Caching-Techniken

Caching-Techniken spielen eine entscheidende Rolle bei der Realisierung einer nachhaltigen Webseite, da sie die Effizienz und Geschwindigkeit der Datenübertragung erheblich verbessern. Unter einem Cache ist ein Speicher, der für temporäre Daten zuständig ist. Der Vorteil davon ist, diese Daten schneller geladen werden als von ursprünglichen Speicherort. Außerdem wird mit Caching nicht nur Zeit, sondern auch Rechenleistung gespart. Somit wird kann der negative Fußabdruck einer Webseite minimiert.

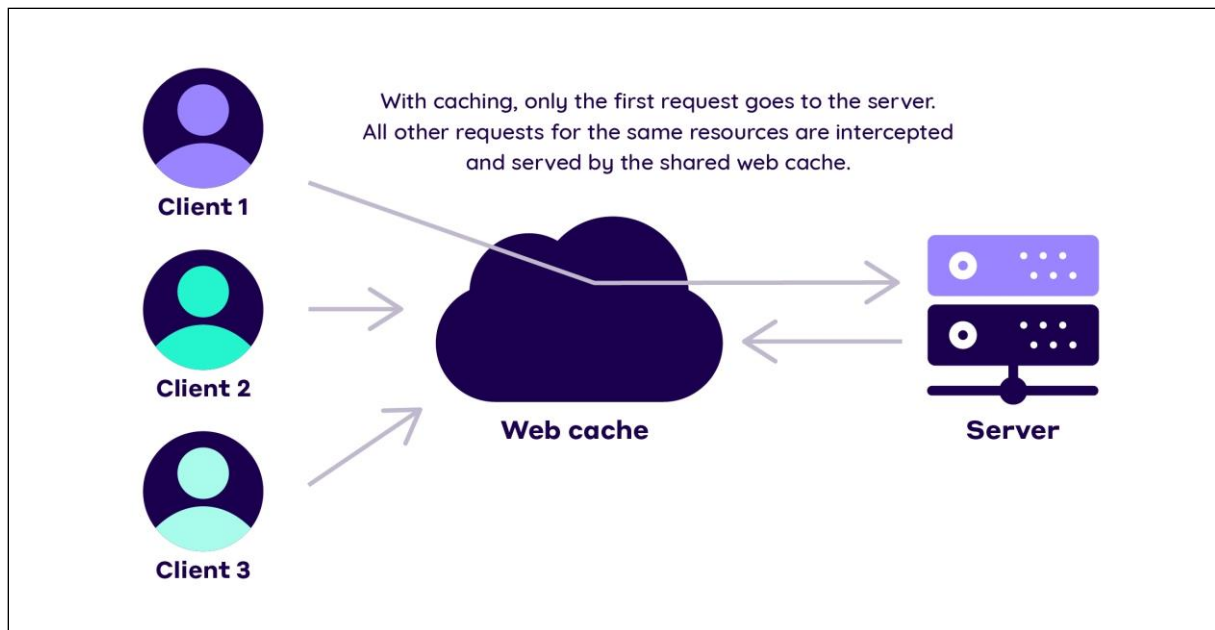


Abbildung 8 Beispiel für [Caching](#)

Die Abbildung 8 stellt die Nutzung von der Caching-Technik dar. Dabei werden Website-Ressourcen wie HTML-Dokumente, Bilder und CSS-Dateien in einem Webcache gespeichert, einer Zwischenschicht zwischen dem Server und den Nutzern. Danach werden Nutzeranfragen in der Zwischenschicht abgefangen. Wenn die angeforderten Dateien enthalten sind, werden diese Direkt geliefert, ohne den Server zu belasten.

## 7. Green Web-Hosting

In der Anleitung wurde der schnellwachsende Stromverbrauch des Internets erwähnt. Das Hosting ist eins der ersten und einfachsten Schritte, um die Nachhaltigkeit einer Webseite zu verbessern.

Entscheidend ist der Standort des Servers

Daher ist die Wahl von Green Hosting ein wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Webentwicklung, da es dazu beiträgt, den ökologischen Fußabdruck von Webseiten zu reduzieren, indem die Energiequelle zum Betreiben des Rechenzentrums bzw. der Webseite aus erneuerbaren Energien stammt.

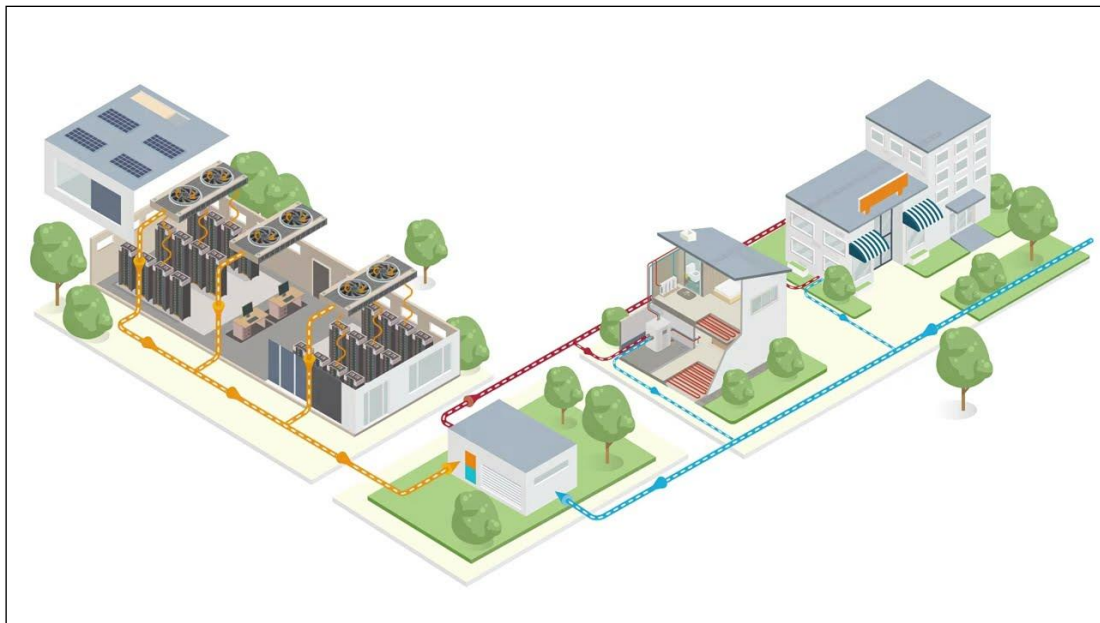


Abbildung 9 Beispiel für Nutzung von Abwärme eines Rechenzentrums

Die Abbildung 9 stellt ein weiterer Ansatz zur Steigerung der Klimafreundlichkeit eines Rechenzentrums dar. Dies ist die Nutzung der Abwärme des Kühlsystems. Dabei wird die Abwärme, die bei der Kühlung der Server entsteht, an eine Wärmepumpe weitergeleitet. Diese erhöht die Temperatur und macht sie so zur Heizung von Gebäuden nutzbar. Dieser Ansatz zeigt, wie erneuerbare Energien genutzt werden können und wie verschiedene Systeme effizient zusammenarbeiten.

Green IT Cube ist ein Beispiel für die Nutzung der Abwärme eines Rechenzentrums. Gekühlt werden die Rechner mit Wasser statt mit Luft. Dadurch beträgt der Energieaufwand für die Kühlung weniger als sieben Prozent der elektrischen Rechenleistung. Das Besondere an diesem Kühlsystem ist, dass die erzeugte Abwärme genutzt wird, um ein Büro- und Kantinengebäude zu heizen.