

Herausgeber Prof. Dr. Barbara Dörsam

Schriftreihe Bachelor-Resümee

Forschungsbereich **Green IT**

# Nachhaltiges Webdesign

Wie können Webauftritte ökologisch nachhaltig gestaltet werden?

Vanessa Schädler

Studieren. Wissen. Machen.

## **Impressum**

### **Hochschule der Medien**

Nobelstrasse 10

70569 Stuttgart

[www.hdm-stuttgart.de](http://www.hdm-stuttgart.de)

0711 8923-0

### **Autor**

Vanessa Schädler

### **Betreuer**

Prof. Dr. Barbara Dörsam

### **Datum**

Februar 2024

### **Wirtschaftsingenieurwesen Medien**

[www.hdm-stuttgart.de/wing](http://www.hdm-stuttgart.de/wing)

[hitzges@hdm-stuttgart.de](mailto:hitzges@hdm-stuttgart.de)

0711/8923-2634

### **Layout**

Jochen Riegg

### **Fotos und Illustrationen**

Innenteil: Vanessa Schädler

Bachelor-Resümee

# **Nachhaltiges Webdesign**

Wie können Webauftritte ökologisch nachhaltig gestaltet werden?

**Vanessa Schädler**

Februar 2024

Der Autor

Vanessa Schädler hat an der Hochschule der Medien in Stuttgart studiert. Ihre Bachelorarbeit fokussiert sich auf die Gestaltung nachhaltiger Webauftritte. Dabei entwickelte sie anhand von eingehenden Untersuchungen Handlungsempfehlungen für Webentwickler. Schädler, die sich durch ihr Interesse an innovativen Themen auszeichnet, plant, ihre Karriere im Bereich Digital Business und Innovation voranzutreiben.

# Inhaltsverzeichnis

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Einleitung.....   | 5  |
| 1.1   | Aufgabenstellung und Ziel.....                            | 5  |
| 1.2   | Relevanz .....  | 5  |
| 2.    | Was ist nachhaltiges Webdesign? .....                     | 6  |
| 3.    | Methodische Durchführung .....                            | 7  |
| 3.1   | Untersuchungen anhand einer erstellten Testumgebung ..... | 7  |
| 3.1.1 | Bilder .....  | 7  |
| 3.1.2 | Videos.....   | 8  |
| 3.1.3 | Typographie.....  | 8  |
| 3.1.4 | HTML-Optimierung.....                                     | 8  |
| 3.2   | Untersuchungen anhand von Onlineanalysewerkzeugen.....    | 8  |
| 3.2.1 | Lightweight und minimalistische Design .....              | 8  |
| 3.2.2 | Framework-Nutzung.....                                    | 9  |
| 3.3   | Untersuchungen anhand einer Literaturrecherche .....      | 9  |
| 3.3.1 | Cookies und Tracker .....                                 | 9  |
| 3.3.2 | Farben.....   | 9  |
| 4.    | Handlungsempfehlungen .....                               | 10 |
| 5.    | Schluss .....   | 12 |
| 6.    | Referenzen .....  | 13 |

# 1. Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung und Ziel

Die Bachelorthesis befasst sich mit der Gestaltung nachhaltiger Webauftritte. Im Zuge dessen werden Methoden des Autors Michael Andersen aus dem Buch „Sustainable Web Design in 20 Lessons“ anhand geeigneter Anwendungsszenarien getestet und analysiert. Dabei werden Themenbereiche der visuellen Gestaltung und der Optimierung von HTML-Code untersucht, als auch die Nutzung von Frameworks und Cookies. Für die Untersuchungen werden neben einer selbst entwickelten Testumgebung auch Analysewerkzeuge sowie eine Literatur- und Onlinerecherche verwendet, um die Themenfelder aufzuarbeiten. Basierend auf den Resultaten der Nachforschung wird anschließend eine Handlungsempfehlung erarbeitet, die als Leitfaden zur Entwicklung ökologisch nachhaltiger Webseiten dienen soll.

## 1.2 Relevanz

Das Internet trägt zu 2,8 Prozent des globalen Treibhausgasausstoßes bei. Damit liegt das Internet, wenn es ein Land wäre, auf Platz sechs der größten CO<sub>2</sub>-Emittenten, unmittelbar hinter China, den USA und Indien [1]. Damit verursacht das Internet mehr Emissionen als der weltweite Flugverkehr [2]. Laut Schätzungen des Journal of Cleaner Production wird der Anteil der emittierten Treibhausgase durch das Internet bis 2040 auf über 14 Prozent ansteigen [3], [4].

Der digitale Fortschritt, durch den immer mehr analoge Prozesse und Tätigkeiten digitalisiert und damit zeit- und kosteneffizienter gestaltet werden, ist eine treibende Kraft hinter den steigenden Treibhausgasemissionen [5]. Prozesse, wie das Aufrufen einer Webseite, starten eine Kettenreaktion, die weit über das Endgerät hinaus reichen. Dementsprechend werden Daten zwischen den Endgeräten, den Routern, den Webservern und den Rechenzentren versendet, wobei an jedem dieser Schnittpunkte Strom benötigt wird [6].

Infolge des digitalen Fortschritts verfügen Nutzer über ein optimiertes Breitbandinternet, das höhere Downloadgeschwindigkeiten ermöglicht, als auch Endgeräte mit verbesserter Rechenleistung. Durch diese Optimierungen können schneller große Datenmengen verarbeitet und geladen werden [2], [4]. Demzufolge hat sich durch den technologischen Fortschritt innerhalb der letzten zehn Jahre die durchschnittliche Größe einer Webseite mehr als verdoppelt. Das heißt, dass die übertragene Datenmenge einer Webseite von 2013 bis 2023 durchschnittlich von 1,03 MB auf 2,47 MB gestiegen ist [7]. Hauptverantwortlich hierfür sind Bilder und Videos, die in der bestmöglichen Qualität ohne geeignete Optimierungen auf Webseiten hochgeladen werden und so zu einem höheren Ressourcenaufwand der Webseiten führen [2], [4], [8], [9].

Obwohl die Digitalisierung anfänglich als umweltschonende Lösung galt, ist es mittlerweile evident, dass das Internet zu einem bedeutenden Anteil der weltweiten Emissionen beiträgt [10]. Folglich ist es bedeutend, im Bereich des nachhaltigen Webdesigns zu forschen und praxisorientierte Leitfäden zu entwickeln, um so Webentwickler langfristig bei der Gestaltung eines umweltfreundlichen Internets mit reduziertem Energieverbrauch und daraus resultierend geringerem CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu unterstützen.

## 2. Was ist nachhaltiges Webdesign?

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ wird als eine Entwicklung der Menschheit beschrieben, welche die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation erfüllt, ohne dabei die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden [11]. Dies kann sowohl für das ökologische, ethische oder ökonomische Handeln gelten [12]. Das Webdesign fasst den Prozess zur optischen Gestaltung und technischen Entwicklung eines Webauftritts zusammen [13], [14]. Die Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Webdesign ist hinsichtlich der ökologischen Herausforderungen von großer Bedeutung.

Durch die Anwendung von nachhaltigem Webdesign sollen ressourcenschonende Webseiten entwickelt werden, die durch ihren reduzierten Stromverbrauch die Auswirkungen auf den Emissionsausstoß mindern [4]. Der Stromverbrauch einer Webanwendung wird durch vier Kernbereiche entschieden: Rechenzentren, Netzwerke, Endgeräte und die Hardware-Produktion (vgl. Abbildung 1) [15]. Dabei gilt es hervorzuheben, dass Endgeräte ausschlaggebend für bis zu 40 Prozent des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes des Internets sind [2]. Um dieses Ausmaß zu reduzieren, ist es elementar, schon während des Entwicklungsprozesses der Anwendung ökologisch nachhaltige Entscheidungen zu treffen. Der Stromverbrauch wird durch die Menge der zu übertragenden Daten bestimmt. Dabei gilt, je mehr Daten beim Aufruf einer Webseite gesendet werden, desto größer ist der Energieaufwand [4], [6]. Folglich können Entscheidungen beispielsweise der visuellen Gestaltung wie die Menge der auf der Webseite verwendeten Medien den Energieverbrauch dieser positiv beeinflussen [4], [6], [8].

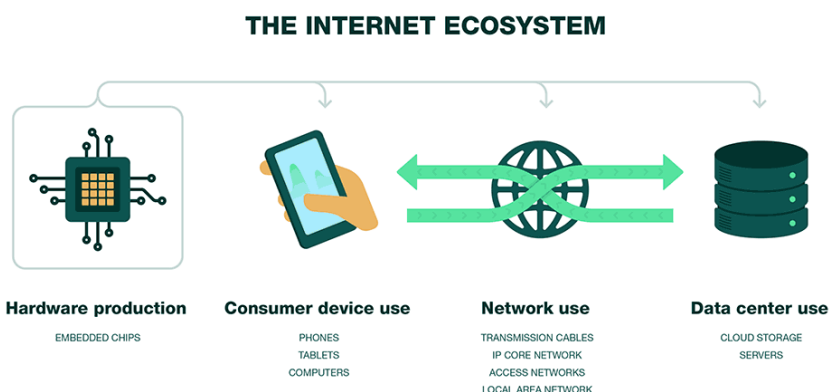


Abbildung 1: Das Ökosystem des Internets [16]

Neben dem ökologischen Grundsatz umfasst das nachhaltige Webdesign auch eine ethische Dimension. Diese setzt das Wohl des Nutzers in den Mittelpunkt. Demzufolge sollen Webanwendungen für möglichst viele Personengruppen zugänglich sein. Das heißt, dass nachhaltige Webseiten sowohl für Menschen mit Beeinträchtigungen als auch für Personen mit langsamen Internetverbindungen durch optimierte Webseiten einen erleichterten Zugang zu Informationen haben. Des Weiteren fokussiert sich der ethische Aspekt des nachhaltigen Webdesigns ebenfalls auf den offenen und transparenten Umgang mit den Nutzern. Dabei wird ein verantwortungsvoller Umgang mit den Nutzerdaten gewährleistet und die Manipulation der Nutzer durch sogenannte Dark Patterns, die Nutzer beispielsweise zum längeren Verweilen anregt, vermieden [6].

Nachhaltiges Webdesign beschreibt ein Konzept, das sowohl die Erhaltung einer gesunden Umwelt als auch die verantwortungsbewusste, ethische Gestaltung von Webprodukten vereint [4], [6].

### 3. Methodische Durchführung

Die Untersuchung wurde in drei Abschnitte untergliedert. Im ersten Abschnitt wurden zunächst die Themen Bilder, Videos, Typographie und HTML-Optimierung anhand einer selbst entwickelten Testumgebung getestet und analysiert. Anschließend wurden Untersuchungen zum Thema minimalistisches Design und Framework-Nutzung mittels Onlineanalysetools untersucht. Der Einfluss von Farben und Trackern wurde mit einer Literatur- und Onlinerecherche näher beleuchtet.

#### 3.1 Untersuchungen anhand einer erstellten Testumgebung

Um die Methoden von Andersen praktisch auf deren Potenzial zur Reduzierung des Stromverbrauchs zu prüfen, wurde zunächst eine Testumgebung erstellt. Wie in Abbildung 2 vereinfacht dargestellt, wird ein Test durch ein Bash-Skript gestartet. Dieses startet anschließend die Anwendungen Selenium und Scaphandre parallel. Selenium dient dem automatisierten Aufruf der zu testenden Webseiten. Scaphandre misst die Leistung einzelner Prozesse und gibt die Ergebnisse in einer JSON-Datei aus. Um möglichen Messabweichungen entgegenzuwirken, wird dieser Vorgang innerhalb des Bash-Skripts zehnmal wiederholt. Anschließend werden die Daten aus den JSON-Dateien in ein Datenblatt übertragen, wo sie anschließend ausgewertet werden.

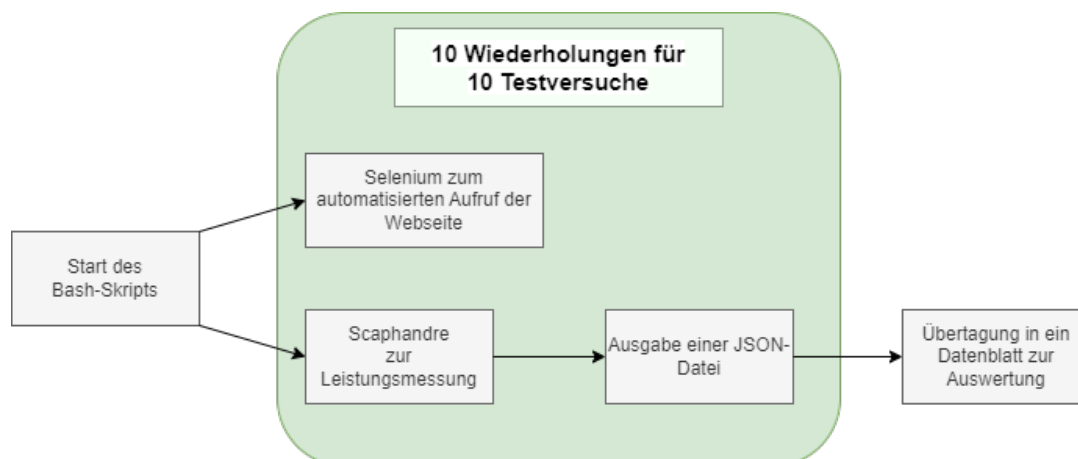


Abbildung 2: Vereinfachter Ablauf der Tests

Mit dieser Testumgebung wurden mehrere Tests zu den Themen Bilder, Videos, Typographie und HTML-Optimierung durchgeführt, die im Folgenden näher beschrieben werden.

##### 3.1.1 Bilder

Im Internet befinden sich 750 Milliarden Bilder, die unter anderem für die Gestaltung von Webseiten verwendet werden [17]. Obwohl Bilder primär der Visualisierung von Konzepten und der verständlichen Vermittlung von Inhalten dienen, werden sie meist für ästhetische Zwecke verwendet. Dies sorgt dafür, dass Bilder rund ein Megabyte zur Datenmenge einer Webseite beitragen [4], [6], [7]. Bilder gehören damit zu den schwersten Bestandteilen einer Webseite und sorgen so für einen entsprechend hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Um den Emissionsausstoß zu verringern, hat Andersen Vorgehensweisen zur nachhaltigen Optimierung von Bildern zusammengefasst, die im Rahmen der

Arbeit näher untersucht wurden. Dazu gehört die Bearbeitung von Bildern, die Wahl des Dateiformats und die responsive Anpassung der Bilder an verschiedene Fensterbreiten. Darüber hinaus wurde geprüft, ob Differenzen hinsichtlich der Energieeffizienz bei Bildern bestehen, die im Vorder- und Hintergrund platziert wurden.

### 3.1.2 Videos

Nutzer konsumieren täglich mehr als eine Milliarde Stunden Videocontent [18]. Durch diesen eminenten Konsum tragen Videos zu 80 Prozent des globalen Internet-Traffics bei [9], [19]. Insgesamt sorgen Videos im Internet für rund 20 Prozent der durch digitale Technologien verursachten Treibhausgasemissionen, was fast ein Prozent der globalen Emissionen darstellt [19]. Videos benötigen weitaus mehr Energie als Bilder. Dies ist auf die großen Datenmengen und den intensiven Verarbeitungsprozess beim Abspielen der Videos zurückzuführen [4]. Um die Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren, ist es wichtig, Videos entsprechend zu optimieren. Dahingehend wurde untersucht, welchen Einfluss die Wahl des Dateiformats und die Komprimierung eines Videos auf den Stromverbrauch einer Webseite haben. Zusätzlich wurde der Energieverbrauch des Ladeprozesses von eingebetteten Videos untersucht, wenn diese nicht gestartet werden.

### 3.1.3 Typographie

Typographie ist ein bedeutendes Element des Webdesigns. Sie dient nicht nur der Darstellung von Informationen, sondern beeinflusst auch die Lesbarkeit und die visuelle Gestaltung einer Webseite maßgeblich. Dies veranlasst einige Unternehmen dazu, individuelle Schriftarten zu entwickeln [6], [20], [21]. Die Dateigröße von Schriftarten variiert je nach Zeichenumfang und Schriftstilen, wobei eine durchschnittliche Schriftartengröße von 141 KB im Vergleich zu anderen Elementen wie Videos oder Bildern weniger zum Page Weight einer Seite beiträgt [6], [7]. Dennoch ist es wesentlich angesichts des Zusammenhangs zwischen dem Energieverbrauch einer Webseite und der Datenmenge, den Einfluss der Typographie auf die ökologische Nachhaltigkeit von Webseiten zu analysieren. Folglich wurde untersucht, wie sich die Wahl des Dateiformats und die Optimierung der Schriftart auf die Energieeffizienz einer Webseite ausüben.

### 3.1.4 HTML-Optimierung

HTML ist eine Auszeichnungssprache, die es ermöglicht, Webseiten und deren Inhalte zu strukturieren. In Anbetracht dieser grundlegenden Bedeutung von HTML ist die Untersuchung von Optimierungsmöglichkeiten von HTML-Dateien im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von besonderer Relevanz. Dementsprechend wurden Methoden, wie die Minimierung von HTML-Dateien und das Lazy Loading von Inhalten, anhand von geeigneten Tests näher untersucht und analysiert.

## 3.2 Untersuchungen anhand von Onlineanalysewerkzeugen

### 3.2.1 Lightweight und minimalistische Design

Die durchschnittliche Größe einer Webseite hat sich aufgrund der intensiven Nutzung von Bildern, Videos und Webeinhalten mehr als verdoppelt. Dieses Übermaß an Daten wirkt sich langfristig negativ auf die Energieeffizienz von Webseiten aus [4], [6], [7]. Eine minimalistische Gestaltung, die sich auf relevante Inhalte konzentriert und folglich Unwesentliches entfernt, kann das Page Weight signifikant reduzieren und somit nicht nur die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Webseite positiv beeinflussen, sondern auch die Übersichtlichkeit des Webauftritts verbessern [4], [6], [22]. Darüber hinaus fördert ein Lightweight Design durch technische Optimierungen eine verbesserte Webperformance und schnellere



Ladezeiten, was besonders Nutzern mit langsamen Internetverbindungen zugutekommt und potenziell den CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringert [6], [23].

Um zu untersuchen, wie stark der Emissionsausstoß durch ein minimalistisches Design beeinflusst werden kann, wurden Nachrichtenbeiträge von den Newsportalen CBC, CNN und NPR betrachtet. Von diesen Portalen gibt es jeweils Webseiten, die ein Lightweight Design verwenden, durch das Bilder, Videos und Werbung der ursprünglichen Webseite entfernt werden. Lediglich die Textinhalte bleiben in dieser Version bestehen. Die originalen Nachrichtenbeiträge wurden mit ihren Lightweight-Versionen unter der Verwendung des Ecograders verglichen. Ecograder ist eine Plattform, die es ermöglicht, detaillierte Informationen über den Emissionsausstoß der Webseite als auch die Größe der einzelnen Bestandteile der Webseite zu erhalten.

### 3.2.2 Framework-Nutzung

Frameworks sind in der Webentwicklung ein beliebtes Werkzeug, das durch vordefinierte Elemente und Komponenten eine effizientere Entwicklung von Webseiten ermöglicht [24]. Jedoch umfassen Frameworks meist mehr Funktion, als für die Erstellung einer Webseite benötigt werden. Folglich werden bei jedem Seitenaufruf Codezeilen übertragen, die keine Relevanz für die Darstellung der Seite haben. Diese redundanten Daten tragen langfristig zu einem erhöhten Emissionsausstoß bei [2], [6]. Um zu untersuchen, wie groß die ungenutzte Datenmenge eines Frameworks ist, wurden zwei Testwebseiten erstellt, die auf dem Bootstrap-Framework basieren. Diese Seiten unterscheiden sich in der Menge der verwendeten Framework-Funktionen. Die erste Webseite verwendet lediglich die Grundfunktionen des Bootstrap-Frameworks, wohingegen die andere Testwebseite weitere Funktionen wie beispielsweise ein Bildkarussell nutzt. Für die Untersuchung der nicht verwendeten Datenmenge des Frameworks wurde anschließend Google Lighthouse verwendet.

## 3.3 Untersuchungen anhand einer Literaturrecherche

### 3.3.1 Cookies und Tracker

Rund 85 Prozent der Top 50 Tausend Webseiten verwenden Google-betriebene Webtracker. Diese werden verwendet, um detaillierte Informationen über das Nutzerverhalten zu sammeln und zu analysieren, was unter anderem für zielgerichtete Werbemaßnahmen und die Optimierung der Nutzerfreundlichkeit verwendet wird [6], [25], [26]. Zur Verfolgung des Nutzerverhaltens werden oft Tracking-Cookies eingesetzt. Diese kleinen Textdateien werden beim Aufrufen einer Webseite im Browser des Nutzers gespeichert und dienen beispielsweise dazu, Login-Informationen während des Besuchs der Webseite abzurufen. Drittanbieter wie Google Analytics verwenden Persistent Cookies, die das Surfverhalten über mehrere Webseiten hinweg verfolgen [27], [28], [29]. Durch Cookies werden monatlich mehr als 11.500 Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert [30], [31]. Dies ist nicht nur auf die Menge der gespeicherten Nutzerdaten zurückzuführen, sondern auch auf die Größe der Tracking-Skripte und die ungeeignete Implementierung von Cookies, durch die eine Webseite in einigen Fällen komplett neu geladen wird [4], [31], [32].

### 3.3.2 Farben

Die Auswirkung der Farbe auf den Stromverbrauch einer Webseite ist lediglich für OLED-Bildschirme relevant. Diese können jedes Pixel individuell beleuchten, wobei bei schwarzen Bereichen die Beleuchtung ausgeschaltet wird [6], [33], [34]. Folglich haben Studien gezeigt, dass auf OLED-Geräten dunkle Farben und vor allem die Farbe Schwarz energieeffizienter sind als die Farbe Weiß [35], [36].

Im Gegensatz dazu besitzen LCD-Bildschirme eine konstante Lichtquelle, die alle Pixel beleuchtet, unabhängig ob diese schwarz oder farbig dargestellt werden. Dementsprechend weisen LCDs keinen Unterschied im Energieverbrauch bei der Darstellung verschiedener Farben auf [37], [38]. In Anbetracht der höheren Energieeffizienz von OLED-Geräten und deren prognostiziertem Marktwachstum in den nächsten Jahren wird die Wahl dunklere Farben zukünftig immer relevanter für die Reduktion des clientseitigen Stromverbrauchs [6], [39].

## 4. Handlungsempfehlungen

Anhand der Resultate aus den vorangegangenen Untersuchungen wurden Handlungsempfehlungen zur Gestaltung von ökologisch nachhaltigen Webauftritten abgeleitet.

### **Bilder**

Bilder gehören zu den schwersten Gestaltungselementen einer Webseite. Da die übertragene Datenmenge die Energieeffizienz und somit die CO<sub>2</sub>-Bilanz einer Webseite beeinflusst, ist es bedeutend, Bilder geeignet zu optimieren. Folglich sollte für Bilder das WebP-Format gewählt werden. Dieses Format erlaubt nicht nur eine kleinere Komprimierung als das Standardformat JPG, sondern unterstützt dabei die Hintergrundtransparenz, wodurch es auch PNG ersetzen kann [6], [40]. Zudem sollten Bilder zur Reduzierung der Dateigröße bearbeitet werden. Dabei sollten die Seitenverhältnisse des Bildes entsprechend angepasst werden, als auch unwesentliche Details im Hintergrund durch einen Rauscheffekt reduziert werden. Monochrome Bilder können zudem auch durch ihren dunkleren Farbraum bei OLED-Bildschirmen energiesparend wirken [4]. Darüber hinaus sollten Bilder, die relevant für das Verständnis des Seiteninhalts sind, weiter im Vordergrund der Webseite platziert werden, auch wenn die Tests zeigten, dass dies zu einem geringfügig höheren Stromverbrauch führt im Vergleich zur Platzierung im Hintergrund. Grund dafür ist, dass Bilder im Vordergrund durch ihre Möglichkeit, einen Alternativtext darzustellen, eine bedeutende Rolle für sehbeeinträchtigte Nutzer spielt, die den Inhalt des Bildes nur so mittels Screenreader erfassen können. Somit wird in Anbetracht der ethischen Dimension des nachhaltigen Webdesigns ein einfacherer Zugang zu Informationen gewährleistet. Außerdem sollten möglichst responsive Bilder verwendet werden, bei denen für unterschiedliche Bildschirmgrößen vorab angepasste Bildversionen bereitgestellt werden.

### **Videos**

Videos sollten weiterhin das MP4-Format verwenden, da sich bei den Untersuchungen herausgestellt hat, dass dies energieeffizienter ist als das speziell für Webanwendungen entwickelte WebM-Format. Zusätzlich muss bei der Komprimierung darauf geachtet werden, dass möglichst ein Gleichgewicht zwischen der Dateigröße und dem erforderlichen Dekodierungsaufwand erreicht wird, da bei zunehmend kleineren Komprimierungen der Dekodierungsprozess deutlich ressourcenintensiver wird. Des Weiteren sollte das vorzeitige Laden eines Videos durch ein Platzhalterbild unterbunden werden. Erst durch einen Klick auf das Bild wird das Video geladen, wenn der Nutzer es tatsächlich sehen möchte.

### **Typographie**

Es sollten primär Systemschriftarten verwendet werden, da diese bereits auf den meisten Betriebssystemen installiert sind und somit nicht zum Page Weight beitragen. Sollten dennoch individuelle Fonts verwendet werden, dann sollte das WOFF- oder WOFF2-Format aufgrund der

vergleichsweise kleinen Komprimierung gewählt werden. Zusätzlich sollte die Schriftart optimiert werden, indem Zeichen, die für die jeweilige Sprache nicht benötigt werden, entfernt werden.

### **HTML-Optimierung**

Videos und Bilder sollten innerhalb der HTML-Datei das native Lazy Loading verwenden. Dadurch werden diese Elemente erst geladen, wenn diese in der Nähe des Viewports sind. Folglich werden nicht alle Medieninhalte zu Beginn heruntergeladen, was somit die Ladezeit und den Energieverbrauch reduziert.

### **Framework-Nutzung**

Durch die Übertragung ungenutzter Daten aufgrund nicht verwendeter Funktionen des Frameworks und der intensiven Anpassung infolge von Versions-Updates oder Gestaltungsveränderungen kann der Stromverbrauch einer Webseite erhöhen. Folglich sollte auf die Verwendung von Frameworks möglichst verzichtet werden. Eine individuell programmierte Code-Basis ermöglicht eine widerstandsfähigere Webseite mit unbeschränkten Gestaltungsmöglichkeiten.

### **Tracker und Cookies**

Die Verwendung von Tracking-Cookies führt durch Tracking-Skripte und die Speicherung von Nutzerdaten zum erhöhten CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Webseiten. Darüber hinaus widerspricht die Nutzung von Trackern oftmals gegen den ethischen Aspekt des nachhaltigen Webdesigns, der einen offenen und transparenten Umgang mit Nutzern und deren Daten fordert. Aufgrund dessen ist es wichtig, die Notwendigkeit eines Trackers kritisch zu hinterfragen und sich auf sinnvolle Funktionalitäten zu beschränken, die eine nachhaltige Contentstrategie unterstützen.

### **Farben**

Bei OLED-Bildschirmen werden Pixel, die die Farbe Schwarz darstellen, nicht beleuchtet, was zu einer signifikanten Reduktion des Energieverbrauchs führt. Weiterhin benötigen Farben wie Rot und Grün rund 25 Prozent weniger Strom als Blau. Die Farbe Weiß weist den höchsten Verbrauch auf. Im Zuge des wachsenden Marktanteils von OLED-Geräten gewinnt die Farbauswahl für ein nachhaltiges, ressourcenschonendes Webdesign zunehmend an Bedeutung.

### **Lightweight und Minimalistisches Design**

Der zunehmende Gebrauch von datenintensiven Inhalten wie hochauflösende Bilder und Videos auf Webseiten führt zu einem erhöhten Stromverbrauch und einem entsprechenden Emissionsausstoß. Um das Datenvolumen dahingehend zu reduzieren, ist es essenziell, Inhalte kritisch hinsichtlich ihres Zwecks im Kontext der Webseiten zu bewerten. Folglich sollten Inhalte auf das Wesentliche reduziert werden, um so die übertragene Datenmenge einer Webseite auf ein Minimum zu reduzieren. Ein minimalistisches Design wirkt sich somit nicht nur positiv auf die Emissions-Bilanz der Webseite aus, sondern verbessert zudem durch schnellere Ladezeiten und eine erleichterte Informationsfindung die Webperformance und die Nutzererfahrung [4], [6].

## 5. Schluss

Die Untersuchungen zeigten, dass ein Großteil der von Anderson vorgestellten Methoden tatsächlich zur Reduktion des Emissionsausstoßes einer Webseite beiträgt. Eine wesentliche Erkenntnis hierbei ist, dass die Klimabilanz einer Webseite von dem zugehörigen Page Weight abhängig ist. Dementsprechend bieten Medieninhalte wie Bilder durch ihr großes Datenvolumen ein bedeutendes Reduktionspotenzial. Des Weiteren ist für ein ökologisch nachhaltiges Webdesign die kritische Auswahl und Optimierung von Inhalten und Medien als auch Frameworks und Trackern essenziell, um den clientseitigen Stromverbrauch und damit den Treibhausgasausstoß zu reduzieren.

Zukünftig sollten nachhaltige Webauftritte hinsichtlich der Auswirkung eines reduzierten Designs auf die Nutzererfahrung untersucht werden. Darüber hinaus ist es bedeutend, langfristig eine geeignete Strategie zu entwickeln, mit der Nutzer für die ökologischen Folgen der übermäßigen Nutzung digitaler Medien sensibilisiert werden. Denn nur durch das gemeinsame Engagement aller Beteiligten ist es möglich, ein umweltfreundliches und ressourcenschonendes Internet zu schaffen.

## 6. Referenzen

- [1] P. Schmidt-Feneberg, „So viel Energie verbraucht das Internet“, Statista Daily Data. Zugegriffen: 11. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/infografik/26873/co2-vergleich-dsl-und-glasfasernetz>
- [2] T. Frick, *Designing for Sustainability*, 1. Aufl. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
- [3] L. Belkhir und A. Elmeligi, „Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations“, *Journal of Cleaner Production*, Bd. 177, S. 448–463, März 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.239.
- [4] T. Greenwood, *Sustainable Web Design*, 1. Aufl. New York: A Book Apart, 2021.
- [5] „The Internet uses more electricity than...“, Internet Health Report. Zugegriffen: 13. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://internethealthreport.org/2018/the-internet-uses-more-electricity-than/>
- [6] M. Andersen, *Sustainable Web Design In 20 Lessons*, 1. Aufl. Independently published, 2023.
- [7] „HTTP Archive: Page Weight“, HTTP Archive. Zugegriffen: 11. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://httparchive.org/reports/page-weight>
- [8] P. Jardine und B. Thorn, „What is sustainable web design?“, Root Web Design Studio. Zugegriffen: 11. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://rootwebdesign.studio/articles/what-is-sustainable-web-design/>
- [9] G. McGovern, „World Wide Waste - Webwaste“, Gerry McGovern. Zugegriffen: 13. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://gerrymcgovern.com/world-wide-waste/>
- [10] G. McGovern, „World Wide Waste - Introduction: Why digital is killing our planet“, Introduction: Why digital is killing our planet. Zugegriffen: 13. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://gerrymcgovern.com/world-wide-waste/>
- [11] United Nations, „Brundtland-Bericht: Our Common Future“. Zugegriffen: 14. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/nachhaltige-entwicklung/brundtland-report.html>
- [12] K. Beys, „Lexikon der Nachhaltigkeit | Definitionen | Nachhaltigkeit Definition“, Lexikon der Nachhaltigkeit. Zugegriffen: 16. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm)
- [13] F. Siever, „Was ist Webdesign? Der Leitfaden für Website-Gestaltung [2023]“, exovia. Zugegriffen: 16. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.exovia.de/journal/was-ist-webdesign/>
- [14] „Was ist Webdesign?“, IONOS Digital Guide. Zugegriffen: 16. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ionos.de/digitalguide/websites/webdesign/design-und-farbwirkung/>
- [15] C. Adams, R. Baouendi, T. Frick, T. Greenwood, und D. Williams, „Estimating Digital Emissions“, Sustainable Web Design. Zugegriffen: 14. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://sustainablewebdesign.org/calculating-digital-emissions/>
- [16] J. Olson-Royal, „Web Performance Optimization and Sustainability“, Mightybytes. Zugegriffen: 13. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mightybytes.com/blog/web-performance-optimization-and-sustainability/>
- [17] M. Broz, „How Many Photos Are There? (Statistics & Trends in 2024)“. Zugegriffen: 24. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://photutorial.com/photos-statistics/>
- [18] C. Goodrow, „You know what’s cool? A billion hours“, YouTube Official Blog. Zugegriffen: 29. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://blog.youtube/news-and-events/you-know-whats-cool-billion-hours/>
- [19] M. Efoui-Hess, „‘Climate crisis: The Unsustainable Use of Online Video’: Our new report“, The Shift Project. Zugegriffen: 29. Januar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://theshiftproject.org/en/article/unsustainable-use-online-video/>
- [20] A. K. Tiwari, „The Role Of Typography In Web Design: Tips And Best Practices“, eLearning Industry. Zugegriffen: 3. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://elearningindustry.com/role-of-typography-in-web-design-tips-and-best-practices>

- [21] „Why is Typography Important in Web Design (2024)“, Design Studio. Zugegriffen: 3. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.designstudiouiux.com/blog/why-is-typography-important-in-web-design/>
- [22] „Principles and Benefits Minimalist Web Design | Webnode Blog“, Webnode Blog EN. Zugegriffen: 4. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.webnode.com/blog/principles-for-minimalism-in-web-design/>
- [23] T. Holmes, „What is a Lightweight Design?“, Easy Tech Junkie. Zugegriffen: 4. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.easytechjunkie.com/what-is-a-lightweight-design.htm>
- [24] E. Witmer-Goßner und S. Luber, „Was ist ein Framework?“, CloudComputing-Insider. Zugegriffen: 5. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-ein-framework-a-1104630/>
- [25] „DuckDuckGo Tracker Radar Exposes Hidden Tracking“, Spread Privacy. Zugegriffen: 6. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://spreadprivacy.com/duckduckgo-tracker-radar/>
- [26] S. Ivanov, „What Should You Know About Web Trackers?“, AdTech Holding. Zugegriffen: 7. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://adtechholding.com/blog/what-should-you-know-about-web-trackers/>
- [27] S. Suman, „Exploring the Power of Web Storage: A Deep Dive into Cookies“, Medium. Zugegriffen: 6. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://medium.com/@swtbhsmn/exploring-the-power-of-web-storage-a-deep-dive-into-cookies-c117c7ed7d6e>
- [28] F. Moraes, „The Ultimate Guide to Cookies“, HTML.com. Zugegriffen: 6. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://html.com/resources/cookies-ultimate-guide/>
- [29] G. Piraino, „Browser Cookies 101“, The Startup. Zugegriffen: 7. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://medium.com/swlh/browser-cookies-101-241ef1ce3e7e>
- [30] M. Fuller, „The Aesthetic and Ecological Logics of Joana Moll’s Carbolytics“, Carbolytics. Zugegriffen: 7. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://carbolytics.org/fuller.html>
- [31] P. Jardine und B. Thorn, „The environmental benefits of privacy-focussed web design“, Root Web Design Studio. Zugegriffen: 7. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://rootwebdesign.studio/articles/the-environmental-benefits-of-privacy-focussed-web-design/>
- [32] C. Butterworth, „Guide to using analytics for performance and privacy“, Wholegrain Digital. Zugegriffen: 7. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wholegraindigital.com/blog/guide-to-using-analytics-for-performance-and-privacy/>
- [33] „OLED Funktionsweise“, NOVALED | Creating the OLED Revolution. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.novaled.de/oleds/oleds\\_function/](https://www.novaled.de/oleds/oleds_function/)
- [34] „Wie funktioniert ein OLED-Display: Bildschirmvorteile? | Anzeige orientieren“, Orient Display. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.orientdisplay.com/de/knowledge-base/oled-basics/how-does-oled-work/>
- [35] *Cost of a pixel color (Android Dev Summit '18)*, (8. November 2018). Zugegriffen: 1. Dezember 2023. [Online Video]. Verfügbar unter: [https://www.youtube.com/watch?v=N\\_6sPd0Jd3g](https://www.youtube.com/watch?v=N_6sPd0Jd3g)
- [36] T. Greenwood, „The dark side of green web design“, Wholegrain Digital. Zugegriffen: 1. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wholegraindigital.com/blog/dark-colour-web-design/>
- [37] „LCD-Bildschirme: Funktionsweise, Komponenten und Typen“, Riverdi. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.riverdi.com/blog/lcd-verstehen-wie-funktionieren-lcd-bildschirme>
- [38] M. Andersen, „How to create environmentally friendly color palettes for your web design“, Sustainable www. Zugegriffen: 1. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://sustainablewww.org/principles/how-to-create-environmentally-friendly-color-palettes-for-your-web-design>
- [39] „OLED Display Market Outlook 2031“, Transparency Market Research. Zugegriffen: 8. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.transparencymarketresearch.com/oled-displays.html>

[40] „An image format for the Web | WebP“, Google for Developers. Zugegriffen: 27. Januar 2024.  
[Online]. Verfügbar unter: <https://developers.google.com/speed/webp>